

JAARGANG 27 - NR. 1 - MAART 2018

METEOROLOGICA

DE ATMOSFEER
ONDER EEN
STERRENHEMEL

UITGAVE VAN DE NEDERLANDSE VERENIGING TER BEVORDERING VAN DE METEOROLOGIE

Ultrason Universele Windmeter

Nieuwe Compacte Ultrason Windmeter 2D

Features:

- Robuust en compact
- Optimale prijs-prestatie ratio
- Hoge nauwkeurigheid
- Onderhoudsvrij
- Digitale en analoge interfaces
- Gepatenteerde Ultrasonen sensoren
- Verwarmd
- Zeewaterbestendige metalen behuizing
- Toepassingen : Off-shore, Bruggen en sluizen, Industrie, Scheepvaart, Luchtvaart, Verkeer, Windmolens.

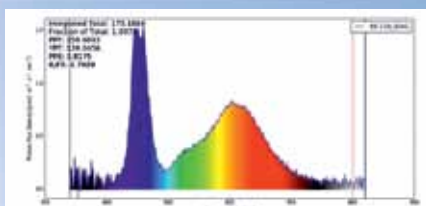
Meetbereiken:

- WS : 0... 75m/s
- WR : 0...360°
- Temp. : -40 - +70°C
- Uitgangen: 0/4...20mA
- 0/2...10V
- Interface : ASCII, Modbus
- RTU, NMEA WV

**Binnenkort
leverbaar!**



VIS range Spectroradiometer



Spectroradiometers voor veld applicaties.

De SS-serie is beschikbaar met twee golflengte opties:
340 tot 820 nm (SS-110)
635 tot 1100 nm (SS-120)

Beide uitvoeringen zijn beschikbaar met verschillende lenzen:
(Field Of View): 180° (voor hemisferische metingen),
150° en 25° (voor reflectie metingen).

Toepassingen: lightspectrum metingen (energie flux dichtheid, foton flux dichtheid, verlichtingssterkte) van verschillende lichtbronnen, reflectie en transmissie metingen van natuurlijke (vaak gewas) en synthetische materialen. Eenvoudig in gebruik, effectieve metingen m.b.v. USB interface.





VAN DE HOOFDREDACTEUR

In dit nummer geeft Bert Holt-slag in zijn bijdrage op pagina 4 naar aanleiding van de aan hem in 2016 toegekende NVBM-Award een duidelijke beschrijving van de nachtelijke, stabiele grenslaag. Hij laat zien hoe lastig het nog altijd voor modellen is om temperatuur en windsnelheid te simuleren tijdens de nachtelijke uurtjes. Het blijkt dat interacties tussen infrarode straling, atmosferische turbulentie en de uitwisseling met het oppervlak hierbij een bepalende rol spelen, net als allerlei kleinschalige processen zoals zwaartekrachtsgolven. Berts onderzoek naar de nachtelijke, stabiele grenslaag is ook van groot belang in polaire omstandigheden, waar de opbouw van de grenslaag vaak zeer stabiel is.

Een ander probleem dat vaak voorkomt in polaire streken en gedurende de winter is het wel of niet de-icen van vliegtuigen, een belangrijke afweging voor de veiligheid tijdens de vlucht. Jelle Wisse en Tom de Ruijter laten in hun artikel op pagina 8 zien dat de energiebalans van een vliegtuigvleugel bepalend is voor de temperatuur ervan, net als overigens de temperatuur van de brandstof in de vleugel. Met een model waarin deze processen worden meegenomen kunnen de temperaturen van de

vleugel, en dus de noodzaak om te de-icen, nauwkeuriger worden bepaald én verwacht, aldus Jelle en Tom.

Dit nummer bevat twee historisch getinte bijdragen. Ten eerste het artikel van Henk de Bruin en Huug van den Dool (pagina 12), die heranalyse gegevens gebruiken om de storm bij Moddergat in 1883 te duiden. Tijdens deze storm kapseisden een groot aantal schepen en verdronken veel zeelieden. De auteurs laten zien hoe een onfortuinlijke samenloop van meteorologische omstandigheden tot deze ramp leidde. Ten tweede beschrijft Kees Dekker (pagina 32) hoe Obe Postma, Fries dichter, leraar en wetenschapper, in 1888 de stelling “Het zweven der wolken” verdedigde. Postma, die promotie-onderzoek deed bij van der Waals en Lorentz over een onderwerp in de electromagnetische straling, had een brede interesse waartoe kennelijk ook wolkenvorming behoorde. Dat zijn verklaring echter niet geheel hout snijdt (volgens de kennis van vandaag) kunt u lezen in het transcript van zijn uitleg.

Ten slotte wil ik nog een omissie rechtzetten: de foto's in de rubriek “Weerbeelden” (december 2017) zijn gemaakt door Michiel Baatsen.

INHOUDSOPGAVE

- 4 **De atmosfeer onder een sterrenhemel – een uitdaging voor weer- en klimaatmodellen**
BERT HOLTSLAG
- 8 **Vliegtuigen efficiënter ijsvrij maken met een model voor vleugeltemperaturen**
JELLE WISSE, TOM DE RUIJTER
- 12 **Toepassing van moderne heranalyse technieken – de ramp van Moddergat in 1883**
HENK DE BRUIN, HUUG VAN DEN DOOL
- 16 **Projecties van toekomstige droogte in Zuidoost-Azië**
MUGNI HARIADI, GERARD VAN DER SCHRIER, ALBERT KLEIN TANK
- 22 **Column – 1917 dus**
HUUG VAN DEN DOOL
- 23 **Aankondiging NVBM voorjaarssymposium 2018 en ALV – “Old observations series in modern times”**
- 24 **Klimaatoverzicht – Code rood voor sneeuwval op 11 december 2017**
GEERT JAN VAN OLDENBORGH, HYLKE DE VRIES
- 26 **Samenvatting van het proefschrift: Tourism’s impact on climate change and its mitigations challenges. How can tourism become ‘climatically sustainable?’**
PAUL PEETERS
- 27 **BBC Weather schakelt over op MeteoGroup**
WARD VAN BEEK
- 28 **Het Arctische gebied – een donkere toekomst?**
RICHARD BINTANJA
- 31 **Klimaatberichten**
ROB SLUIJTER
- 32 **Het zweven der wolken**
KEES DEKKER
- 34 **Column – Universiteit: quo vadis?**
LEO KROON
- 35 **NVBM Sponsors en Colofon**

Advertenties

- 2 **CaTeC**
- 7 **IMAU – Universiteit Utrecht**
- 11 **Wageningen Universiteit**
- 21 **Wittich en Visser**
- 36 **KNMI**

Voorkant

Deel van het schilderij ‘De sterrennacht’ van Vincent van Gogh, van het Museum of Modern Art, New York (foto: Aarnout van Delden).

De atmosfeer onder een sterrenhemel – een uitdaging voor weer- en klimaatmodellen

BERT HOLTSLAG (WAGENINGEN UNIVERSITEIT)

Het schilderij ‘De sterrennacht’ van Vincent van Gogh illustreert fraai de verschijnselen die gedurende de nacht kunnen optreden in de atmosfeer boven land (Figuur 1). In dergelijke omstandigheden is het landoppervlak koeler dan de bovenliggende atmosfeer vanwege de uitstraling van langgolvlige straling aan het oppervlak. Dit resulteert in een stabiele atmosferische grenslaag waarin de temperatuur toeneemt met de hoogte. Weer- en klimaatmodellen hebben veel moeite om stabiele grenslagen te representeren, en dit artikel naar aanleiding van mijn NVBM-Award (zie Meteorologica, december 2016) bespreekt dit probleem.

De atmosferische grenslaag boven land vertoont bij helder weer een grote dagelijkse gang, met name in de lente en in de zomer. Overdag kan zo’n grenslaag 1000 meter of dikker zijn vanwege convectie, maar in de nacht hangt de dikte vooral samen met de windsnelheid. Die dikte (in m) kan ruwweg worden geschat door 70 keer de waarde te nemen van de windsnelheid (in m/s) op 10 meter hoogte boven vlak grasland. In situaties waarin de 10 meter windsnelheid waarden heeft boven de 3 à 4 m/s is de atmosferische turbulentie doorgaans goed ontwikkeld en heeft de grenslaag een dikte van 200 meter of meer.

Bij windsnelheden lager dan 2 à 3 m/s is de grenslaag ‘s nachts relatief dun en wordt deze gekarakteriseerd door zwakke turbulentie met een onregelmatig karakter. Dan spelen andere kleinschalige processen een prominente rol in de stabiele grenslaag, zoals stralingsdivergentie en de interacties van de grenslaag met het heterogeen landoppervlak. Helaas worden deze kleinschalige processen niet goed begrepen en vertonen deze onderling niet-lineaire interacties. Ook speelt het optreden van zwaartekrachtgolven een belangrijke rol. In Figuur 1 is het effect van brekende zwaartekrachtgolven op grotere hoogte indirect zichtbaar door het ontstaan van tur-

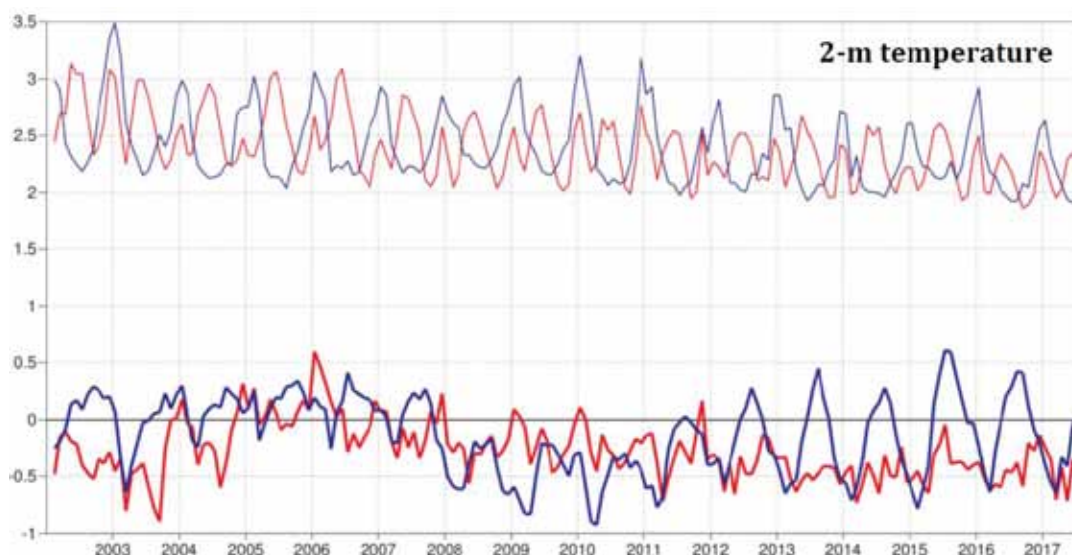
bulentie en de scintillaties die daarbij optreden in het door de sterren uitgezonden licht.

De nachtelijke grenslaag met weinig wind heeft een belangrijke invloed op vele aspecten van het leven, bijvoorbeeld de stagnatie van verontreinigende stoffen in de buurt van het oppervlak, het optreden van nachtvorst, alsmede dauwvorming en het ontstaan van mist. Een correcte prognose van de oppervlaktetemperaturen en windsnelheid is dan met name belangrijk voor waarschuwingen voor gladheid, slecht zicht bij mist, en bij verminderde luchtkwaliteit. Goede verwachtingen zijn ook van belang voor het tijdig maatregelen nemen om planten en oogstopbrengsten te beschermen in de landbouw. Ook de windenergiesector heeft groot belang bij goede verwachtingen van de nachtelijke wind voor het geven van betrouwbare inschattingen van de productie van windenergie. De stabiele grenslaag speelt tevens een belangrijke rol bij het begrijpen van de veranderingen in het polaire klimaat. Ondiepe stabiele grenslagen in het noordpoolgebied warmen namelijk veel sneller op dan diepere grenslagen. Bovendien is de stabiele grenslaag boven land en ijs erg gevoelig voor kleine veranderingen in de oppervlakteruwheid en de windsnelheid.

Ondanks de ‘stille revolutie’ in de weersverwachting (Bauer et al., 2015) vertonen atmosferische modellen nog altijd grote fouten in stabiele grenslagen boven land en ijs (Holtslag et al., 2013). Figuur 2 geeft ter illustratie hiervan een indruk van de representatie van de 2 meter luchttemperatuur in het ECMWF model voor de 60- en 72-uursverwachtingen voor Europa. Hierbij zijn de temperatuurverwachtingen weergegeven als maandelijkse gemiddelden gedurende de laatste 15 jaren in vergelijking met de observaties van bijna 700 SYNOP-stations. De resultaten zijn het gevolg van een rijke geschiedenis met vele modelwijzigingen, zoals die van de representatie van het landoppervlak, het opnemen van bevriezingsverschijnselen in de bodem, wijzigingen in de verticale menging in de atmosfeer, enzovoorts. Over de jaren zijn er verbeteringen gemaakt, zoals te zien is in de vermindering van de



Figuur 1. De nachtelijke sterrenhemel van Vincent van Gogh.



Figuur 2. Representatie van de 2 meter luchttemperaturen in het ECMWF model voor verwachtingen van 60 uur vooruit (gedurende de nacht in blauw) en 72 uur (gedurende de dag in rood) gemiddeld voor Europa in vergelijking met waarnemingen van bijna 700 SYNOP-stations. De onderste lijnen tonen de gemiddelde fouten en de bovenste lijnen geven de standaardafwijkingen van de fout in graden Celsius (Haiden et al., 2017).

standaarddeviatie van de fouten (bovenste lijnen). Naast de opvallende variatie van met name de gemiddelde fouten over de seizoenen, hebben de modelwijzigingen in de laatste jaren helaas niet tot een verbetering geleid gedurende de nacht en de winter. Dit is onder meer het gevolg van een wijziging in het verticale diffusieschema voor stabiele omstandigheden die nodig werd gevonden om menging hoger in de atmosfeer beter weer te geven (zoals bij stratocumulus onder een inversie). Helaas heeft dit ook onbedoelde gevolgen voor de menging in de stabiele grenslaag boven land, naast andere implicaties.

Niet alleen het ECMWF model heeft moeite met het representeren van de stabiele grenslaag boven land en ijs, maar ook andere modellen voor weer en klimaat hebben hier moeite mee. Bovendien bestaan op de diverse centra verschillende opvattingen over hoe hiermee het beste omgegaan kan worden om tot verbeteringen te komen. Om de verschillen tussen de modellen beter te begrijpen zijn er diverse vergelijkingsstudies georganiseerd voor de representatie van atmosferische grenslagen in weer- en klimaatmodellen (Holtslag et al., 2013). Deze studies werden en worden verricht binnen de “GEWEX Atmospheric Boundary Layer Study (GABLS)”, waarbij GEWEX staat voor het “Global Energy and Water Exchanges Program” als onderdeel van het mondiale klimaatonderzoeksprogramma.

Inmiddels zijn drie vergelijkingsstudies binnen GABLS afgerond en wordt aan een vierde studie (GABLS4) gewerkt. In Figuur 3 is een overzicht gegeven van de studies binnen GABLS wat betreft enkele karakteristieken in de opzet. Hierbij was GABLS1 gericht op de grenslaag boven arctisch zee-ijs waarbij de resultaten van de verschillende modellen werden vergeleken met de uitkomsten van zeer gedetailleerde, zogenaamde ‘Large-Eddy Simulation (LES)’ model-

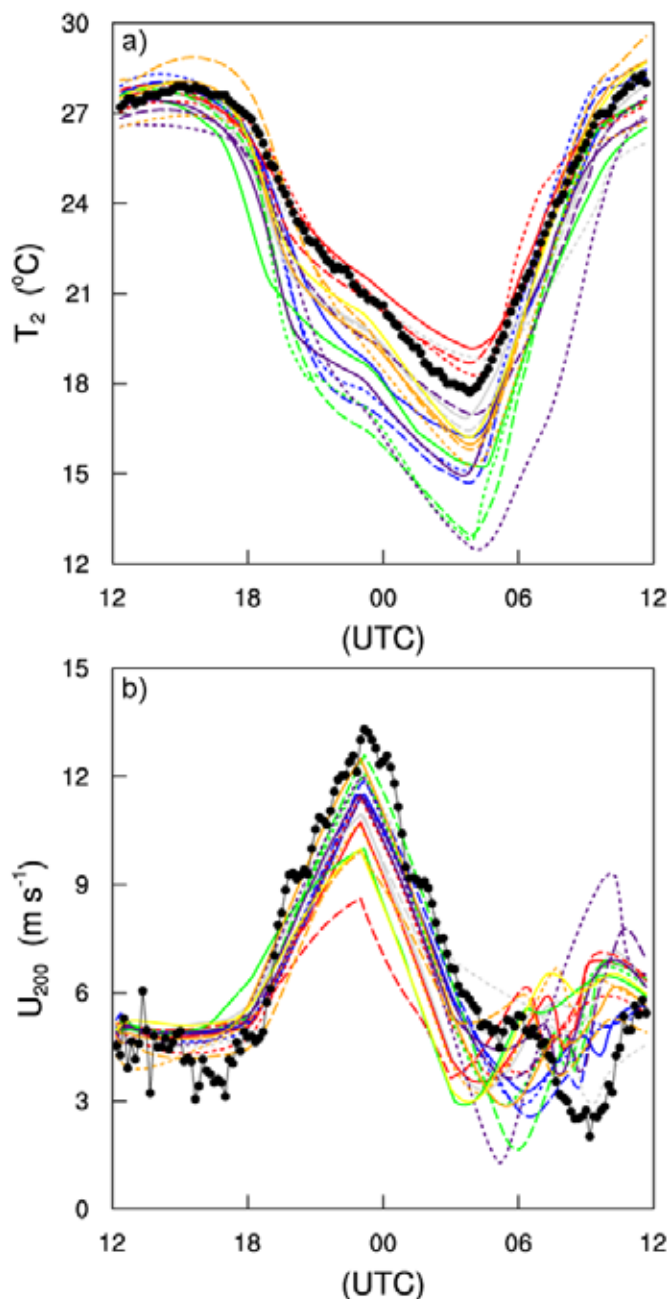
len. In een LES model wordt de turbulentie in hoge mate van detail berekend. GABLS2 richtte zich op de dagelijkse gang van de grenslaag boven een droog landoppervlak in vergelijking met observaties van het CASES experiment in Kansas en GABLS3 op de grenslaag in Cabauw. Tot slot richt GABLS4 zich op de zeer stabiele grenslaag boven het Antarctisch plateau.

Hier bespreken we enkele resultaten op basis van GABLS3. Figuur 4 geeft de dagelijkse gang van de 2 meter temperatuur en

de 200 meter windsnelheid voor 19 verschillende weer- en klimaatmodellen in vergelijking met de Cabauw observaties. Deze resultaten werden verkregen voor een onbewolkte periode van 24 uur die startte op het middaguur van 1 juli 2006 (Bosveld et al., 2014). Alle modellen maken gebruik van dezelfde begin- en randvoorwaarden. De modellen worden gebruikt in een kolomopstelling, waarbij elk model wordt gevoed met advection en horizontale drukgradiënten op basis van een mesoschaal-analyse. Ook gebruikt elk model zijn eigen parameterisatie voor turbulente menging, langgol-vige straling en koppeling met het landoppervlak. Op deze manier kan een gecontroleerde vergelijking van de modellen plaatsvinden (anders dan bij een rechtstreekse vergelijking van driedimensionale modeluitkomsten). De modelresultaten (zoals gegeven door de verschillende gekleurde lijnen) wijken aanzienlijk af van de waarnemingen (de zwarte stippellijn), in het bijzonder nabij de minimumtemperatuur (rond 4 uur in Figuur 4a). Een vergelijkbare spreiding van resultaten wordt gevonden voor de oppervlaktefluxen, langgol-vige straling en de andere atmosferische variabelen (hier niet getoond).

GABLS1	GABLS2	GABLS3	GABLS4
			
LES as reference	Data (CASES99)	Data (CABAUW)	Data (DOME-C)
Academic set up	Idealized forcings	Realistic forcings	Realistic forcings
Prescribed T_s	Prescribed T_s	Full coupling (SCM) Prescribed T_s (LES)	Full coupling Prescribed T_s
No Radiation	No Radiation	Radiation included	Radiation included
Turbulent mixing	Diurnal cycle	Low level jet + transitions	Very Stable

Figuur 3. Overzicht van de opzet van de vier modelvergelijkingsstudies in de “GEWEX Atmospheric Boundary Layer Study (GABLS)”. Van links naar rechts neemt de opzet van de vergelijkingsstudies toe in complexiteit en stabiliteit (voor details wordt verwezen naar Holtslag et al., 2013).



Figuur 4. Tijdseries van de dagelijkse gang van de 2 meter temperatuur (a) en voor de 200 meter wind (b) voor negentien operationele weer- en klimaatmodellen (diverse gekleurde lijnen) in vergelijking met de Cabauw observaties (zwarte stippen) voor de 24-uurs periode vanaf 1 juli 2006 om 12 uur 's middags in de GABLS3 vergelijkingsstudie (Bosveld et al., 2014).

De vraag is natuurlijk waarom de modellen zulke verschillende resultaten laten zien voor de 2 meter temperatuur, zelfs boven een vlak grasland met relatief goed ontwikkelde turbulentie in de lagere atmosfeer. Het lijkt erop dat de meeste variaties in de 2 meter luchttemperatuur verband houden met verschillen in de zogenaamde thermische koppeling van de lagere atmosfeer met het oppervlak (Bosveld et al., 2014). Dit wordt sterk beïnvloed door de vegetatiebedekking, bodemwarmte, kleinschalige heterogeniteitseffecten op het oppervlak, stralingsdivergentie in de buurt van het oppervlak, enzovoorts. Dit levert een terugkoppeling op de gemodelleerde atmosferische turbulentie, de grenslaagprofielen en vervolgens op de langgolvlige stralingscomponenten. Deze laatste hebben op hun beurt invloed op het oppervlakte-energiebudget en beïnvloeden als zodanig de gemodelleerde oppervlaktefluxen. Dit illustreert de complexiteit van stabiele grenslagen met al haar niet-lineaire terugkoppelingen die nog slecht worden begre-

pen en gekwantificeerd (Holtslag et al., 2013).

In Figuur 4b voor de wind op 200 meter hoogte is duidelijk te zien dat alle modellen de sterkte van de wind onderschatten op dit niveau. Dit komt omdat operationele weer- en klimaatmodellen doorgaans een te sterke turbulente menging vertonen in stabiele omstandigheden. Hierdoor wordt ook het nachtelijk windmaximum onderschat en de grenslaaghoogte meestal (sterk) overschat. Ook vertonen de modellen hierdoor minder draaiing van de wind met de hoogte dan is waargenomen. De operationele modellen lijken de te sterke menging echter nodig te hebben om een goede representatie te geven van temperatuur en luchtdruk op de grotere schaal en lange termijn (Sandu et al., 2013). Dit lijkt verband te houden met de onderschatting in operationele modellen van andere kleinschalige processen, zoals het effect van brekende zwaartekrachtgolven veroorzaakt door kleinschalige orografie (Tsiringakis et al., 2017).

Op basis van de getoonde en andere resultaten in de literatuur blijkt er nog steeds een duidelijke behoefte te zijn aan een beter begrip en een meer algemene beschrijving van de atmosferische grenslaag in atmosferische modellen voor weer- en klimaat. Dit geldt niet alleen voor grenslagen met lage wolken en mistvorming, maar ook voor de stabiele grenslaag in de onbewolkte sterrennacht. Het uiteindelijke doel is om de complexiteit van de atmosferische grenslaag te begrijpen en te beschrijven op een fysisch consistente wijze, in balans met andere kleinschalige verschijnselen in de atmosfeer, zoals die bijvoorbeeld optreden boven heterogene landoppervlakken (Holtslag et al., 2013; Sandu et al., 2013). Hiervan profiteert niet alleen de weersverwachting, maar ook allerlei toepassingen zoals windenergie, luchtkwaliteit en klimaat hebben hier baat bij.

Dankbetuiging

Dit artikel heb ik geschreven naar aanleiding van de NVBM onderzoekersprijs die ik in 2016 heb mogen ontvangen. Graag wil ik de NVBM bedanken voor deze mooie erkenning en tevens wil ik allen bedanken met wie ik in de loop van de jaren heb samengewerkt op het gebied van (stabiele) grenslagen, in het bijzonder mijn copromotor Henk de Bruin, mijn promovendi en de coauteurs van Holtslag et al. (2013). Vooral dit laatste artikel is gebruikt ten behoeve van de hier gegeven informatie en om de leesbaarheid te vergroten zijn veel verwijzingen naar de onderliggende literatuur in deze bijdrage weggelaten.

Literatuur

- Bauer, P., A. Thorpe and G. Brunet, 2015: The quiet revolution of numerical weather prediction. *Nature*, 525, p. 47–55.
- Bosveld, F.C., Baas, P., Steeneveld, G. J., Holtslag, A. A. M., Angevine, W. M., Bazile, E., et al., 2014: The GABLS third intercomparison case for model evaluation, Part B: SCM model intercomparison and evaluation, *Bound. Lay. Meteorol.* 152, 157–187.
- Haiden, T., M. Janousek, J. Bidlot, L. Ferranti, F. Prates, F. Vitart, P. Bauer and D.S. Richardson, 2017: Evaluation of ECMWF forecasts, including 2016–2017 upgrades, ECMWF Technical Memorandum 817.
- Holtslag A.A.M., G. Svensson, P. Baas P., S. Basu, B. Beare, A.C.M. Beljaars, F.C. Bosveld, J. Cuxart, J. Lindvall, G.J. Steeneveld, M. Tjernström, B.J.H. van De Wiel, 2013: Stable atmospheric boundary layers and diurnal cycles — Challenges for weather and climate models. *Bull. Am. Meteorol. Soc.*
- Sandu, I., A.C.M. Beljaars, P. Bechtold, T. Mauritsen, and G. Balsamo, 2013: Why is it so difficult to represent stably stratified conditions in numerical weather prediction (NWP) models? *J. Adv. Modell. Earth Syst.* 5, p. 117–133.
- Tsiringakis, A., G.J. Steeneveld, and A.A. M. Holtslag, 2017: Small-scale orographic gravity wave drag in stable boundary layers and its impact on synoptic systems and near-surface meteorology. *Q.J.R. Meteorol. Soc.*, 143: 1504–1516.



Universiteit Utrecht

Climate Physics

Master's Programme at Utrecht University, The Netherlands

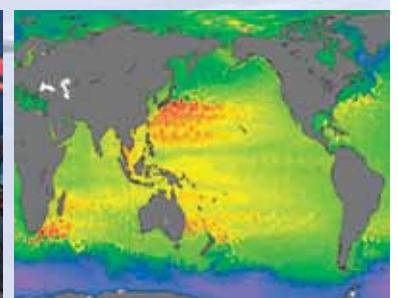
This Master's programme offers a unique combination of theoretical courses and practical training in all aspects of the climate system. Physics, dynamics and chemistry of the atmosphere, the oceans, the glaciers and ice sheets and their interaction are the core of this programme.

Our research fields:

- Ocean Circulation and Climate
- Physical Oceanography of the Coastal Zone
- Atmospheric Dynamics and the Hydrological Cycle
- Atmospheric Physics and Chemistry
- Ice and Climate

More information:

Utrecht University, The Netherlands
Institute for Marine and Atmospheric Research
www.uu.nl/masters/climate



Vliegtuigen efficiënter ijsvrij maken met een model voor vleugeltemperaturen

JELLE WISSE, TOM DE RUIJTER (METEOGROUP)

Voordat een vliegtuig kan opstijgen moet dit eerst ijsvrij worden gemaakt (de-icing, zie Figuur 1) en in sommige gevallen voorzien worden van een anti-icing vloeistof om ijsvorming tijdens het opstijgen te voorkomen. De duur van het de-icing proces hangt af van het type en de hoeveelheid ijs op de vleugel. Vooral vastgevroren neerslag is lastig te verwijderen. Droge, losse sneeuw bij een luchttemperatuur van enkele graden onder nul is daarentegen veel makkelijker te verwijderen. Het aantal de-icing acties en de duur daarvan beïnvloeden de vertrekcapaciteit van Schiphol. Om hier beter op te kunnen anticiperen, heeft het Knowledge Development Center van Schiphol aan MeteoGroup gevraagd een verwachtingsmodel te ontwikkelen voor ijsvorming op vliegtuigvleugels. Een belangrijk onderdeel van dit model is het berekenen van een specifieke vleugeltemperatuur op basis van algemene weerparameters. Er wordt aandacht besteed aan kansverwachtingen voor de vleugeltemperatuur en hoe deze gekalibreerd kunnen worden.



Figuur 1. Een de-icing actie voordat een vliegtuig vertrekt.

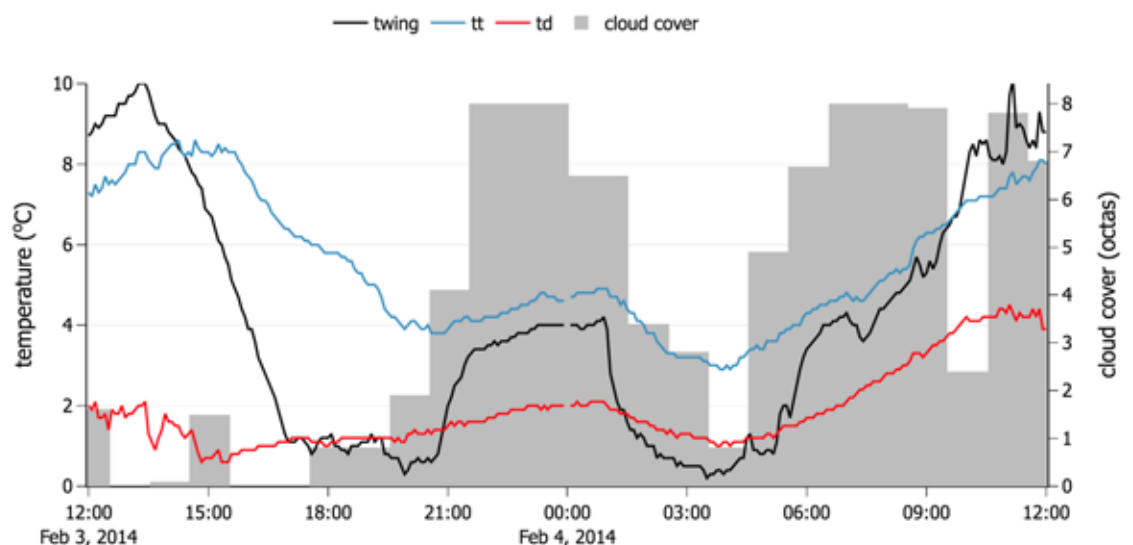
Metten op de vleugel

Om het temperatuurgedrag van een vleugel beter te begrijpen is tijdens de eerste fase van het project de temperatuur van een vleugel gemeten tijdens verschillende weersomstandigheden. Het KLM de-icing team heeft daartoe zijn testvleugel (een losstaande vliegtuigvleugel die in de zomer gebruikt wordt voor testdoeleinden) ter beschikking gesteld. Op deze vleugel zijn tijdens meerdere de-icing seizoenen temperatuurmetingen uitgevoerd. Deze seizoenen lopen ongeveer van oktober tot en met april. Direct naast de vleugel is een weerhut geïnstalleerd waarin de bijbehorende luchttemperatuur en de dauwpunttemperatuur worden gemeten. De metingen laten een verrassend temperatuurgedrag zien. Zo daalde de vleugeltemperatuur tijdens heldere nachten tot wel 8 graden onder de luchttemperatuur en enkele gra-

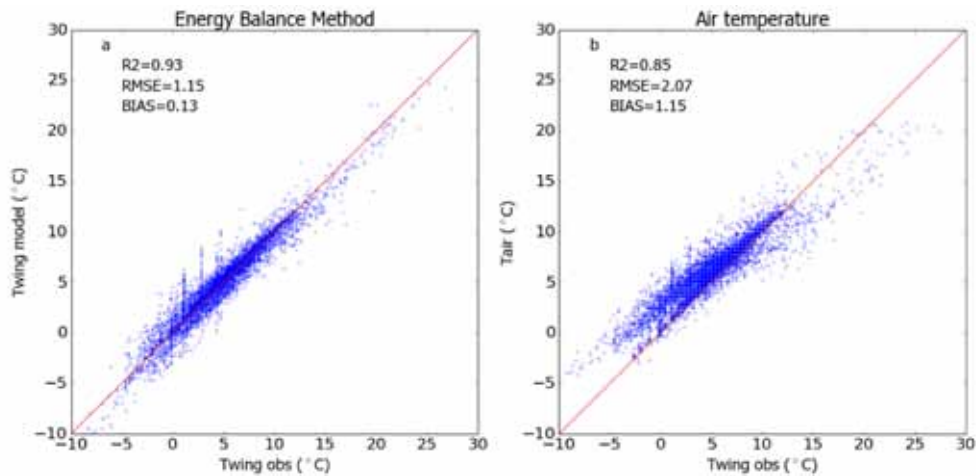
den onder de temperatuur gemeten op 10 cm hoogte op het meetveld van Schiphol.

De vleugeltemperatuur bleek sterk af te hangen van de bedekkingsgraad. Als voorbeeld hiervan toont Figuur 2 een situatie waarin het 's nachts gedeeltelijk bewolkt en onbewolkt was. De vleugeltemperatuur reageert bijna instantaan op veranderingen in de bedekkingsgraad. Dit komt door de kleine warmtecapaciteit van een vleugel en de goede warmtegeleiding van aluminium. Net zoals het dak of de voorruit van een auto koelt een vleugel sterk af tijdens nachtelijke opklaringen.

Het KLM de-icing team gaf aan dat de metingen een goede indicator waren voor wanneer vliegtuigen worden aangemeld voor de-icing. De testvleugel lijkt daarom representatief te zijn voor andere vliegtuigvleugels, al zal er tussen verschillende typen vleugels ongetwijfeld variatie zijn. Zo heeft de hoeveelheid brandstof maar ook de temperatuur van de brandstof invloed op de vleugeltemperatuur. Af en toe komt ijsvorming voor vanwege koude brandstof in de vleugel. Deze is op grote hoogte in de atmosfeer onderkoeld geraakt en heeft geen tijd gehad om op te warmen. Deze zogenaamde "fuel induced icing" is veel minder afhankelijk van atmosferische omstandigheden op het vliegveld. Met dit effect van brandstof op de vleugeltemperatuur is in de eerste versie van het model nog geen rekening gehouden.



Figuur 2. Een situatie met een duidelijke invloed van de bedekkingsgraad (grijze balken) op de vleugeltemperatuur (zwarte lijn). De blauwe lijn is de luchttemperatuur en de rode lijn de dauwpunttemperatuur.



Figuur 3. De gemodelleerde vleugeltemperatuur uitgezet tegen de waargenomen vleugeltemperatuur (a). Als referentie: de waargenomen luchttemperatuur uitgezet tegen de waargenomen vleugeltemperatuur (b). Beide figuren bevatten gegevens van het de-icing seizoen 2014/2015 en 2015/2016.

Modelleren van de vleugeltemperatuur

Voor het modelleren van de vleugeltemperaturen hebben we een energiebalansmodel opgesteld. Dit model berekent de vleugeltemperatuur door de verschillende energiefluxen aan het oppervlak van de vleugel uit te rekenen en in balans te brengen. Deze fluxen hangen af van de atmosferische condities en van de thermische eigenschappen van de vliegtuigvleugel. Door in het model iteratief de vleugeltemperatuur aan te passen bij gelijkblijvende atmosferische omstandigheden, wordt de vleugeltemperatuur bepaald waarbij de fluxen in balans zijn. Op basis van de latente warmteflux en de hoeveelheid neerslag rekenen we vervolgens de hoeveelheid water op de vleugel uit. Dit bepaalt samen met de temperatuur hoeveel ijs er op de vleugel accumuleert.

Figuur 3a toont een verificatie van het model waarbij de vleugeltemperatuur is berekend met de op locatie waargenomen weerparameters. Ter referentie worden de prestaties van het model vergeleken met de aanname dat de luchttemperatuur gelijk is aan de temperatuur op de vleugel (Figuur 3b), een aanname die tot op heden vaak gebruikt wordt om te bepalen of er al dan niet ijsvorming zal plaatsvinden. Duidelijk is dat de energiebalansmethode een verbetering oplevert, met name voor weersituaties met relatief lage vleugeltemperaturen.

Kansverwachting

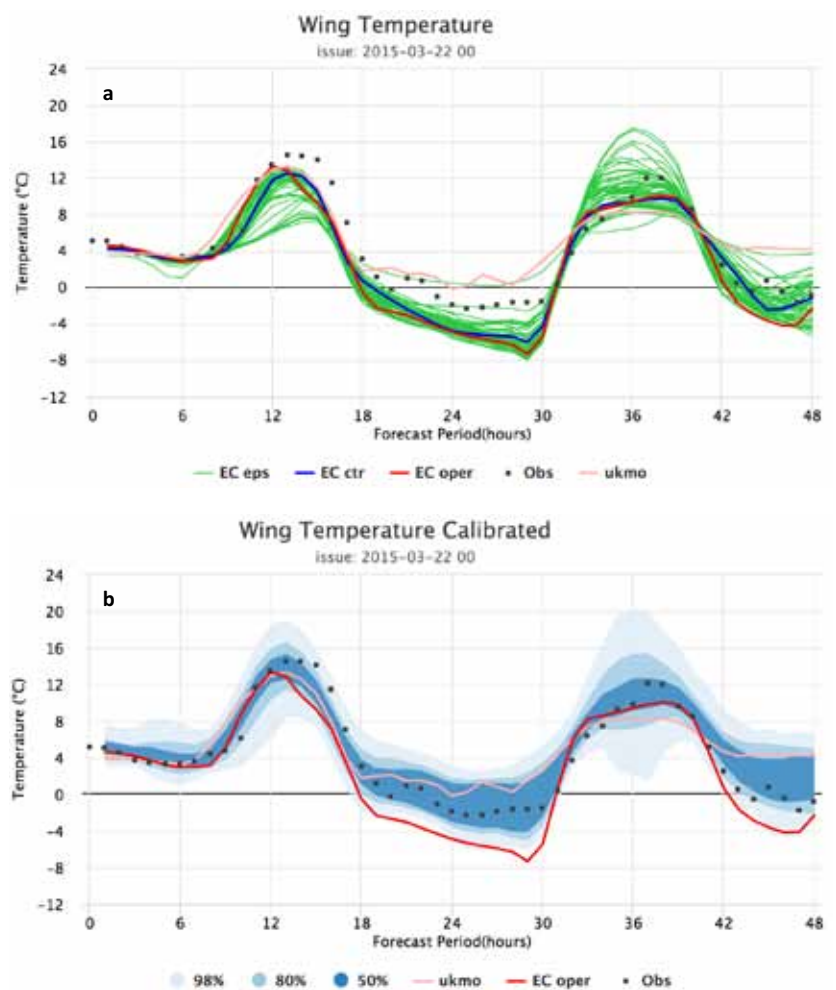
De metingen tonen aan dat de vleugeltemperatuur en daarmee de ijsvorming sterk afhangen van de bedekkingsgraad, wat ervoor zorgt dat zelfs kortetermijnverwachtingen al behoorlijk onzeker kunnen zijn. Kansverwachtingen kunnen dan een meerwaarde hebben. In de luchtvaartindustrie – zo ook bij het KLM de-icing team – worden bij een kleine kans op ijsvorming al maatregelen getroffen; een te lage capaciteit om vliegtuigen te de-icen veroorzaakt grote vertragingen op Schiphol en brengt hoge kosten met zich mee.

We berekenen de kansverwachting door kernel dressing van vleugeltemperaturen uit

een zelf samengesteld ensemble van weersmodellen. Kernel dressing is een wiskundige methode waarbij via kansberekening een schatting wordt gemaakt van de verwachtingsfout. Het ensemble bestaat uit het operationele ECMWF-model, de 51 leden van het ECMWF ensemble (ENS) en het model van het UK Met Office (UKMO). In totaal geeft ons dat 53 verschillende modelscenario's, die ieder door het energiebalansmodel tot vleugeltemperaturen worden omgerekend. Figuur 4a toont een voorbeeld van zo'n ensemble-verwachting. De spreiding in dit specifieke voorbeeld

wordt vooral veroorzaakt door de onzekerheid in de verwachte bedekkingsgraad.

In deze fase van het project concentreerden we ons op de verwachting voor de komende twee dagen. Het is een bekend probleem dat juist op deze korte termijn een ensemble de werkelijke spreiding onderschat. Om hiervoor te corrigeren passen we een statistische nabewerking toe om de kan-



Figuur 4. Een vleugeltemperatuur verwachting per individueel weersmodel (a) en de verschillende kanswaardes na kalibratie (b). De waargenomen vleugeltemperatuur wordt met vierkantjes weergegeven.

sen te kalibreren, de zogeheten Bayesian Model Averaging (BMA) voor weermodellen. Deze door Raftery et al. (2015) beschreven methode bepaalt voor ieder ensemble-lid de kansdichtheidsfunctie van de vleugeltemperatuur door middel van een bias- en spreidingscorrectie. Tot slot wordt van alle ensemble-leden een gewogen gemiddelde bepaald wat leidt tot één nauwkeurige en gekalibreerde kansdichtheidsfunctie voor vleugeltemperaturen. Figuur 4b toont de verschillende kanswaardes op basis van een gekalibreerde kansverwachting.

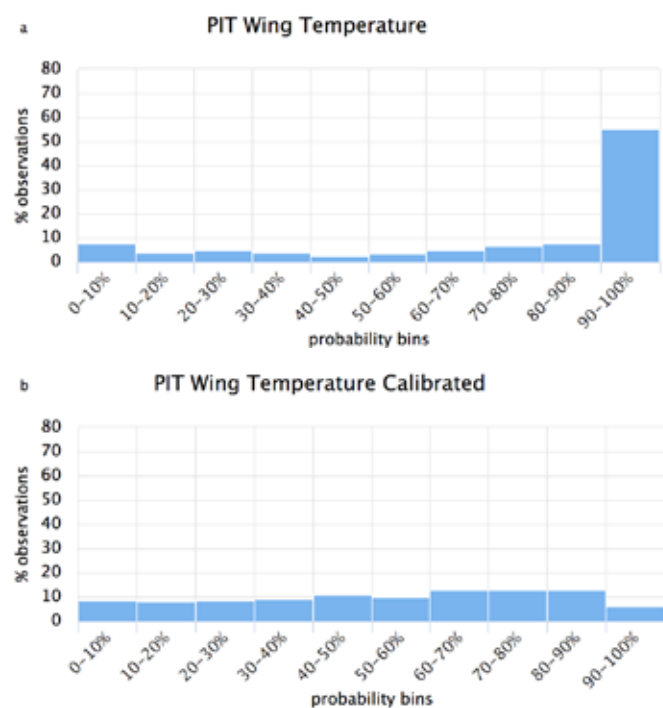
De kwaliteit van de kansverwachting wordt onder andere bepaald door de reliability en de skill. Reliability geeft aan hoe goed de frequentie van een bepaalde kansverwachting zich verhoudt tot het aantal waarnemingen in die categorie. Skill geeft aan hoeveel extra informatie de verwachting oplevert ten opzichte van toeval.

Reliability

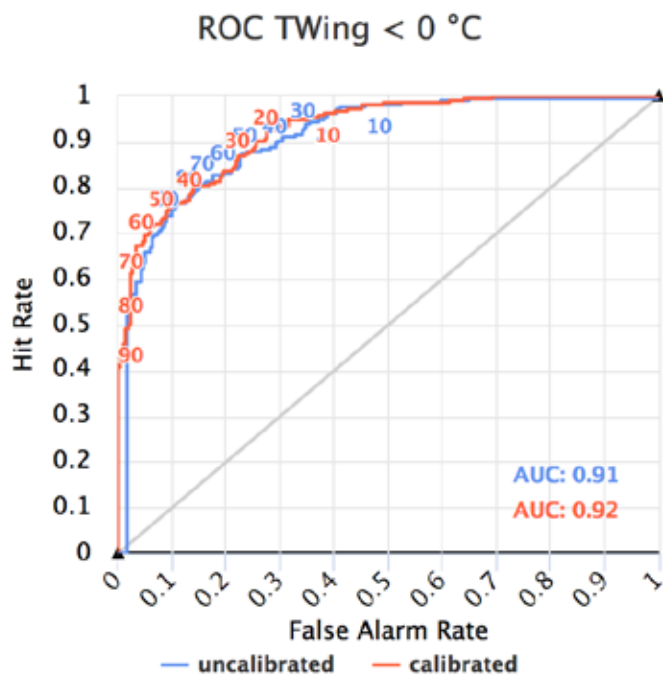
Om reliability te verifiëren is de kansverwachting voor ieder uur in de verwachting opgedeeld in tien gelijke categorieën. Door te tellen hoe vaak elke observatie in iedere categorie valt, ontstaat een kalibratiehistogram (ook wel PIT histogram, of Talagranddiagram genoemd). De reliability wordt bepaald door de uniformiteit van dit histogram. Een voorbeeld van zo'n histogram is weergegeven in Figuur 5 voor de verwachtingstermijnen van +24h tot +30h op basis van de 00-UTC run. Een maximale reliability resulteert in een uniforme verdeling van de observaties over de verschillende categorieën. De ongekcalibreerde kansverwachting laat een scheve verdeling zien: het grootste deel van de observaties valt in de 90-100% categorie, waaruit men kan afleiden dat de ongekcalibreerde ensembleverwachting te weinig spreiding heeft en vaak te koud is. Door kalibratie wordt de verdeling meer uniform.

Skill

We bepalen de skill door te verifiëren hoe goed het model vleugeltemperaturen onder nul kan verwachten. Belangrijk is



Figuur 5. Probability Integral Transform (PIT) diagram voor de niet-gekcalibreerde (a) en gekcalibreerde (b) kansverwachting voor de +24 tot +30 uur op basis van de 00-UTC run.



Figuur 6. ROC curve van de niet gekalibreerde (blauw) en gekalibreerde (rood) kansverwachting voor +24 tot +30 uur op basis van de 0 UTC run. De kansdrempels liggen tussen de 0 en 100% en worden langs de lijn van de grafiek getoond.

dat de skill niet verslechtert door het toepassen van kalibratie. Voor iedere observatie wordt bepaald wat de verwachte kans was op een vleugeltemperatuur lager dan 0 °C. Vervolgens kan men allerlei skill-scores uitrekenen. Een maat die goed werkt is het totale oppervlak onder de ROC (Receiver Operating Characteristic) curve, ook wel (Area Under the Curve) AUC. Dit oppervlak is een maat voor de skill van de kansverwachting. Een AUC van 1 is maximaal, waar een AUC van 0.5 gelijk staat aan toeval.

Figuur 6 toont een ROC-curve bepaald op vleugeltemperaturen uit de winter van 2015 voor een verwachtingstermijn van +24h tot +30h van de 00-UTC initialisaties. De AUC-waardes zijn met respectievelijk 0.91 en 0.92 voor beide ongekcalibreerde en gekcalibreerde versies hoog. Kalibratie leidt niet tot een verslechtering van de skill van de verwachting.

Discussie en toekomstig onderzoek

We hebben met dit werk laten zien dat een gekcalibreerde kansverwachting van een fysisch berekende vleugeltemperatuur duidelijk meerwaarde heeft. De aandacht in het huidige project lag vooral op het optimaliseren van de verwachting van de vleugeltemperatuur. In vervolgprojecten gaan we onderzoeken of kansverwachtingen van hoeveelheid en type ijs op de vleugel op een vergelijkbare manier gekcalibreerd kunnen worden. Verder willen we de invloed van de omgeving van Schiphol op de vleugeltemperatuur in kaart brengen. De testvleugel staat in het open veld en lijkt daardoor tijdens sommige weersituaties iets kouder te zijn dan vliegtuigen die bij de gate zijn opgesteld. Door op meerdere locaties op de luchthaven sensoren te plaatsen, willen we deze verschillen beter leren begrijpen om er uiteindelijk rekening mee te kunnen houden in de verwachtingen.

Literatuur

Raftery et al., Using Bayesian Model Averaging to Calibrate Forecast Ensembles. Monthly Weather Review, vol 133, no. 5, (2005).



Bachelor of Science Soil, Water and Atmosphere



Master of Science in Meteorology and Air Quality

Wageningen University
Meteorology and Air Quality
www.maq.wur.nl

Contact:

Arnold Moene
arnold.moene@wur.nl

Information:

BSc: www.wur.nl/bbw
MSc: www.wur.nl/mee



Toepassing van moderne heranalysetechnieken – de ramp van Moddergat in 1883

HENK DE BRUIN, HUUG VAN DEN DOOL

Met moderne data uit heranalysetechnieken zijn 6-uurlijkse weerkaarten beschikbaar gekomen vanaf 1851. In dit artikel laten wij zien hoe deze gebruikt kunnen worden om belangrijke meteorologische gebeurtenissen uit het verleden nader te belichten. Als voorbeeld kiezen we hier de ramp van Moddergat van maart 1883.

Achtergrond

Moderne data-assimilatietechnologie kan worden gezien als één van de grote verworvenheden binnen ons vakgebied. Deze techniek heeft in hoge mate bijgedragen tot verbetering van numerieke middellange-termijnverwachtingen. In de huidige operationele weermodellen van bijvoorbeeld het ECMWF en NCEP wordt met deze techniek iedere 6 uur een gisveld geproduceerd dat, na de aanpassing met waarnemingen (de data-assimilatiestap) als uitgangsveld dient voor de numerieke verwachtingen. De groep van Gil Compo reconstrueerde met deze techniek vanaf 1851 voor iedere 6 uur een mondiale 3D-weerkaart. Dit met een minimum aan informatie, namelijk hoofdzakelijk op grond van beschikbare luchtdrukgegevens en daarnaast informatie van de zeewatertemperatuur en zee-ijsbedekking. Dat dit tot zinnige resultaten leidt, kan in hoofdzaak worden toegeschreven aan de beschikbaarheid van nauwkeurige luchtdrukgegevens op een behoorlijk aantal stations vanaf 1851. Compo et al. (2011) digitaliseerden deze gegevens en pasten vervolgens data-assimilatie toe. Zij tonen aan dat met louter luchtdrukwaarnemingen (Compo et al., 2006)

de driedimensionale structuur van de atmosfeer al redelijk kan worden gereconstrueerd; de fout wordt hierbij met een ensemble aanpak geschat. Dit werk dat voor een ieder toegankelijk is, opent de unieke mogelijkheid om de meteorologische omstandigheden te beschrijven tijdens belangrijke historische gebeurtenissen. Enige jaren geleden gaven wij hiervan een voorbeeld (de Bruin en van den Dool, 2014). Hiermee wilden we het grote belang van het werk van Compo et al. (2011) benadrukken. In dit artikel beschrijven we aan de hand van hun weerkaarten de meteorologische omstandigheden die in maart 1883 leidden tot de ramp van Moddergat. In een zware storm op de Noordzee ging toen een groot deel van de vissersvloot van Peasens-Moddergat verloren en kwamen meer dan 80 vissers om het leven. We gebruiken hiervoor de weerkaarten gepubliceerd door de Universiteit van Quebec in Montréal (UQAM). Aan de hand van oude krantenberichten gaan we ook kort in op de vraag of het KNMI op tijd had kunnen waarschuwen. Op grond van de toenmalige omstandigheden (vooral trage communicatie) concluderen wij dat dit onmogelijk was en dat het toenmalige KNMI niets te verwijten valt.



Figuur 1. Strandingplaatsen van de vissersschepen (bron: <http://www.klaaswiersma.nl/artikelen/moddergat.html>).

Korte beschrijving van de ramp van Moddergat

De vissersvloot van Moddergat en Paesens in Friesland bestond in 1883 uit zeilschepen van het type aken en blazers, die in de winter op het land werden getrokken. Zoals na elke winter, wilden de vissers zo snel mogelijk naar de visgronden gaan. Maar men wist dat het daarvoor begin maart gewoonlijk nog te vroeg is. Het aanhoudend voorjaarsachtige weer in de eerste dagen van maart 1883 zorgde voor onrust in het dorp; immers, de voorraadkelders raakten leeg en als er gevist kon worden konden deze weer worden aangevuld. Daarnaast ging het gerucht dat een vergaans graanschip bij de scholvelden ten noorden van Borkum vis uit de wijde omgeving had aange trokken. Na pittige discussies tussen voor- en tegenstanders werd besloten uit te varen, en op maandagmorgen 5 maart kwam een vissersvloot van 22 schepen bij de Borkumse visgronden aan. Het weer was nog goed. Aan het eind van de middag sloeg echter het weer om. Er stak een zware storm op, die gepaard ging met hagel- en sneeuwbuien. Enkele schippers besloten huiswaarts te keren. De anderen besloten de situatie af te wachten. Een zware zeegang bouwde zich op en toen de storm nog verder aanwakkerde werd de situatie gevaarlijk. Midden in de nacht slaan de overgebleven vissers op de vlucht en varen met gereefde zeilen richting Schiermonnikoog. Maar de wind trekt verder aan en de schepen worden onbestuurbaar. De boten overleefden de nacht (van 5 op 6 maart) nog wel, maar de storm hield aan en de wind veranderde van richting. Daardoor liep de nieuwe zeegang op een hoek door de oude deining, waardoor golven verder aangroei den tot, naar men zei, wel twintig meter hoog. Enkele schepen dreigden te kapseizen en de schippers probeerden wanhopig de luwte van de Waddeneilanden te bereiken. Veel keuze was er overigens niet, want de noorderstorm blies de schepen simpelweg door de zeegaten tussen de Waddeneilanden (met hun gevaarlijk stromingen). De storm verspreidde de schepen over een groot deel van de Wadden. Uiteindelijk vergingen 17 schepen van de vissersvloot van Moddergat en Paesens, verspreid over het hele Waddengebied (zie Figuur 1).

Voor een kleine gemeenschap van ongeveer 1000 mensen was dit een enorme ramp: 83 vissers uit deze twee dorpen kwamen om het leven. Van vele gezinnen verdronken alle mannelijke leden. Ook andere vissersdorpen in Holland en Groningen werden getroffen: in totaal verloren 121 Nederlandse zeelieden het leven.

Inzamelingsactie

Op initiatief van de Friese commissaris van de Koningin, baron Van Harinxma thoe Sloten, werd een landelijke inzameling georganiseerd. Muziekverenigingen en koren doneerden de

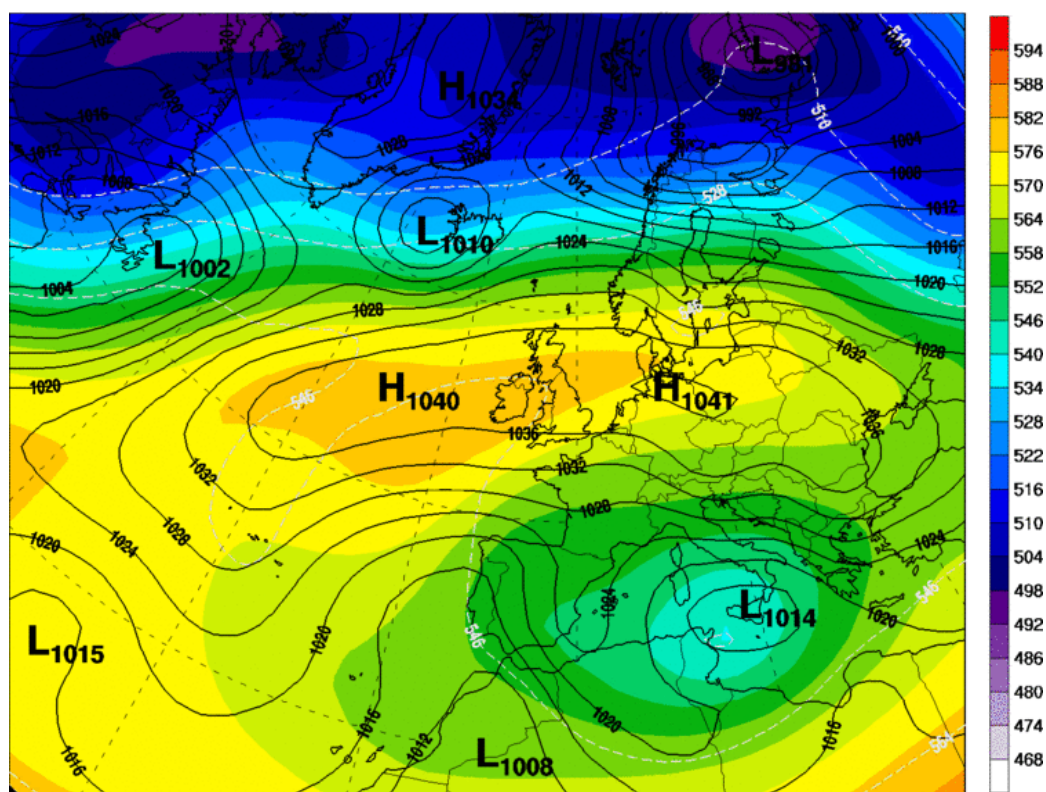
opbrengsten van concerten, fancy fairs werden georganiseerd, Koning Willem III en koningin Emma doneerden persoonlijk een bedrag, net als andere Oranjes. In totaal werd 135.000 gulden bijeengebracht. Een aanzienlijke opbrengst, maar onvoldoende voor het lenigen van alle noden. Voor veel weduwen en wezen resteerde een karig bestaan.

Herdenkingsmonument

Tot op de dag van vandaag leeft de ramp nog sterk onder de plaatselijke bevolking. In 1958, 75 jaar na de ramp, werd bij de dijk te Moddergat een herdenkingsmonument opgericht waarop de namen van de getroffen schepen en van de slachtoffers zijn vermeld. Er is een klein museum ingericht, geheel gewijd aan deze ramp. De website is eenvoudig te vinden en een bezoek aan het dorp en het museum is zeer aan te bevelen.

Beschrijving van de synoptische situatie

Op grond van de heranalyses door het team van Gil Compo zijn we in staat de meteorologische omstandigheden van die dagen te reconstrueren. Figuur 2 laat de weerkaart van 18 UTC zondag 4 maart (een dag voor de ramp) zien. Een uitgestrekt zonaal georiënteerd hogedrukgebied (met kerndruk hoger dan 1040 hPa) strekt zich uit tussen 40 °N en 60 °N van het zeegebied ten westen van Ierland via de Noordzee tot aan de Oekraïne. Dit geeft rustig weer, met weinig wind in het Waddengebied, vergelijkbaar met het weer in de voorafgaande dagen. Een zonale circulatie met aan de noordzijde een brede gordel van westenwind maakt dat het ook in Scandinavië vrij zacht was voor de tijd van het jaar. De kou zit als het ware opgesloten in het noordpoolgebied. Tussen IJsland en Groenland is echter al een klein lagedrukgebiedje te zien, dan nog verre van indrukwekkend. Dit is mogelijk het gevolg van een gebrek aan te assimileren waarnemingen van luchtdruk boven de oceaan en uiteraard ook van temperatuur in de bovenlucht.



Figuur 2. Verdeling van de luchtdruk op zeeniveau (iedere 4 hPa), 500 hPa hoogte (in kleur, om de 6 gpm) en (met enkele gestippelde lijnen slechts) de 1000–500 hPa dikte op zondag 4 maart 1883, 18 UTC. Gebaseerd op de 20C heranalyse (bron: Canadees centrum).

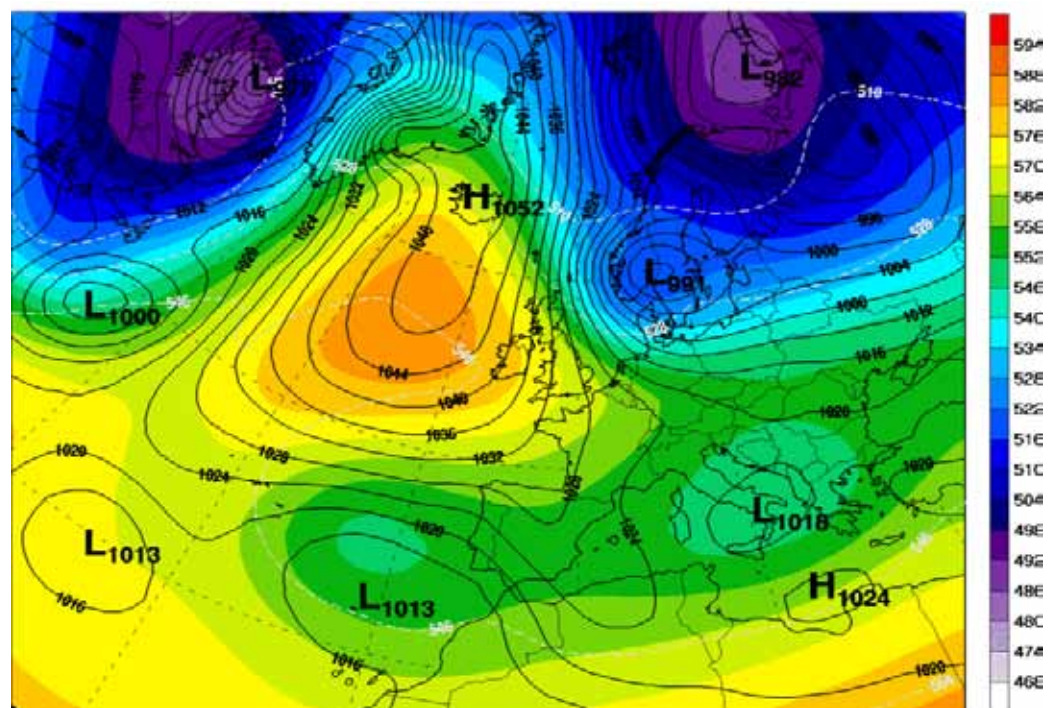
Dit laagje koerst snel naar het oosten en bereikt maandag rond 09 UTC de kust van Noorwegen. In een periode van slechts 15 uur trekt het gedeelte van het hogedrukgebied dat zich boven het continent bevond zich terug terwijl de druk ten westen van Ierland heel hoog blijft. Na 09 UTC op maandag trekt het laag langs de kust van Noorwegen naar het zuiden terwijl tegelijkertijd de hoge druk nabij Ierland zich “opricht” richting IJsland en Groenland. Dit is te zien in de weerkaart van dinsdagochtend 00 UTC (Figuur 3). Binnen 24 uur veranderde de circulatie van zonaal naar meridionaal. Een weersomslag van jewelste. Er vormde zich een zogeheten Ω -blokkade, zo genoemd omdat bijvoorbeeld de 500 hPa hoogtelijnen de vorm van een Ω -aannemen. De vissers zaten in de rechtervoet van de Ω . Door dit meridionaal stromingstype stroomt om de ene kant van de Ω warme subtropische lucht noordwaarts terwijl arctische lucht aan de oostkant van de Ω naar het zuiden beweegt. Dat laatste gebeurt met grote kracht tussen het hogedrukgebied (met een imponerende centrumdruk van 1050 hPa) tussen Ierland en Groenland en het laagje dat langs de Noorse kust naar het zuiden trekt. Bij wind gaat het in eerste aanleg om de luchtdrukgradiënt; daarom is die imponerende hoge druk van evenveel belang als de lage druk van het laagje van 990 hPa (op dinsdagochtend 00 GMT). Door de uitstromende arctische lucht is het waarschijnlijk dat aan de zuidkant snel een actief koufront ontstond, al bleef de temperatuur nabij het oppervlak dichtbij die van het zeewater. Behalve een koufront ontstaan in zo'n situatie vaak één of meerdere bovenluchttroggen, die gepaard gaan met zeer onstuimig weer en buien. In de hier vertoonde analyse komen dit soort mesoschaal verschijnselen (de troggen) minder nauwkeurig tot uiting wegens het gebrek aan aanvullende weerwaarnemingen die geassimileerd kunnen worden. Maar een ervaren meteoroloog kan uit de her-analyseweerkaarten toch redelijk gedetailleerd het zeer heftige weer reconstrueren dat de vele vissers uit Moddergat fataal is geworden. Het is duidelijk dat de timing van deze weersomslag zoals te zien in de Compo weerkaarten prima overeenkomt met de historische beschrijvingen. Ook het verrassingseffect van zo'n weersomslag is duidelijk. Wij tonen hier twee weerkaarten. Voor lezers die de situatie in meer detail wil bestuderen verwijzen wij naar de website van UQAM.

Nadere meteorologische kanttekeningen

De situatie hier beschreven is wellicht extreem, maar met de kennis van nu niet ongewoon. Met de ervaring die we heden ten dage hebben weten we dat een enkele depressie een hoofdrol kan spelen in de initiëring, en nadien handhaving, van een blokkerend hoog. Dit fenomeen is bijvoorbeeld beschreven door Colucci (1985). De weersomslag op 5 maart 1883 is bepaald indrukwekkend. Deze voldoet aan de criteria opgesteld door Oerlemans (1978)

voor weeromslagen, zeker gezien het persistent mooie weer voorafgaand aan de omslag. Er is veel onderzoek gedaan naar de afwisseling van zonale en meridionale stromingspatronen met een periode van enkele weken. Namias (1950) en anderen bedachten daarvoor de term ‘zonale index cyclus’. Het poolwaartse warmtetransport is groot (klein) in meridionale (zonale) stroming waardoor de equator-pool temperatuur gradiënt afneemt (toeneemt). Omdat de netto straling de equator-pool temperatuurgradiënt doet toenemen treden oscillaties op in de sterkte van de westenwind op gematigde breedte.

We willen tot slot wijzen op de belangrijke rol van de zeer hoge luchtdruk ten tijde van de ramp. Dit komt doordat de storm het gevolg is van de drukgradiënt en dus speelde de zeer hoge druk die de depressie omringde in maart 1883 een hoofdrol. Bij de februari-ramp van 1953 was dat ook het geval. Met dit in het achterhoofd besteden we aandacht aan de rol van de zogeheten blokkade. De situatie hierboven beschreven laat zien hoe subjectief het begrip blokkade is. Wij hebben het dan niet over de omega blokkade die op 5 maart werd gevormd – daar zal iedereen het over eens zijn – maar de zonale circulatie die hieraan vooraf ging. De inwoners van Zuid-Frankrijk, bijvoorbeeld, hadden te maken met een koude oostenwind, en de meteorologen aldaar zouden geneigd zijn de situatie tot de vierde maart als een blokkerend hoog op 50 °N (van Ierland tot ver op het vasteland) te beoordelen. In bepaalde studies is de aanwezigheid van persistente oostenwind ergens op de gematigde breedtes voldoende voor de vaststelling van een blokkade via een objectief criterium. Dole en Gordon (1983) hebben een aparte categorie voor persistente hogedrukgebieden in de band rond 50 °N, zonder dat het een blokkade wordt genoemd (daarvoor moet het hoog minstens op 60 °N liggen). Bladeren door stapels weerkaarten om subjectief vast te stellen of er een blokkade aanwezig is (de zogenaamde expert opinion) is uit de mode, en bovendien zijn de experts inmiddels overleden of met pensioen. Maar een objectief criterium voor blokkades bestaat tot de dag van vandaag niet echt of is omstreden (Tibaldi and Molteni, 1990).



Figuur 3. Verdeling van de luchtdruk op zeeniveau (iedere 4 hPa), 500 hPa hoogte (in kleur, om de 6 gpm) en (met enkele gestippelde lijnen slechts) de 1000–500 hPa dikte op dinsdag 6 maart 1883, 00 UTC. Gebaseerd op de 20C heranalyse (bron: Canadees centrum).

Weerbericht van Vrijdag 2 Maart 1883. (Waarnemingen van des morgens 8 ure).							
Plaats.	Stand van den barometer.	Windricht.	Windkracht. (0-10)	Temperatuur.	Toestand der lucht.	Gevall. regen.	
	mM.			°C	°F		
Delft	776,9	NO	1	2	36	helder	0
Gron.	777,7	NO	0	2	36	helder	0
Helder.	—	—	—	—	—	—	—
Vlias.	777,7	NO	1	3	37	licht bew.	0
Maastr.	777,3	N	2	0	32	helder	0
Grootst verschil van barometer-stand.							
Onbeduidend.							
Verwachting: Weinig wind; schoon weder.							
Temperatuur enz. te Arnhem gedurende de laatste 24 uren:							
Hoogste: 45° F.							
Laagste: 30° F.							
Heden ochtend 8 ure: 32° F.							
Gevallen regen 0 mM.							
De barometerverschillen in Nederland zijn heden-ochtend zeer onbeduidend.							

Weerbericht van Zaterdag 3 Maart 1883. (Waarnemingen van des morgens 8 ure).							
Plaats.	Stand van den barometer.	Windricht.	Windkracht. (0-10)	Temperatuur.	Toestand der lucht.	Gevall. regen.	
	mM.			°C	°F		
Delft	779,8	O	0	1	34	helder	0
Gron.	780,3	O	0	1	34	helder	0
Helder.	—	—	—	—	—	—	—
Vlias.	780,3	ONO	2	2	36	licht bew.	0
Maastr.	779,6	O	2	1	34	helder	0
Grootst verschil van barometer-stand.							
Onbeduidend.							
Verwachting: Oostelijke wind; schoon weder.							
Temperatuur enz. te Arnhem gedurende de laatste 24 uren:							
Hoogste: 44° F.							
Laagste: 27° F.							
Heden ochtend 8 ure: 31° F.							
Gevallen regen 0 mM.							
Een centrum van hooge drukking was gisteren, ochtend aanwezig in de Noordzee; overigens heeft geheel Europa eenen hoogen barometerstand; van eene depressie is niets te bespeuren.							

Figuur 4. De weerberichten van 2 en 3 maart zoals verschenen in de editie van respectievelijk 3 en 5 maart in de Arnhemse Courant.

Had het KNMI op tijd kunnen waarschuwen?

Het is uit het bovenstaande duidelijk dat de ramp het gevolg was van een enorme weeromslag. In maart 1883 waren communicatiemiddelen nog zeer beperkt en de meteorologie stond nog in de kinderschoenen. Het KNMI treft alleen al daarom geen enkel verwijt. Een analyse van de omstandigheden in 1883, verschenen in de zaterdagbijlage (van 19 april 1969) van de Leeuwarder Courant, bevestigt dit. Men kan zich afvragen of de meteorologische voorlichting vlak voor de ramp van Moddergat tekort was geschoten en of het gunstige weerbericht in die krant een rol gespeeld heeft bij het nemen van de beslissing om uit te varen. Het is waar dat in de maandageditie van de Leeuwarder en de Arnhemse Couranten (Figuur 4) werd vermeld dat er geen depressies in de buurt waren, maar omdat het weekend was geweest was dit bericht, opgemaakt op 3 maart, pas op 5 maart in de krant te lezen, te laat voor de vissers om de verkeerde beslissing aan het KNMI toe te schrijven! In de krant van de dag daarop wordt vanuit Utrecht (toen de zetel van het KNMI) wel melding gemaakt van de aanwezigheid van een depressie. Maar het is duidelijk dat 1883 nog in de prehistorie der weersverwachtingen valt. Over land was een dorp als Moddergat moeilijk te bereiken. Harlingen (een stormwaarschuwingstation) en Leeuwarden lagen ver weg. De vissers baseerden hun beslissingen niet op grond van geheven stormballen in Harlingen of op achterhaalde weerberichten in een krant uit Leeuwarden. Dat de barometer al dagen zeer hoog stond ('bestendig') kan wel een rol hebben gespeeld.

Het krantenweerbericht zoals weergegeven in Figuur 4 is een voorbeeld hoe destijds het KNMI weerberichten publiceerde. Deze vorm van communiceren bestond al enkele jaren. In 1883 werd zelfs al een dagelijks weerkaartje gemaakt en door het KNMI-filiaal in Amsterdam beperkt verspreid, maar deze werden nog niet door de krant overgenomen. Dit gebeurde pas na 1890. Figuur 4 laat zien dat het krantenweerbericht metingen van luchtdruk, neerslag, wind en temperatuur op vier of vijf Nederlandse stations bevatte, een korte opmerking over luchtdrukverschillen binnen Nederland (Buys Ballot ten voeten uit), en de weersituatie.

Ten slotte

We concluderen dat de heranalyses vanaf 1851 zeer waardevolle informatie verschaffen over de weersomstandigheden die de ramp van Moddergat veroorzaakten. De vissers kregen te maken met een plotselinge en enorme weeromslag, en een stormsituatie die lang aanhield. Met dit voorbeeld hebben we laten zien dat het werk van de groep van Gil Compo zeer belangrijke additionele informatie kan verschaffen over de toedracht van belangrijke historische gebeurtenissen.

Museum

Museum 't Fiskershúske verzamelt en exposeert voorwerpen en bescheiden die betrekking hebben op de oude kustvisserij en het leven van de bewoners van het dubbeldorp Paesens-Moddergat. De ramp van Moddergat, in 1883 waarbij 83 vissers omkwamen, vormt hierin vanzelfsprekend een groot aandeel (www.museummoddergat.nl/agenda.ashx).

Literatuur

- Compo, G. P., J. S. Whitaker, and P. D. Sardeshmukh, 2006: Feasibility of a 100-year reanalysis using only surface pressure data. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 87, 175-190.
- Colucci, S. J., 1985: Explosive Cyclogenesis and Large-Scale Circulation Changes: Implications for Atmospheric Blocking. *J. Atmos. Sci.*, 42, 2701-2717.
- Compo, G. P., et al., 2011: The twentieth century reanalysis project. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 137, 1-28.
- De Bruin, H., H. van den Dool, 2010: De storm van 1894: Een ramp voor Scheveningen, en een test case voor moderne meteorologen, *Zenit*, 316-320.
- Dole, R. M. and N. D. Gordon, 1983: Persistent Anomalies of the Extratropical Northern Hemisphere Wintertime Circulation: Geographical Distribution and Regional Persistence Characteristics. *Mon. Wea. Rev.*, 111, 1567-1586.
- Namias, J., 1950: The index cycle and its role in the general circulation. *J. Meteor.*, 7, 130-139.
- Oerlemans, J., 1978: An Objective Approach to Breaks in the Weather. *Mon. Wea. Rev.*, 106, 1672-1679, <https://doi.org/10.1175>.
- UQAM: Reanalysis / 20th Century v2c (1851-1947), http://meteocentre.com/reanalyses/get_reanalyses.php?lang=en&mod=20cr&area=eur&yyyy=1883&mm=03&dd=08&run=18
- Tibaldi, S., Molteni, F., 1990: On the operational predictability of blocking. *Tellus*, 42A, 343-365.

Projecties van toekomstige droogtes in Zuidoost-Azië

MUGNI HARIADI, GERARD VAN DER SCHRIER, ALBERT KLEIN TANK (KNMI)

Tijdens elke El Niño wordt Indonesië getroffen door omvangrijke droogte, met grote gevolgen voor allerlei aspecten van de samenleving, zoals de bedreiging van de voedselveiligheid. Met een snel groeiende bevolking en een rijstbouw die tot Java beperkt is, kan de vraag naar rijst tijdens een droogte groter worden dan het aanbod - met grote gevolgen voor de prijs van rijst, en mogelijke onrust in de samenleving. Hier vergelijken we de droogte tijdens de recente 2015 El Niño met de sterkste El Niño's van de afgelopen decennia (1997 en 1982). Ook kijken we vooruit: naast veranderingen in neerslag zal ook Indonesië te maken krijgen met een opwarmend klimaat. Warme lucht kan meer vocht bevatten en de (potentiële) verdamping – de dorst van de atmosfeer – zal toenemen. Dit effect zien we wereldwijd; vooral in gebieden waar de neerslag afneemt versterkt dit de droogte. Kunnen we, door de sterker wordende dorst van de atmosfeer, een toename in de omvang of sterkte van droogte tijdens een toekomstige El Niño verwachten?

Inleiding

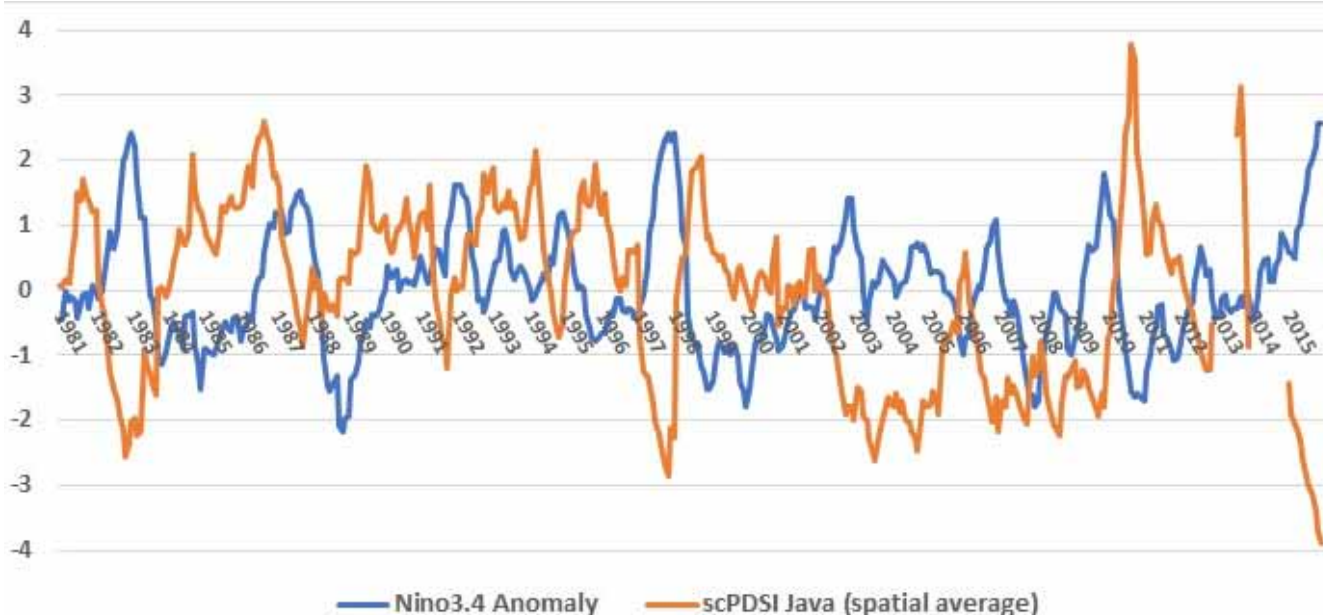
Droogtes zijn een regelmatig terugkerend probleem in Zuidoost-Azië, en in het bijzonder in Indonesië. Deze droogtes worden vaak veroorzaakt door El Niño, waarbij de atmosferische circulatie rondom de tropen verandert. Tijdens een El Niño krijgt het normaal regenrijke Indonesië te maken met een drastische afname in de neerslag (Figuur 1). De sterkste El Niño in de recente geschiedenis was die van maart 1997 tot februari 1998. In deze periode daalde de regenval in vrijwel geheel Indonesië tot onder het 10^e percentiel, met record-lage neerslagtotalen op veel Indonesische meetstations (Kirono et al., 1999). De Food and Agriculture Organization van de Verenigde Naties en het Indonesische Bureau of Statistics zagen de rijstproductie tijdens de El Niño van 1998 met 3.6% kelderen ten opzichte van het jaar daarvoor. De productie in 1998 lag zelfs 11% onder het officiële streefdoel.

Nu was 2015 niet alleen een sterk El Niño jaar, het was ook een extreem warm jaar (NASA, 2015). De wereldgemiddelde temperatuur was 0.13 °C hoger dan die van 2014 (het voorgaande record). Alleen in het jaar 1998 was het verschil met de temperatuur van het voorgaande jaar nog groter (NASA, 2015). Een toename van 1°C in luchttemperatuur geeft een toename van ongeveer 7% in de hoeveelheid vocht die lucht kan bevatten. Dit zal de potentiële verdamping doen

toenemen (Trenberth, 2011), de zogenaamde ‘dorst van de atmosfeer’. Hierbij wordt de potentiële verdamping gedefinieerd als de hoeveelheid vocht die de bodem aan de atmosfeer verliest als er maximaal vocht in de bodem aanwezig is. Door de toename van het verlies van vocht uit de bodem naar de atmosfeer zal de hoeveelheid bodemvocht kunnen veranderen (mits er voldoende vocht aanwezig is). Jiménez-Muñoz et al. (2016) vonden voor de Amazone dat het gebied dat tijdens de 2015 El Niño onder droogte leed weliswaar kleiner was dan in 1997 en 1982, maar dat de intensiteit van de droogte groter was. In die studie werd de stijging gerelateerd aan de toegenomen temperatuur. Geldt dat ook voor Indonesië? Metingen geven aan dat de hoeveelheid neerslag in 1997 minder was dan in 2015 (Ministry of Agriculture, 2016), maar wat betekent de toenemende ‘dorst van de atmosfeer’ voor de sterkte van droogte?

Gebruikte datasets

Om een beeld te vormen hoe droogtes tijdens een El Niño in de toekomst veranderen zijn hoge-resolutie klimaatprojecties voor Zuidoost-Azië geanalyseerd. Deze simulaties zijn beschikbaar gemaakt door de Asia-Pacific Economic Cooperation Climate Centre en maken deel uit van het wereldwijde



Figuur 1. Tijdreeks van de droogte-index scPDSI, gemiddeld over Java, en de Nino3.4 index die de sterkte van de El Niño kwantificeert. Als de scPDSI negatief is, dan is er sprake van een droogte. De El Niño's van 1982, 1997 en 2015, met de hoge waarden van de Nino3.4 index en de lage waarden van de droogte-index, zijn goed te herkennen.

project waarbij regionale klimaatmodellen gebruikt worden voor klimaatprojecties (CORDEX). De klimaatgegevens zijn beschikbaar in 0.25° x 0.25° resolutie voor de historische periode (1971-2005), voor de nabije toekomst (2021-2050) en voor de verre toekomst (2071-2100). De simulaties behelzen twee emissiescenario's (de zogenaamde Representative Concentration Pathway (RCP) 4.5 en RCP 8.5) en zijn ingebed in de ERA-Interim heranalyse van het ECMWF voor de historische periode en in het HadGEM2-OA (Hadley Centre Global Environmental Model) voor de toekomst simulaties (Yang, 2015).

Naast de simulaties is gebruik gemaakt van een nieuwe dataset met gegridde waarnemingen, de SA-OBS. Dit is een hoge-resolutie dataset voor dagelijkse waarden van temperatuur en neerslag in Zuidoost-Azië, gebaseerd op netwerken van meteorologische stations. De dataset beslaat de periode 1981-2016. De metingen zijn verzameld in een samenwerking met allerlei meteodiensten in de regio (<http://sacad.database.bmkg.go.id/>) (Van Den Besselaar et al., 2016). Waar de dichtheid van het netwerk van meteorologische stations te laag is, gebruiken we maandgemiddelden/maandsommen van temperatuur en neerslag van de CRU TS 4.0 dataset van de Climatic Research Unit (Harris et al., 2014).

Aanpak

In deze studie gebruiken we de self-calibrating Palmer Drought Severity Index (scPDSI) als droogte-index (zie Kader 1). Input voor deze index zijn maandsommen voor neerslag en

		Historisch	NF-4.5	NF-8.5	FF-4.5	FF-8.5
Sumatra	Gemiddeld	1.517	0.202	0.031	-0.993	-2.681
	Anomalie		0.000	-0.171	-1.195	-2.883
Borneo	Gemiddeld	1.592	0.019	0.054	-0.732	-2.392
	Anomalie		0.000	0.035	-0.751	-2.411
Java	Gemiddeld	1.422	0.524	-0.352	-0.921	-2.779
	Anomalie		0.000	-0.875	-1.444	-3.302
Sulawesi	Gemiddeld	1.392	0.033	-0.225	-0.776	-2.261
	Anomalie		0.000	-0.258	-0.809	-2.294
Papua	Gemiddeld	1.475	0.093	-0.286	-0.743	-2.386
	Anomalie		0.000	-0.378	-0.836	-2.479
noord-ZOA	Gemiddeld	0.876	-0.230	-0.033	-0.451	-1.590
	Anomalie		0.000	0.197	-0.221	-1.360
Filipijnen	Gemiddeld	0.084	-0.134	-0.979	-0.272	-1.603
	Anomalie		0.000	-0.845	-0.138	-1.469

Tabel 1. Gebiedsgemiddelden van de scPDSI, gemiddeld over de historische periode, de nabije toekomst en de verre toekomst. De regio's zijn vijf eilanden binnen Indonesië (Sumatra, Borneo, Java, Sulawesi, Papua), het noordelijk deel van Zuidoost-Azië (Thailand, Laos en Cambodja) en de Filipijnen.

maandgemiddelden van temperatuur die gebruikt worden voor een schatting van de straling. De basis van de scPDSI is een waterbalans waarbij neerslag, actuele verdamping, run-off en opslag van vocht in de bodem met elkaar in evenwicht zijn. De actuele verdamping wordt bepaald door de potentiële verdamping enerzijds en de hoeveelheid vocht die aanwezig is in de bodem anderzijds.

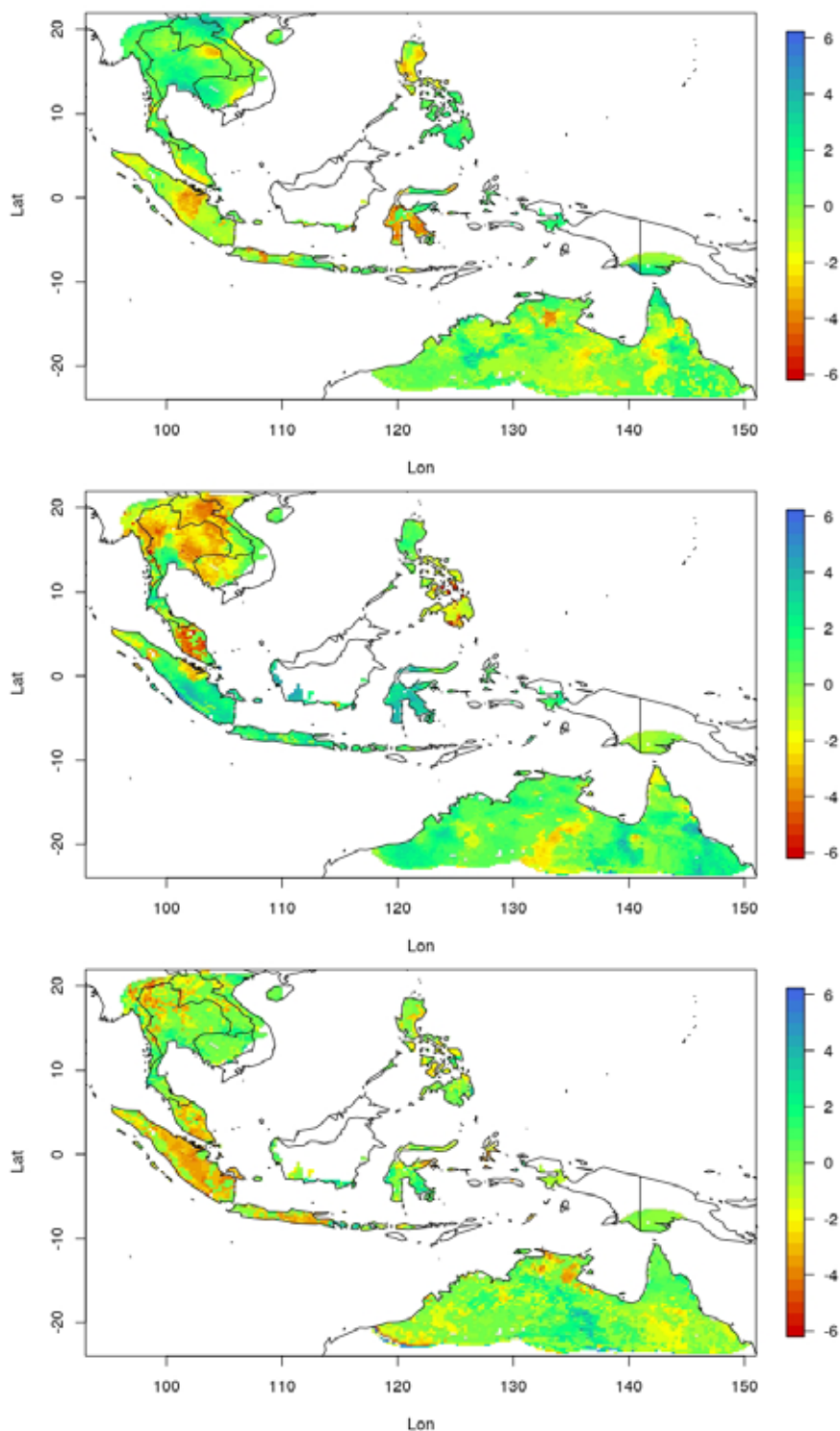
Om de modeldata geschikt te maken voor gebruik in deze index, moet deze eerst gecorrigeerd worden voor een eventuele systematische afwijking: de 'bias'. Voor de simulatie van het huidige klimaat reproduceren de CORDEX modellen de waarnemingen namelijk niet erg goed (Wilks, 2011). De waarnemingen van SA-OBS dienen bij deze aanpassing van de

KADER 1 – De self-calibrating Palmer Drought Severity Index (scPDSI)

In het begin van de jaren 60 van de 20e eeuw, kort na de rampzalige droogte in de jaren 50 in het middenwesten van de VS, introduceerde Wayne Palmer 'zijn' droogte index. Het doel van deze index was om een kwantitatieve maat te maken waarmee droge (en natte) perioden uit verschillende klimaten vergeleken konden worden. In de visie van Palmer moest de index variëren tussen ongeveer -4 (extreem droog) tot +4 (extreem nat), waarbij tussenliggende waarden worden aangeduid met 'ernstig', 'mild', 'beginnend' en 'normaal' voor waarden tussen -0.5 en +0.5. De basis voor deze index is een eenvoudige waterbalans, waarbij neerslag, actuele verdamping, run-off en opslag van vocht in de bodem met elkaar in evenwicht zijn. Hoewel Palmer voor ogen had om de standaardisatie van deze index uit te voeren voor elke locatie waar de index voor berekend werd, bleek de beperkte computercapaciteit in die tijd dit in de weg te staan. Als alternatief heeft Palmer een gemiddelde van zeven stations, de meeste uit het middenwesten van de VS, gebruikt voor de kalibratie. De coëfficiënten die destijds berekend zijn, zijn vast onderdeel geworden van de PDSI, ongeacht of de index toegepast wordt op bijvoorbeeld Californië of China. Dit gaf PDSI waarden

kleiner dan -4 die meer dan 20% van de tijd voorkwamen – niet bepaald een frequentie die je met 'extreem' zou associëren. Wilks et al. (2004) van de Universiteit van Nebraska hebben de PDSI zo aangepast dat voor elke locatie een nieuwe set kalibratiecoëfficiënten berekend werd: geheel in de geest van Palmer. Hiermee werd de frequentie waarmee PDSI waarden < -4 bereikte op ongeveer 2% afgeregeld (van der Schrier et al., 2006).

De waterbalans die centraal in de PDSI staat, en die deze index onderscheidt van eenvoudiger indices zoals de populaire Standardized Precipitation Index, vereist een schatting van de potentiële evapotranspiratie (PET). Palmer gebruikte destijds een parameterisatie die in 1948 ontwikkeld was door Charles Warren Thornthwaite. Hoewel Thornthwaite wist dat straling een belangrijk ingrediënt was voor de bepaling van PET, waren er alleen temperatuurmetingen voorhanden, en Thornthwaite baseerde de parameterisatie dan ook op alleen temperatuur (en de breedtegraad om een indruk te krijgen van de maximum daglengte). Deze parameterisatie wordt nog steeds algemeen gebruikt – ook in deze studie. Het gebruik van meer fysisch realistische schattingen voor PET wordt steeds populairder, maar nog steeds is de beschikbaarheid van bijvoorbeeld historische stralingsgegevens een beperking.



Figuur 2. scPDSI condities tijdens de El Niño van 2015 (onder) in vergelijking met die van 1982 (boven) en 1997 (midden).

systematische afwijkingen als referentie. Er zijn verschillende methoden in omloop voor deze aanpassing. In deze studie is de empirische kwantiel-afbeeldingmethode (Gudmundsson et al., 2012; Wilcke et al., 2013) gebruikt om voor de bias van de simulaties te corrigeren. In een oriënterende studie vonden we dat deze methode een beter resultaat gaf dan twee alternatieve methoden. Het principe van deze methode is dat de cumulatieve waarschijnlijkheidsverdeling van de modeluitkomsten, per kwantiel, aangepast worden aan die van de waarnemingen.

Voor de analyse wordt de periode september-november gebruikt; de periode waarin de Nino3.4 index het sterkst met neerslag in Indonesië correleert. Nino3.4 is een index die de sterkte van de El Niño kwantificeert; deze index wordt bere-

kend op basis van de zeewatertemperatuur van de tropische Pacificische Oceaan. In deze periode start ook het regenseizoen en uitstel van het regenseizoen is een belangrijke reden voor het mislukken van de rijsttoegst.

Resultaten

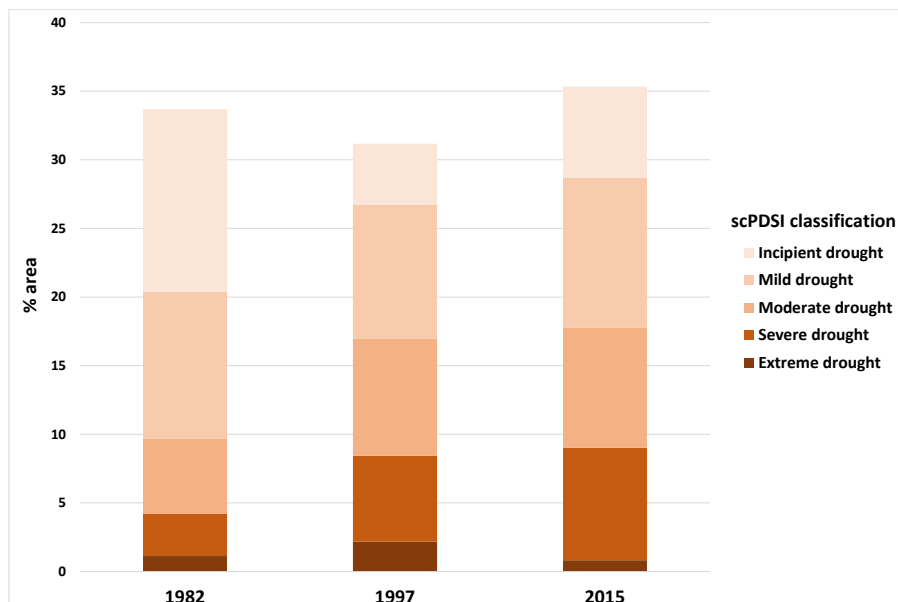
Hoe verhoudt de droogte ten gevolge van de El Niño van 2015 zich met de sterkste El Niño's van de afgelopen tijd (1997 en 1982)? Als de scPDSI voor deze drie El Niño jaren met elkaar worden vergeleken zien we dat in 1997 de droogte meer in het noordelijk deel van de regio geconcentreerd was (Thailand, Cambodja, Laos, Maleisië en de Filipijnen). Het patroon van de droogte van 2015 leek veel meer op die van 1982, waarbij de grootste impact in Indonesië plaatsvond (Figuur 2).

Als de droogte van deze jaren vergeleken wordt in termen van het percentage land dat te kampen had met ernstige of extreme droogte, dan zien we verschillen optreden. Hoewel het percentage land dat extreem droog was in 2015 lager was dan in 1997 (0.8% tegen 1.9%), was het oppervlak dat met milde (9.5% tegen 9.3%) of ernstige droogte (8.0% tegen 6.3%) te maken had groter dan in de andere jaren (Figuur 3).

De scPDSI-waarden voor Zuidoost-Azië, berekend met de CORDEX simulaties voor het toekomstig klimaat, laten zien dat droogtes waarschijnlijk extremer gaan worden. Om een goede vergelijking te maken tussen de sterkte van huidige droogtes en die van de toekomst, worden de kalibratiecoëfficiënten voor de droogte-index bij deze analyse bepaald op basis van het huidige klimaat en vervolgens constant gehouden voor de simulaties van de toekomst. Door deze aanpak kan de frequentie of ernst van toekomstige droogte vergeleken worden met die in het huidige klimaat. Gemiddeld over de historische simulaties zien we dat jaarlijks ongeveer 4.5% van het land onder droogte gebukt gaat, terwijl in de simulaties voor de toekomst dit oploopt (Figuur 4). In de nabije toekomst lopen de

projecties voor de scenario's RCP4.5 en RCP8.5 niet zo ver uiteen. Het gebied in Zuidoost-Azië dat met droogte te maken krijgt neemt per jaar (en gemiddeld over de hele simulatie) met 20% toe. Voor een gemiddeld jaar zal de situatie in het grootste deel van de regio nog rond normaal zijn (voor het huidige klimaat). In de verre toekomst is de situatie alarmerender. Meer dan de helft van de regio zal in een gemiddeld jaar dan te maken hebben met milde droogte in het RCP4.5 scenario. In het RCP8.5 scenario loopt dit op tot meer dan 90% van de regio, waarbij het grootste deel van deze droogte als 'mild' gekwantificeerd wordt (Figuur 4).

De toename in droogte is niet homogeen over Zuidoost-Azië. Sommige gebieden geven een hogere kans op droogte



Figuur 3. Gebiedspercentages die tijdens de El Niño's van 1982, 1997 en 2015 met droogte te maken hadden.

dan anderen. In Tabel 1 is de gemiddelde droogte-index over een aantal kleinere gebieden met elkaar vergeleken. De afname in de index, corresponderend met een toename in droogte, blijkt duidelijk uit de Tabel. Indonesië (Sumatra, Borneo, Java, Sulawesi en Papua) lijkt een grotere kans op droogte te krijgen dan gebieden die verder van de evenaar liggen.

Om een idee te krijgen hoe frequent de meest extreme droogtes, zoals die van 1982 en 1997, voorkomen in de toekomst, berekenen we het gebiedspercentage dat een milde (of ergere) droogte doormaakt voor elk jaar in de CORDEX simulaties. In deze analyse nemen we aan dat de twee droogste jaren in de CORDEX simulatie van het huidige klimaat representatief zijn voor respectievelijk 1997 en 1982. Natuurlijk is dit kort door de bocht, maar als maat voor de meest extreme droogte in de afgelopen 30 jaren is dit toch bruikbaar. Tabel 2 geeft het aantal droogtes in de toekomst die even uitgebreid zijn als de meest extreme “1997” droogte. In de nabije toekomst, komt dit op 13 (RCP 4.5) en 11 (RCP 8.5) droogtes in 30 jaar. De analyse laat zien dat in de nabije toekomst eens in de 2 à 3 jaar een droogte kan optreden die even uitgebreid is als de meest extreme “1997” droogte van de afgelopen 30 jaar. In de verre toekomst neemt deze frequentie zelfs sterk toe (Tabel 2).

Discussie

Er is een sterke relatie tussen het optreden van een El Niño, droogte in Zuidoost-Azië en een afname in de rijstproductie. Het verband tussen droogte, gekwantificeerd door de scPDSI, en het mislukken van de oogst is niet expliciet gemaakt in deze studie. Schade aan gewassen door een uitblijvende regenperiode of een zogenaamde ‘valse start’ van het regenseizoen (waarbij een korte natte periode na de droge tijd – waarin de rijstplantjes geplant worden – gevolgd wordt door een droge periode die een paar dagen te lang aanhoudt) (Marjuki et al., 2016) zijn moeilijk te vangen in de scPDSI die een temporele resolutie van één maand heeft. De afname van de neerslag, en de toename in verdamping door het veranderend klimaat waar deze studie om draait, zijn wel goed weergegeven door de scPDSI.

Bij deze studie naar toekomstige droogtes in Zuidoost-Azië zijn twee belangrijke aspecten die verder commentaar

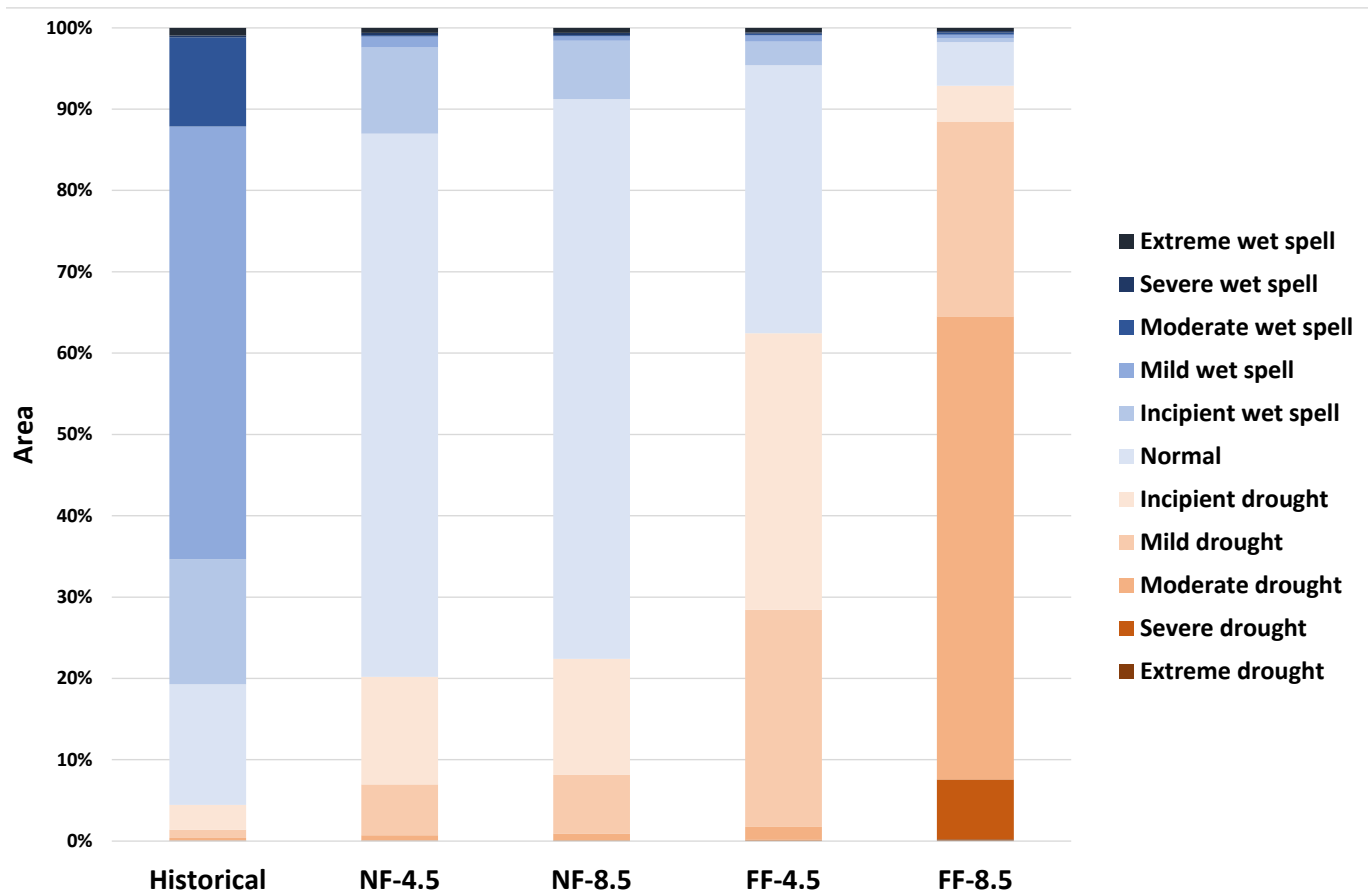
behoeven. De eerste is de onzekerheid in de gebruikte Regional Climate Models (RCMs). Deze modellen worden ‘genest’ in een Global Circulation Model (GCM), en elke GCM produceert een andere projectie voor het toekomstig klimaat. Dit verschil komt voort uit bijvoorbeeld verschillen in parameterisaties voor processen die niet expliciet gemodelleerd worden. Het is dan ook belangrijk om een set van verschillende GCMs te gebruiken in een studie naar het toekomstig klimaat. Door de beperkte beschikbaarheid van gegevens is slechts één model gebruikt om een beeld van het toekomstig te krijgen. Met het leunen op slechts één GCM/RCM combinatie wordt de onzekerheid in de modelprojecties sterk onderschat.

De andere onzekerheid betreft de berekening van de potentiële evapotranspiratie (PET). In deze studie is de Thornthwaite methode gebruikt (Thornthwaite, 1948) die alleen op temperatuur en op de breedtegraad is gebaseerd. Een meer fysisch realistische manier om PET te berekenen is gebaseerd op straling, waarbij sommige parameterisaties ook windsterkte en relatieve vochtigheid meenemen (Gao et al., 2006). Het gebruik van de Thornthwaite methode maakt de scPDSI gevoelig voor temperatuurvariaties en -trends omdat dit de enige klimaat-gerelateerde variabele is die in deze parameterisatie wordt gebruikt. Dit kan tot een overschatting van de invloed van temperatuur op het voorkomen van toekomstige droogtes leiden (Trenberth et al., 2014).

Met bovenstaande slagen om de arm concluderen we dat als we alleen naar neerslag kijken, de 2015 El Niño minder droog was dan eerdere extreme El Niño's, maar dat de droogte (in termen van uitgestrektheid en gekwantificeerd door de scPDSI) vergelijkbaar was met de droogtes tijdens de El Niño's van 1982 en 1997. In de toekomst, gebaseerd op de beschikbare CORDEX simulaties, zien we dat in de nabije toekomst en in een gemiddeld jaar, het landoppervlak dat te maken zal krijgen met droogte zo'n 15% zal toenemen onder de RCP4.5 en RCP8.5 scenario's, vergeleken met de historische periode. In de verre toekomst neemt dit percentage toe tot 50%. Hoewel de berekening van de index, met name wat betreft de (over)gevoeligheid voor temperatuur, te verbeteren is, geven deze resultaten aan dat de meest extreme droogte van de afgelopen 30 jaar een ‘normale’ droogte zal zijn in de verre toekomst en vooral dat vrijwel de gehele regio met droogte te maken zal krijgen.

Frequentie	Nabije toekomst		Verre toekomst	
	RCP4.5	RCP8.5	RCP4.5	RCP8.5
	13	11	23	30

Tabel 2. Het aantal jaren in de 30-jarige periode in de nabije en verre toekomst, onder de RCP4.5 en RCP8.5 scenario's, die even droog zijn als het droogste jaar in de historische periode. Tellingen zijn gebaseerd op het gebiedspercentage dat te maken heeft met matige droogte (of erger) voor de september-oktober-november periode.



Figuur 4. Gebiedspercentages voor Zuidoost-Azië onderverdeeld in droogteklassen van de scPDSI. Deze figuur is gebaseerd op gemiddelden over de historische periode (Historical), de nabije toekomst (NF) en de verre toekomst (FF), beide voor RCP4.5 en RCP8.5.

Referenties

- Gudmundsson, L., Bremnes, J. B., Haugen, J. E., and Engen Skaugen (2012), T.: Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using statistical transformations - a comparison of methods, Hydrol. Earth Syst. Sci., 16, 3383-3390, doi:10.5194/hess-16-3383-2012.
- Harris, I. P. D. J., Jones, P. D., Osborn, T. J., & Lister, D. H. (2014). Updated high-resolution grids of monthly climatic observations: the CRU TS3. 10 Dataset. International Journal of Climatology, 34(3), 623-642.
- Jiménez-Muñoz, J. C., Mattar, C., Barichivich, J., Santamaría-Artigas, A., Takahashi, K., Malhi, Y., Sobrino, J. S & van der Schrier, G. (2016). Record-breaking warming and extreme drought in the Amazon rainforest during the course of El Niño 2015-2016. Scientific Reports, 6.
- Kirono, D. G., Tapper, N. J., & McBride, J. L. (1999). Documenting Indonesian rainfall in the 1997/1998 El Niño event. Physical Geography, 20(5), 422-435.
- Marjuki, van der Schrier, G., Klein Tank, AMG, van den Besselaar, EJM, Nuhayati, Swarinto, YS. (2016) Observed Trends and Variability in Climate Indices Relevant for Crop Yields in Southeast Asia. J. Climate, 29: 2651-2669 <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-14-00574.1>
- Ministry of Agriculture (2016). Buletin Pemantauan Ketahanan Pangan di Indonesia Fokus Utama: Dampak El Niño. Volume 2, Jan 2016. Accessed date : 2 February 2017. <http://documents.wfp.org/stellent/groups/public/documents/ena/wfp281159.pdf>
- Nasa (2015). NASA, NOAA Analyses Reveal Record-Shattering Global Warm Temperatures in 2015. Press Release. Jan. 20, 2016. RELEASE 16-008. Accessed date 1 February 2017. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-analyses-reveal-record-shattering-global-warm-temperatures-in-2015>
- Palmer, W. C., 1965: Meteorological drought. Office of Climatology Research Paper 45, Weather Bureau, Washington, D.C., 58 pp.
- Thornthwaite, C. W., 1948: An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev., 38, 55-94.
- Trenberth, K. E. (2011). Changes in precipitation with climate change. Climate Research, 47(1-2), 123-138.
- Trenberth, K. E., Dai, A. van der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R. and Sheffield, J. (2014) Global warming and changes in drought. Nature Climate Change 4, doi:10.1038/NCLIMATE2067
- Van den Besselaar, E. J. M., Van der Schrier, G., Cornes, R., Aris Suwondo, I., & Klein Tank, A. M. G. (2016). SA-OBS: a daily gridded surface temperature and precipitation dataset for Southeast Asia. J. Climate 30(14):5151-5165, doi:10.1175/JCLI-D-16-0575.1..
- Van der Schrier, G., K. R. Briffa, P. D. Jones, and T. J. Osborn (2006), Summer moisture variability across Europe, J. Climate, 19, 2828-2834.
- Wells, Nathan, Steve Goddard, and Michael J. Hayes (2004). A self-calibrating Palmer drought severity index. Journal of Climate 17.12 (2004): 2335-2351.
- Wilcke, R. A. I., Mendlik, T., & Gobiet, A. (2013). Multi-variable error correction of regional climate models. Climatic Change, 120(4), 871-887.
- Wilks, D. (2011). Statistical Methods in the Atmospheric Sciences, 3rd Edition. Academic Press
- Yang, H. (2015). Dynamic downscaling of climate change over the maritime continent. Accessed date 1 February 2017. http://adss.apcc21.org/DataSet/Cordex/CORDEX-SEA_25km.pdf

WEERSTATION ONLINE

MetStream™

Gill introduceert de MetStream™. De volgende stap in het zichtbaar maken van meetgegevens. Via een browserinterface kunt u actuele – live – meetgegevens weergeven op uw pc, tablet of smartphone (via internet of draadloos) en opslaan op server of pc. Ontwikkeld voor de meteorologische instrumenten van Gill, maar geschikt voor alle sensoren met digitale en analoge uitgangen.

Vanaf het dashboard kunt u individuele instrumenten configureren en weergeven zoals u wilt. Gill sensoren zijn zelfs via de "pick and click" methode het dashboard te synchroniseren.



ingenieursbureau wittich & visser bv
scientific and meteorological instruments



Handelskade 76
2288 BG Rijswijk

Tel. 070 3070706
Fax 070 3070938

www.wittich.nl
info@wittich.nl

Op 28 juni jongstleden meldde een privé-weerbedrijf dat juni 2017 in De Bilt op 17.9 °C zou uitkomen, een tiende minder dan het record van juni 1976 (18.0 °C). De dag erna (29 juni) meldde het KNMI roekeloos dat juni 2017 op 18.1 °C uit zou komen, wél een nieuw record, “de warmste sedert 1901”, een uitdrukking die daar constant uit de pen rolt. Deze twee instellingen mochten het verschil delen: juni 2017 kwam tartend uit op afgerond 18.0 °C, gelijk aan 1976.

1976? In 1976 werkte ik jeugdig en onnozel op het KNMI. Het was een warme zomer die laat begon (derde decade van juni) en erg lang duurde, niet alleen de maand juni zoals dit jaar. Onze kantoren warmden steeds meer op. Af en toe vluchtte ik naar een weinig gebruikt stukje van de weerkamer waar men, heel modern, airconditioning had; daar zat ik een uurtje af te koelen. Wij vierden in 1976 geen feest over een record, wel warm met 18.0 °C maar geen record. Die eer bleef, dachten wij, aan juni 1917 met 18.3 °C. U leest dit goed, 1917, en ook 1917 is ná 1901.

Soms als ik getallen op de KNMI-website bekijk staat er dat een en ander ‘gevalideerd’ is. Dat woord gebruikten wij vroeger niet, maar ik begrijp dat men, zeer terecht, metingen driedubbel controleert voor ze als deugdelijk en onvergouden voor de eeuwigheid te boek mogen worden gesteld. Na validatie met het KNMI kwaliteitsmerk hoeven we gelukkig niet meer te twijfelen aan zo’n getal. Zo was het, en niet anders. Gelukkig zijn er een paar dingen in dit aardse bestaan die zeker zijn. De feiten.

Ook in 1917 werden metingen op het KNMI gecontroleerd. Ik stel mij voor hoe gewetensvol die allang overleden ambtenaren destijds waren. Het was in dit milieu dat Bleeker in zijn instructies voor waarnemers zou schrijven: “Men leze eerst de tienden, daarna pas de hele graden”. Na het vereiste beraad en driedubbele controle werd voor juni 1917 een maandgemiddelde van 18.3 °C genoteerd. Feest vierde men niet want in de tot De Bilt herleide reeksen uit de 19de eeuw was het al eens warmer geweest, zoals 18.8 °C in 1858 en in 1889.

In het voorjaar van 2016 schreef ik zowel in de column als in een artikel met Cor Schuurmans (Meteorologica, 2016, nr. 1, pagina’s 8 en 26) over de uitzonderlijkheid van zo’n oud record uit 1917. In een warmer wordend klimaat worden records aan de warme kant voortdurend verbeterd, nogal logisch. Juni blijft achter in dit beeld, een record uit 1917? Wat is er aan de hand? Ik moet de goden hebben getart.

Negenennegentig jaar lang is de waarde voor juni 1917, 18.3 °C, onveranderd in de boeken gebleven. Tot eind juni 2016, bijna een eeuw later. Toen werden, voor mij geheel onverwacht, de maandgemiddelden in De Bilt voor de jaren 1901-1951 aangepast in het kader van een weersafhankelijke “homogenisering” van dagelijkse temperaturen op de vijf KNMI-hoofdstations. De aangepaste dagelijkse waarden stroomden als het ware door naar de maandgemiddelden. Juni 1917 werd afgekoeld tot 17.7 °C, een klimaatverandering van maar liefst 0.6 graden. Ik duizel er nog van. Door deze actie bleek juni 1976 met terugwerkende kracht het vigerende record “sedert 1901” te zijn geweest. Ik was erbij, in 1976, maar had niets in de gaten.

Ik kan moeilijk zeggen dat ik tegen het aanpassen van meetreeksen ben. Dat gebeurt heel veel en vaak om goeie

redenen. Ik zit er met m’n neus bovenop in het kader van heranalyses, maar dat is dan wel in een fysisch kader, een gisveld en waarnemingen, beide met een veronderstelde fout, enzovoorts. De pdf-matching methode van Brandsma is als zodanig wel goed, en ik begrijp de noodzaak om oude metingen vanwege zorgen om het klimaat te kunnen vergelijken met latere metingen (bijvoorbeeld andere apparatuur/opstelling). Ik vrees dat ik, niet langer jeugdig en onnozel, binnenkort de waarnemers uit 1917 zal zien. Ik zal hen dan uitleggen dat er niets mis is met hun waarneming.

In 2011 stond er een goed artikel in Meteorologica over het ontwerp van de Centraal-Nederland-Temperatuurreeks (CNT), 1906-heden voor maandgemiddelden. De motivering was deels hetzelfde: onbehagen over de De Bilt reeks. Hiertoe werden een aantal (4 of 6) stations gecombineerd, maar voor dat kon moesten ze eerst geschoond worden. Dat gebeurde met een referentiereeks bepaald met de EOF-methode die door middel van ruimtelijke patronen naar diverse stations tegelijkertijd keek. Dat leek mij ook wel een goeie methode, ik ben goed van vertrouwen, misschien wat naïef. Ik verwachtte na het lezen van het artikel in 2011 écht dat het KNMI z’n maandgemiddelde temperaturen voor de Bilt die op de website staan zou aanpassen. Maar er gebeurde helemaal niets. Nu ineens wel. Beide methoden, die weinig met elkaar te maken hebben, hebben hun merites en zwakke punten.

Men kan zich afvragen waarom de homogenisering nu ineens plaatsvindt. Je moet zoiets alleen doen als de methode van aanpassing vrijwel zeker de beste is die we kunnen bedenken en niet volgend jaar al vervangen wordt door een nieuwe iteratie in een nooit eindigend proces van ‘validatie’. De weersafhankelijke correctie van Brandsma is uitsluitend op de temperatuur gebaseerd, maar hij belooft ons een stoet herzieningen als ook wind, bewolking en dergelijke in de berekening worden betrokken. Wie weet wordt juni 1917 dan weer recordhouder. Wat blijkt namelijk: na enig doorvragen heb ik de in het CNT kader geschoonde De Bilt reeks bekeken. Het doet natuurlijk in het geheel niet ter zake, maar tot mijn onuitsprekelijk genoegen is in die reeks juni 1917 nog wél lijstaanvoerder met 18.2 °C. De ene homogenisatie is de andere niet.

Je moet ook de consequenties overzien. Bij homogenisering moet men zowel vooruit als achteruit kijken. Wat doen we bijvoorbeeld met negentiende-eeuwse metingen? Duurt de kleine ijstijd ineens een eeuw langer? De reeks van De Bilt is wereldwijd bekend om z’n eeuwenlange lengte en De Bilt sec (1897-) werd in 2017 door de WMO als een der eerste stations op aarde “geaccrediteerd”; wat zijn de consequenties voor dit werelderfgoed als het stukje tussen 1901 en 1951 wordt aangepast? Ja, en je kunt Tn, Tx en T-daggemiddeld aanpassen, maar wat moet een gebruiker die uurlijkse waarnemingen wil toepassen? Die hangen nu alle 24 in het luchtledige.

Transparantie is hier van het grootste belang zodat de toekomstige gebruiker (inclusief onderzoekers) het onderscheid blijft zien tussen oorspronkelijke metingen (hoe behept ze ook mogen zijn) en de n-de feilbare aanpassing. Wij zijn maar tijdelijk rentmeester en wie weet wat er in 2050 of 2100 allemaal moet worden aangepast (naar de mening van goedgebekte ongeborenen) in alles wat eerder allemaal gemeten is.

NVBM spring symposium 2018
-with general assembly-



Discussion
***Old Observation Series
in Modern Times***

12.30 Welcome with coffee and tea

12.45 General Assembly

Symposium

14.00 Theo Brandsma (KNMI)

Homogenization of Dutch temperature series

14.20 Elke Rustemeier (Deutscher Wetterdienst)

*Automatic homogenization of monthly precipitation series at the
GPCC*

14.55 Break

15.15 Debate with propositions (moderator: John van Boxel, UvA)

Panel: Frans Dijkstra, Gerard van der Schrier (KNMI),

Paul Torfs (Wageningen University)

16.00 Drinks

Venue: KNMI, Utrechtseweg 237, De Bilt (please bring your ID card)

Date and time: Friday 6 April 2018, 12.30 h.

Members and students free admission, non-members 20 euro

Registration: www.nvbm.nl or bestuurnvbm@gmail.com

Code rood voor sneeuwval op 11 december 2017

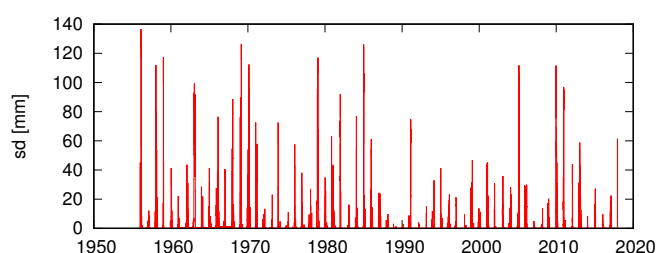
GEERT JAN VAN OLDENBORGH, HYLKE DE VRIES (KNMI)

Op zondag 10 december viel er al sneeuw en viel een behoorlijk deel van het treinverkeer uit. Het KNMI gaf voor die sneeuwval en de verwachte sneeuwval code oranje uit: voor maandag 11 december lag een tweede substantieel sneeuwfront in de verwachting. Die dag werd de waarschuwing om 12:44 uur opgeschaald naar code rood. Code rood wordt alleen gegeven als er naast extreme meteorologische condities ook een grote impact daarvan op de maatschappij wordt verwacht. Dit was het geval: het verkeer stond in een groot gedeelte van de randstad stil doordat vrachtwagens opritten niet opkwamen of tunnels niet konden verlaten. Ook de spoorwegen en vliegvelden hadden grote problemen. De meteorologie van deze gebeurtenis is de volgende dag op de KNMI-website besproken. In dit artikel proberen we de kans op zo veel sneeuw in een veranderend klimaat te bepalen.

Definitie

De eerste stap is de 'event definition': welke meteorologische variabele beschrijft enerzijds de gevolgen het best en is anderzijds goed gemeten en eventueel zelfs gemodelleerd? De onvolprezen vrijwilligers die de ruim 300 neerslagstations uitlezen, meten tevens de sneeuwdikte (ook wel aangeduid als sneeuwhoogte of sneeuwdek) om 08 UTC, dus 9 uur 's ochtends lokale tijd. Deze reeksen beginnen in 1956. Voor 2003 gebeurde dat in tien sneeuwdikte-classes, en daarna in centimeters. Voor een analyse van trends hebben we de gegevens vanaf 2003 ook in de eerdergenoemde klassen omgezet, zodat ze vergelijkbaar zijn met het eerste deel van de reeksen. Alle gegevens zijn uiteraard op de KNMI Climate Explorer te analyseren en te downloaden.

We nemen aan dat de overlast redelijk goed met de hoeveelheid sneeuw op de grond samenhangt, dus met het sneeuwdek of de sneeuwdikte. De sneeuwval-intensiteit zou misschien nog beter zijn, maar daarvan zijn veel minder goede metingen. Een mogelijke maat daarvoor zou de toename van



Figuur 2. Landelijk gemiddelde dagelijkse sneeuwdekwaarnemingen 1956–2017 (Bron: KNMI/Climate Explorer).

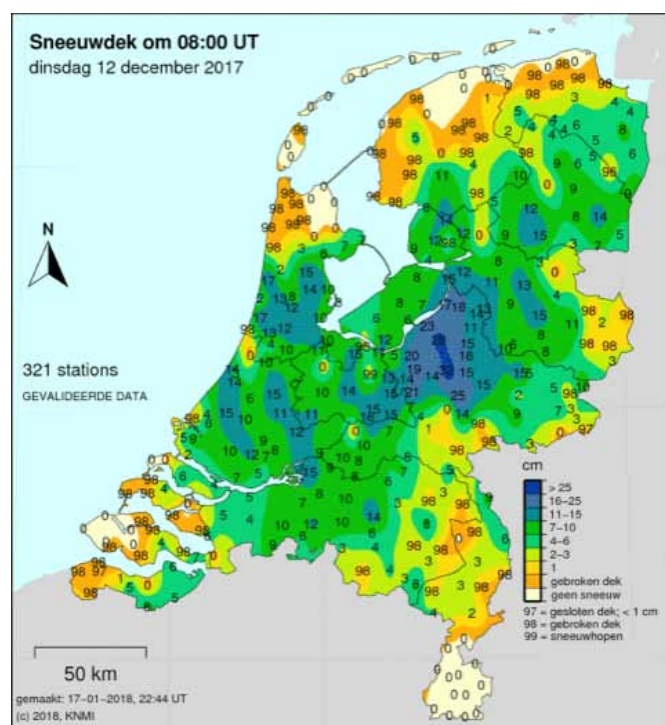
sneeuwdikte kunnen zijn, dus het verschil in sneeuwdikte tussen twee opeenvolgende dagen. Helaas wordt dit te veel door andere factoren zoals het tussentijds afsmelten beïnvloed om een goede benadering van de sneeuwval te geven. Deze tussentijdse afsmelt wordt bovendien steeds belangrijker in een opwarmend klimaat. We houden ons dus bij de dikte van het sneeuwdek als meteorologische variabele, met daarbij de kanttekening dat die niet altijd zijn oorsprong vindt in een enkele gebeurtenis. We kijken ook naar de dag-op-dag trend, die wel een enkele gebeurtenis beschrijft maar ook afsmelt bevat.

Vervolgens moeten we iets aannemen met betrekking tot de ruimtelijke aspecten van sneeuwdikte. We hebben er voor gekozen om simpelweg over alle stations te middelen. Dat geeft meteen aan hoe groot het gebied met sneeuw was, en dus hoe uitgebreid de overlast waarschijnlijk was. Dit getal is bovendien minder gevoelig voor regionale verschillen vergeleken met bijvoorbeeld een gemiddelde over een kleiner, variabel gebied. Ten slotte is dit gemiddelde zelfs voor metingen in een beperkt aantal discrete klassen een continue variabele waarmee goed te rekenen valt.

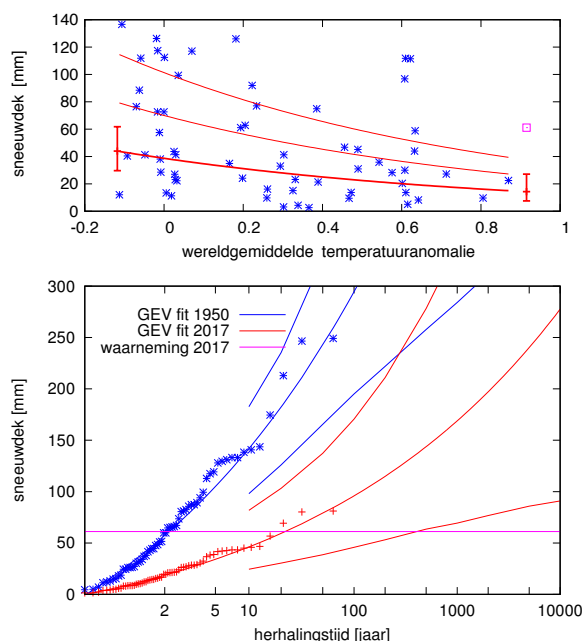
We gebruiken hier het jaarmaximum van de gemiddelde sneeuwdikte van juli tot juni; dit heeft als groot voordeel dat we hierop simpele extremenstatistiek kunnen toepassen. Hiermee krijgen we dus 62 jaarwaarden tot en met de winter van 2017-18.

De situatie op 11 december 2017

De metingen van 12 december 9 uur 's ochtends geven aan hoeveel sneeuw er op 11 december en de dagen daarvoor is gevallen (Figuur 1). Deze lopen uiteen van geen sneeuw in Zuid-Limburg, Noord (West) Friesland en de Waddeneilanden tot meer dan 25 centimeter plaatselijk op de Veluwe. We zetten



Figuur 1. Sneeuwdekmetingen op 12 december, 9 uur 's ochtends.



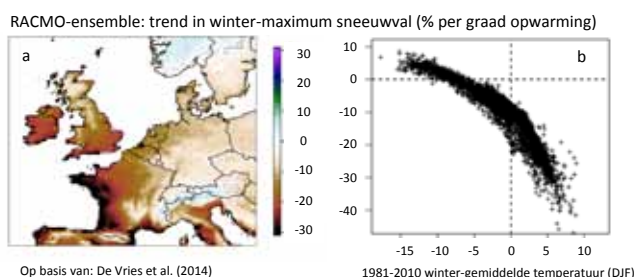
Figuur 3. GEV fit van het jaarmaximum van de landgemiddelde sneeuwdikte die schaalt met de wereldgemiddelde temperatuur (boven). De dikke lijn is de positieparameter μ , de dunne lijnen geven $\mu + \sigma$ en $\mu + 2\sigma$ aan. Herhalings tijden en 95% onzekerheidsmarges in het huidige klimaat (rood) en het klimaat van 1950 (blauw) (onder).

de codes 997 “gebroken sneeuwdikte < 1 cm” en “998 gebroken sneeuwdikte ≥ 1 cm” redelijk arbitrair op 3 en 9 mm, en 999 “sneeuwlopen” op undefined omdat we geen flauw idee hebben hoeveel dat gemiddeld bedraagt. Dit geeft op 12 december een landelijk gemiddelde sneeuwdikte van 8.8 cm. Als we eerst converteren naar de klassen van voor 2003 wordt dit iets minder, 6.1 cm. Deze laatste waarde houden we verder aan.

Zeldzaamheid

De reeks van de dagelijkse index is uitgezet in Figuur 2. De hoogste piek per winter is de reeks die we analyseren. De waarde van 2017 is relatief hoog voor het huidige, mildere, klimaat. Er waren slechts drie winters met dagen met meer sneeuw sinds het midden van de jaren 1980: 2004/2005, 2009/2010 en 2010/2011. Hetzelfde geldt voor de trend in het dag-op-dag verschil in de landelijk gemiddelde sneeuwdikte.

Hoe zeldzaam het sneeuwdikte van 2017 of meer is, hebben we berekend met een fit aan een GEV functie die schaalt met de (gladgestreken) wereldgemiddelde temperatuur. De schaling zorgt ervoor dat de waarden altijd boven nul blijven. Hieruit volgt dat de hoeveelheid sneeuw als die van december 2017 tegenwoordig minder dan eens in de zes jaar voorkomt



Figuur 4. (a) Trend in winter-maximale sneeuwval (% per graad lokale opwarming) verkregen met behulp van een ensemble van klimaatsimulaties met RACMO. (b) Trend in maximale sneeuwval per graad opwarming, uitgezet tegen gemiddelde wintertemperatuur in het huidige klimaat. Voor details zie De Vries et al. (2014).

(95% eenzijdig interval), met een beste fit van om en nabij de twintig jaar. Dit is bepaald zonder het jaar 2017 in de fit mee te nemen; neem je dit jaar wel mee dan wordt de ondergrens vijf jaar. Een redelijk zeldzame maar niet echt uitzonderlijke gebeurtenis dus. Voor de dag-op-dag trend in sneeuwdikte vinden we hetzelfde.

Trend

Deze hoge waarde volgt uit de dalende trend van de hoeveelheid sneeuw, die op het oog in Figuur 2 ook al enigszins zichtbaar is. De kans op zoveel sneeuw als we in december 2017 hadden was rond 1950 nog eens in de twee jaar (1.6 tot 4 jaar), zo’n 10 keer groter dan nu (Figuur 3). Dit getal, de zogenaamde Risk Ratio, heeft echter een grote onzekerheid door de relatief korte reeks en grote variatie van jaar tot jaar. De 95% eenzijdige onzekerheidsmarge begint bij een factor twee afname. We kunnen er dus vrij zeker van zijn dat de kans op een maximale sneeuwdikte zoals we die in 2017/18 hebben meegemaakt met meer dan een factor twee is afgenomen, maar waarschijnlijk is het nog veel meer. Dit komt overeen met een afname van de hoeveelheid sneeuw met een factor drie sinds 1950 (95% zeker meer dan 25% afname). Voor de afname van de maximale toename in sneeuwdikte van dag tot dag geldt vrijwel hetzelfde maar met een grotere onzekerheid.

Modellen

Klimaatmodellen laten zien dat sneeuwval in onze regio naar mate het klimaat verder opwarmt nog verder zal afnemen. Figuur 4a toont de regionale trend in maximale sneeuwval (geschaald per graad lokale opwarming), verkregen met behulp van een ensemble van klimaatsimulaties met het regionale klimaatmodel RACMO voor de periode 1961-2100. In het grootste deel van Europa is de trend (sterk) negatief, zeker in laaggelegen gebieden en nabij zee. Maar er zijn ook uitzonderingsgebieden, namelijk daar waar het koud genoeg blijft (de hoge Alpen, delen van Scandinavië). Daar neemt in de simulaties de maximale sneeuwval zelfs toe. Als we alle punten op een hoop gooien (Figuur 4b) zien we dit verband duidelijk terug. In Nederland, met een wintergemiddelde temperatuur van 2 à 3 °C in 1981–2010, simuleert het model een afname van de sneeuwval van ongeveer 20% per graad lokale opwarming, wat ongeveer de opwarming is vanaf 1950. Dit is niet simpel om te rekenen naar een afname van de sneeuwdikte omdat de sneeuw ook sneller smelt. De factor drie afname in maximale sneeuwdikte uit de waarnemingen lijkt dus consistent met deze modelresultaten.

Conclusies

Het gemiddelde sneeuwdikte van 11 december was een tamelijk zeldzame gebeurtenis in het huidige klimaat, waarvoor tezamen met de verwachte grote impact op de maatschappij de sterkst mogelijke waarschuwing (“code rood”) is afgegeven. De kans op zo veel sneeuw is sinds het midden van de vorige eeuw met meer dan een factor twee afgenomen vanwege de opwarming van de aarde, dit komt doordat sneeuw in Nederland door temperatuur gelimiteerd wordt en niet door vochtgebrek. Dit komt overeen met een afname in sneeuwdikte met een factor grofweg drie (minimaal 25% afname). De maximale dag-op-dag toename van sneeuwdikte laat eenzelfde afname zien. Dit wordt ook door klimaatmodellen gesimuleerd.

Referenties

KNMI Handboek Waarnemingen; hoofdstuk 6. Neerslag; versie maart 2001.
de Vries, H., G. Lenderink, and E. van Meijgaard (2014). Future snowfall in western and central Europe projected with a high-resolution regional climate model ensemble, *Geophys. Res. Lett.*, 41, 4294–4299, doi:10.1002/2014GL059724.

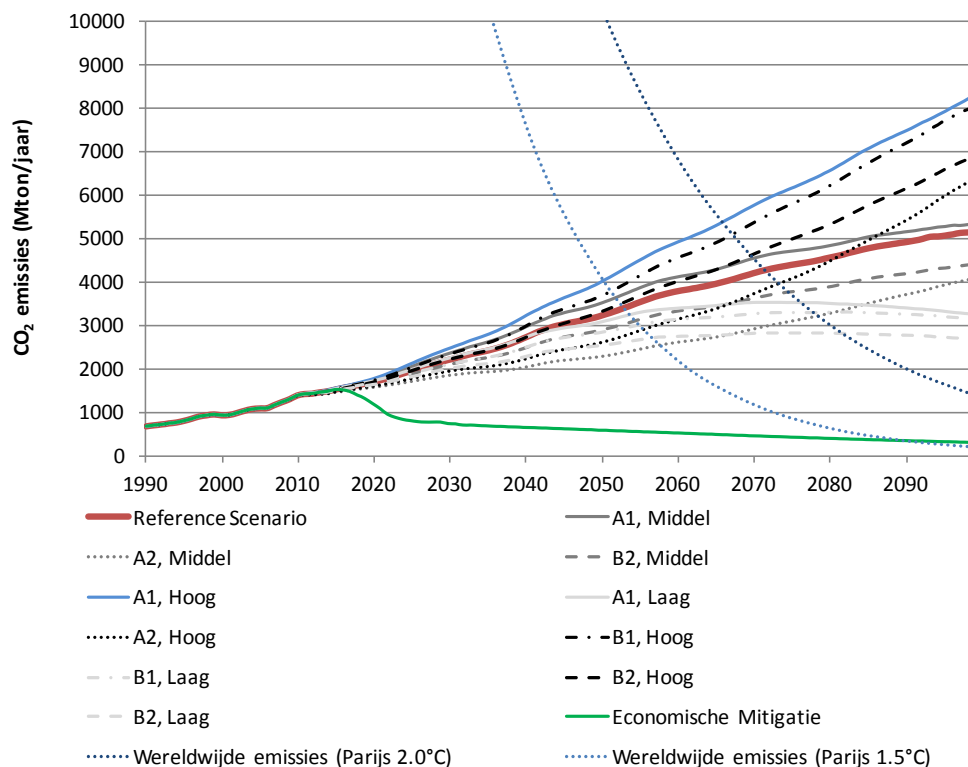
Samenvatting van het proefschrift: Tourism's impact on climate change and its mitigation challenges. How can tourism become 'climatically sustainable'?

PAUL PEETERS (NHTV INTERNATIONAAL HOGER ONDERWIJS BRED, TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT, WAGENINGEN UNIVERSITY & RESEARCH)

De centrale vraag is in hoeverre toerisme bijdraagt aan de opwarming van de aarde, en hoe we de effecten van toerisme op het klimaat zoveel mogelijk kunnen beperken. Figuur 1 laat de voortdurende groei van CO₂-emissies zien, en ook het Economische Mitigatie scenario waarbij de ontwikkeling van het wereldwijde toerisme binnen de in Parijs in 2015 afgesproken maximale temperatuurstijging van 2 °C valt. Een toerist is gedefinieerd als iedereen die minstens één nacht elders verblijft. Het gaat dus niet alleen om 'echte' vakantiegangers, maar ook om zakenreizigers en mensen die bij familie of kennissen verblijven. Uit het onderzoek blijkt dat de CO₂-emissies als gevolg van toenemend toerisme tussen 2067 en 2083 boven de in Parijs afgesproken CO₂-emissies voor alle sectoren tezamen zullen uitkomen. Het precieze jaartal hangt af van hoe de wereldeconomie en de wereldbevolking zich zullen ontwikkelen. Volgens het referentiescenario, een middle-of-the-road scenario, zal in het jaar 2100 de wereldbevolking negen keer zo veel kilometers afleggen als in 2015. Mede hierdoor verdubbelt de gemiddelde per reis afgelegde afstand. Ook het aandeel van de luchtvaart in de CO₂-emissies van toerisme groeit, van 50% in 2005 naar 76% in 2100. De

totale CO₂-emissies nemen hierdoor met ruim een factor vier toe, ondanks de verwachte forse verbeteringen in energie efficiency bij accommodaties en vervoer.

De ICAO (International Civil Aviation Organisation) is door de Verenigde Naties verantwoordelijk gemaakt voor het verminderen van de emissies door internationale luchtvaart. De in 2016 door de ICAO aangekondigde maatregelen lijken echter nauwelijks effect te hebben, zo blijkt uit berekeningen met het voor deze studie ontwikkelde *Global Tourism & Transport Model* (GTTM). Deze berekeningen laten verder zien dat zelfs combinaties van sterke maatregelen als een 200% ticket-taks, \$1000/ton CO₂ koolstofbelasting, maximale inzet op technologie, tot 90% subsidie op duurzame biobrandstoffen en \$200 miljard investeringen per jaar in hogesnelheidsspoorlijnen, niet zullen leiden tot een economisch en klimatologisch duurzame ontwikkeling van het toerisme. Dat lukt alleen wanneer volumemaatregelen worden toegepast die de luchtvaart onder het huidige niveau houden. Dit komt doordat de CO₂-emissies van luchtvaart nauwelijks afnemen met bestaande of denkbare technologie, zoals dat wel kan gebeuren met de emissies van accommodaties en die van het vervoer per trein en auto.



Figuur 1. Mogelijke ontwikkelingen van de wereldwijde CO₂-emissies voor het toerisme en de in Parijs afgesproken of nagestreefde emissies. De blauwe lijn geeft een hoge bevolkings- en economische groei scenario. De zwarte en grijze lijnen tonen allerlei combinaties van economie (A1, B1, A2 en B2) en demografie (laag, middel, hoog). Het Economische Mitigatie scenario laat zien hoe het toerisme binnen de Parijse doelstelling past.

Door deze volumemaatregel te combineren met slim gekozen andere maatregelen is het Economische Mitigatie scenario ontwikkeld. In dit scenario is de groei van de toerisme-economie gelijk aan die van het referentiescenario, neemt het aantal reizen nog even sterk toe en is een groei met een factor drie van het toeristisch vervoer nog altijd mogelijk, waardoor de vrijheid van reizen gewaarborgd blijft. De belangrijkste aanbeveling voor beleidsmakers is om beleid te formuleren waarmee de groei van de luchtvaart kan worden beperkt.

Literatuur

Volledig proefschrift:
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:615ac06e-d389-4c6c-810e-7a4ab5818e8d/datastream/OBJ/download>

Bijlage modelbeschrijving:
<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uid:615ac06e-d389-4c6c-810e-7a4ab5818e8d/datastream/OBJ/download>

Gebruikt model:
<https://www.csstt.nl/userdata/documents/Peeters-PhD2017-GTTMdyn-model-software-data.zip>

BBC Weather schakelt over op MeteoGroup

WARD VAN BEEK (METEOGROUP)

Het weerbericht van de BBC heeft voortaan een Nederlands tintje. De publieke omroep van het Verenigd Koninkrijk is vanaf 6 februari namelijk helemaal overgeschakeld op de weersverwachtingen van MeteoGroup. De eerste live TV-uitzending op basis van weerdata van MeteoGroup was het laatste onderdeel van een gefaseerde digitale uitrol op alle platforms (Figuur 1). De overstap van BBC Weather naar MeteoGroup was groot nieuws in de UK, aangezien het bedrijf al vanaf 1922 klant was van het Britse MetOffice.

MeteoGroup voorziet de BBC nu van gedetailleerde verwachtingen en geavanceerde grafische oplossingen voor de diverse weerservices en -bulletins op alle BBC-platforms – TV, radio, internet en mobiel. Wereldwijd gaat het dagelijks om ruim 400 weerbulletins. De afgelopen weken heeft MeteoGroup geleidelijk diverse nieuwe updates voor de weerservice van de BBC geïntroduceerd. Zo konden miljoenen gebruikers van de BBC Weather-website en applicaties op iOS, Android en Kindle de verbeteringen geleidelijk tot zich nemen voordat deze in de lunchuitzending werden gepresenteerd.

De nieuwe service van MeteoGroup biedt de BBC meer en nauwkeurigere verwachtingen. Tegelijkertijd is de gehele technische architectuur achter de online weerdiensten gereviseerd door over te schakelen op cloud-technologie, hetgeen ook de manier verbetert waarop het weer op alle platforms wordt weergegeven. De verbeteringen aan BBC Weather online en via de BBC Weather App omvatten onder meer:

1. Geavanceerde visualisatietechnologie: naast nieuwe bewegende grafische animaties voegt de nieuwe weerservice nieuwe gegevens toe, zoals 'kans op regen' en 'gevoelstemperatuur', om kijkers te helpen bij het plannen van hun activiteiten.
2. Meer locaties: duizenden nieuwe locaties zijn toegevoegd aan de database, waaronder veel internationale locaties, om

ervoor te zorgen dat kijkers het weer kunnen opzoeken van de plaats waar ze zijn en waar ze heen willen gaan.

3. Nieuwe interactieve kaart: op de website is een nieuwe weerkaart te zien voor duizenden locaties, die door in- en uitzoomen de kijker helpt om ook een meer globaal weeroverzicht te hebben.

“We weten hoe belangrijk het weer is voor al onze doelgroepen, zowel in het Verenigd Koninkrijk als wereldwijd. Daarom ben ik erg blij met de vernieuwde look, de nieuwe gegevens en de extra functionaliteit,” zegt Liz Howell, BBC Head of Weather. “Het verhaal eindigt niet op deze introductiedag. We hebben nog zoveel plannen voor verdere innovatie op alle platforms en hopen daarmee BBC Weather nog vele jaren aan de top te houden.”

MeteoGroup Broadcast levert de BBC zijn geavanceerde WeatherSuite-product. WeatherSuite is de weeroplossing voor 's werelds belangrijkste mediabedrijven die kijkers de hoogste nauwkeurigheid, visualisatiekwaliteit en consistentie willen bieden op tv, online en mobiele platforms. WeatherSuite biedt klanten een volledige reeks tools waarmee presentatoren een boeiend verhaal kunnen vertellen en producenten een efficiënte, kosteneffectieve en betrouwbare productie kunnen leveren.



Figuur 1. Het BBC weerbericht met gegevens van MeteoGroup.

Het Arctische gebied – een donkere toekomst?

RICHARD BINTANJA (RIJKSUNIVERSITEIT GRONINGEN, KNMI)

Samenvatting van de oratie van prof. dr. Richard Bintanja (Figuur 1), gehouden op 6 februari 2018, 16h15 uur, Rijksuniversiteit Groningen, ter aanvaarding van de leerstoel 'Climate and Environmental Change' aan de Faculty of Science and Engineering.

We gaan terug naar het jaar 1777, iets meer dan 240 jaar geleden. Commandeur Hidde Dirks Kat, geboren te Hollum, Ameland, vaart met zijn brik de Juvfrouw Klara naar het noorden, op jacht naar walvissen. Hij zeilt eerst naar IJsland, en vervolgens richting Noordoost-Groenland. Daar slaat het noodlot toe. Zijn schip wordt ingesloten door zee-ijs, en niet lang daarna door schuivende ijsplaten vermorzeld. Een deel van de bemanning verdrinkt, en de overlevenden drijven bibberend op een ijsschots naar het zuiden. Commandeur Kat en een aantal van zijn mannen worden uiteindelijk gered, door zogenaamde 'Wilden'. Hidde Dirks Kat overleeft, en een jaar later is hij weer terug in Hollum; een ervaring rijker, maar ook een illusie armer.

In vroegere tijden beschouwde men het Arctische gebied als een bijzonder naargeestige plek. IJzige kou, 's winters aardedonker, onvoorspelbare sneeuwstormen, ijsbergen. Bovendien wemelde het er van de meest verschrikkelijke zeemonsters. Een onbekend en onheilspellend oord waar dood en verderf de norm is. Tegenwoordig weten we gelukkig veel meer van het Arctisch gebied dan de commandeurs van destijds. Het is niet de hel op aarde, integendeel, het is een fascinerend gebied, in allerlei opzichten, vol wetenschappelijke

geheimen. We hebben inmiddels de beschikking over satellieten, meetcampagnes, klimaatmodellen, schepen en wat dies meer zij, waarmee het beeld van het noordpoolgebied danig is omgegooid.

De Arctische Oceaan is namelijk een echte oceaan, tot wel 4 kilometer diep. Het is eigenlijk een vergeten oceaan, want grotendeels bedekt met een metersdikke laag zee-ijs, die vele unieke ecosystemen herbergt, en verbergt. Deze polaire oceaan wordt omzoomd door een aantal gebieden en landen, zoals Canada, Alaska, Groenland en Siberië, waar sneeuwvelden, uitgestrekte toendra's, gletsjers en kilometers dikke ijskappen elkaar afwisselen. In de winter daalt de temperatuur tot wel -50 °C of nog lager.

De Arctische oceaan wordt voor een belangrijk deel bedekt met zee-ijs, bevroren zeewater. Dit zee-ijs speelt een cruciale rol in het klimaatsysteem, want het kaatst een groot deel van het zonlicht terug en bovendien beperkt het de uitwisseling van warmte en vocht tussen oceaan en atmosfeer. De atmosfeer boven zee-ijs merkt daardoor weinig van de onderliggende oceaan, en kan zodoende sterk afkoelen. Een teruggang in zee-ijs leidt er dus toe dat de atmosfeer steeds vaker de milde oceaan, die een temperatuur heeft van rond de nul graden,



Figuur 1. Prof. dr. Richard Bintanja in de aula van de Rijksuniversiteit Groningen.

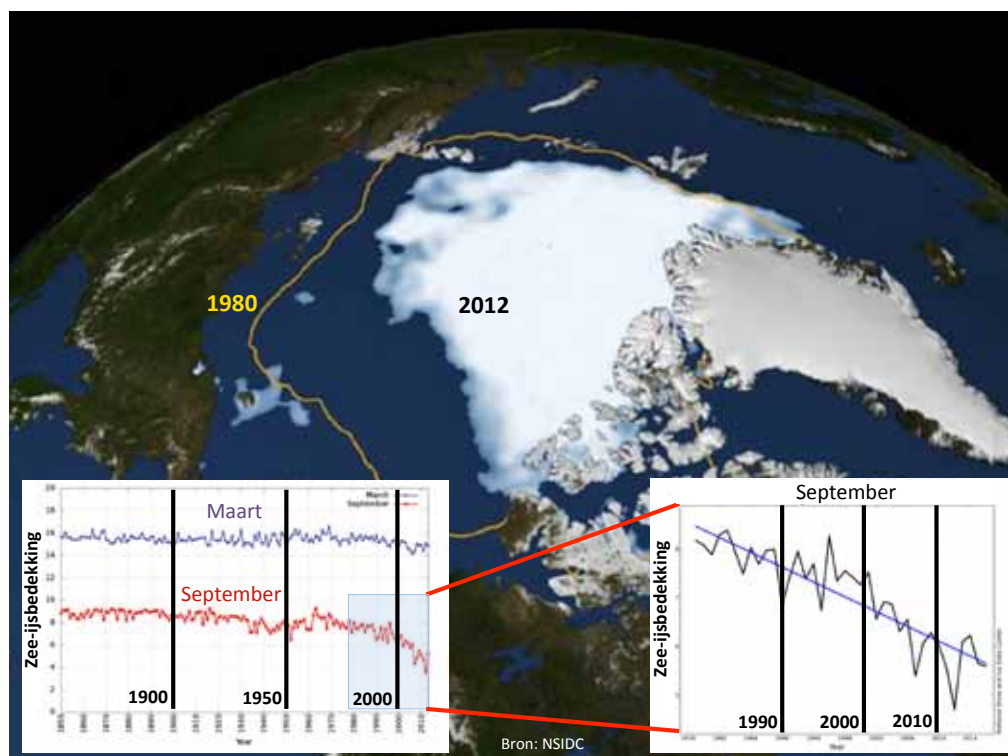
‘zal gaan voelen’, en deze zal daardoor sterk opwarmen.

Een ander belangrijk aspect van het Arctische klimaat betreft het enorme verschil tussen winter en zomer. Dit is meer dan twee keer zo groot als bijvoorbeeld in ons gematigde klimaat. De jaar tot jaar variaties in het noordpoolklimaat zijn navenant groot, evenals langjarige fluctuaties. Het Arctische klimaat, kortom, is enorm gevoelig, dat wil zeggen, het zwabbert op vrijwel alle tijdschalen heen en weer tussen extreem koude en veel mildere episodes. De extreme gevoeligheid van het Arctische klimaat is ook de reden waarom het noordpoolgebied zo hard opwarmt, namelijk wel twee tot drie keer zo snel als de wereldgemiddelde temperatuur. Arctische klimaatmechanismen liggen hieraan ten grondslag. Een sprekend voorbeeld hiervan is de ijs-albedo terugkoppeling. Ook de atmosferische dynamica past zich aan waardoor het poolwaartse warmte- en vochttransport verandert, wat van invloed is op de toenemende neerslag en de afsmelting van zee-ijs.

Arctisch zee-ijs smelt inderdaad razendsnel weg, en daarom wordt het gebied steeds donkerder. Satellieten hebben aangetoond dat de ijsbedekking sinds 1980 ‘s zomers met wel 40% is afgenomen (Figuur 2). Ook de dikte van het zee-ijs neemt razendsnel af, sterker nog, het volumeverlies gedurende de afgelopen tientallen jaren is vooral te wijten aan het dunner worden van het zee-ijs, waardoor het vatbaarder wordt voor golven en daardoor sneller afbrokkelt.

Wat doen klimaatveranderingen met de ecologie, met ecosystemen, kortom, met de flora en fauna van het Arctische gebied? Het antwoord is eigenlijk heel eenvoudig: ook die hebben het zwaar te verduren. Ecosystemen zijn fragiel, vaak afhankelijk van zee-ijs, en kwetsbaar voor immigranten uit lagere breedtegraden, voor klimaatvluchtelingen, in feite. Voor de Arctische flora en fauna geldt heden ten dage eigenlijk maar één wet: aanpassen, of wegwezen. De vraag is alleen... hoe, en vooral, waarheen? Ecologische veranderingen uit zich ook in veranderingen van de koolstofcyclus, bijvoorbeeld omdat vegetatie zich aanpast, of omdat het mariene leven door zee-ijsveranderingen ontregeld raakt. De Arctische koolstofcyclus wordt ook bepaald door uitwisseling van CO₂ tussen atmosfeer en oceaan, die vanwege het steeds verder terugtrekkende zee-ijs totaal zal veranderen en tot verdere verzuring van de oceaan zal leiden. Een ander aspect van de koolstofcyclus betreft het vrijkomen van CO₂ en methaan doordat permafrost vanwege de opwarming en de toenemende regenval razendsnel afsmelt.

Hoe staat het noordpoolgebied erbij, en wat betekent dit voor de toekomst? De huidige gang van zaken in het Arctische gebied belooft helaas weinig goeds. De opwarming gaat sneller dan ooit tevoren, en zee-ijs trekt zich meer en meer terug. Om de toekomstige klimaat- en andere veranderingen in het



Figuur 2. Het terugtrekken van zee-ijs in de Arctische Oceaan versnelt tijdens de afgelopen 30 jaar.

Arctische gebied zo nauwkeurig mogelijk te bepalen hebben we klimaatmodellen nodig. Met deze klimaatmodellen kunnen we het verleden klimaat nabootsen, en deze vergelijken met observaties. Als het model in staat is om met voldoende nauwkeurigheid de diverse aspecten van het voorbije klimaat te reproduceren dan kunnen we met vertrouwen de resultaten voor de toekomst analyseren.

Voor de toekomst hebben we een waaier van mogelijkheden: gaat de uitstoot van broeikasgassen gewoon door, of gaan we onze levenswijze aanpassen, wellicht geholpen door technologische ontwikkelingen? Klimaatmodellen rekenen op basis van de verwachte uitstoot van allerlei broeikasgassen en aerosolen de diverse toekomstscenario's door en leveren vervolgens gegevens over hoeveel de aarde zal opwarmen, hoeveel ijs er zal afsmelten, enzovoorts, voor elk scenario. Het sterkst opwarmende scenario, bijvoorbeeld, zal ertoe leiden dat het noordpoolgebied in het jaar 2100 10 tot 12 graden zal opwarmen, en 's winters zelfs het dubbele. Ook zal er in het noordpoolgebied meer neerslag en regen gaan vallen, voornamelijk vanwege de toenemende verdamping door terugtrekkend zee-ijs. Dit zal de afsmelting van ijs, sneeuw en ook permafrost nog verder versnellen, en daarmee de opwarming versterken.

Zijn Arctische klimaatverandering, of de gevolgen daarvan, onomkeerbaar? Dat hangt ervan af. Modelsimulaties waarin eerst het klimaat artificieel wordt opgewarmd en daarna weer evenveel wordt afgekoeld laten zien dat zee-ijs zich eerst terugtrekt, zoals verwacht, maar daarna weer aangroeit tot het huidige niveau. Landijs is daarentegen een heel ander verhaal. Ook in de ecologie zijn kantelpunten vrijwel onvermijdelijk. Als een polair organisme door de opwarming van de planeet afgeduwd wordt, simpelweg omdat zijn habitat verdwijnt, komt het nooit meer terug. Delen van het fragiele Arctische ecosysteem lopen dit risico.

De koolstofcyclus, de uitwisseling van onder andere CO₂ tussen atmosfeer, oceaan, land, en biosfeer, is voor een belangrijk deel gekoppeld aan veranderingen in ecosystemen.

De koolstofcyclus wordt door observaties in kaart gebracht, maar voor verwachtingen van toekomstige veranderingen in de koolstofcyclus, gekoppeld aan die in klimaat en ecologie, hebben we modellen nodig. Dit brengt mij tot het centrale thema van deze leerstoel, genaamd “Climate and Environmental Change” oftewel “Klimaat- en milieuveranderingen”.

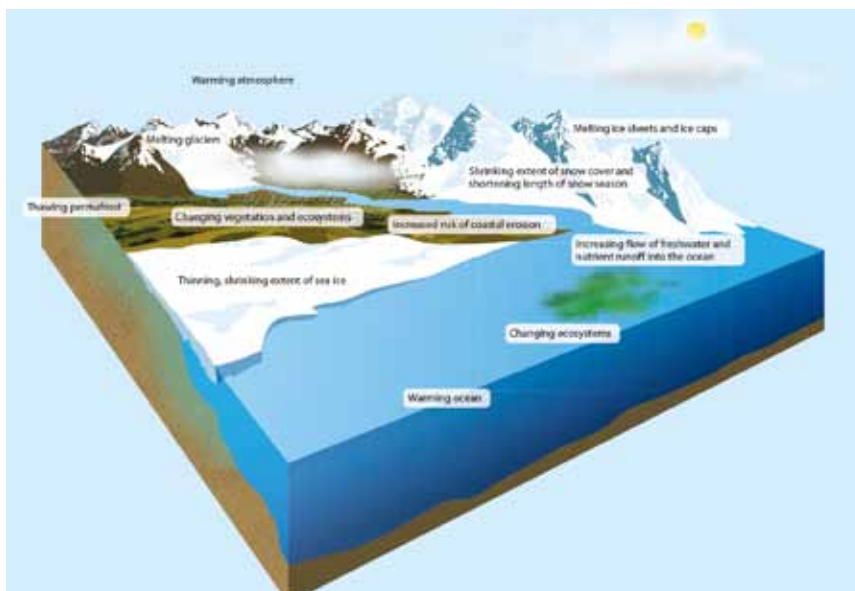
Klimaatmodellen, waar variabelen als temperatuur, wind, neerslag en dynamische processen een belangrijke rol spelen, kunnen worden uitgebreid met de koolstofcyclus. Dit betekent dat de CO₂-concentratie niet langer hoeft te worden voorgeschreven, maar een prognostische modelvariabele wordt. Processen als atmosferisch transport, interactie met de vegetatie en uitwisseling met de oceanen bepalen in dat geval, naast de antropogene emissies, de concentratie van CO₂ in de atmosfeer, en dus het versterkte broeikas-effect. Dit betekent dat terugkoppelingen zoals de temperatuursafhankelijkheid van de opname van CO₂ door de oceaan, de verticale menging in de oceanen, de invloed van zee-ijsvariaties op de CO₂-uitwisseling tussen atmosfeer en oceaan, en veranderingen van de biosfeer (zowel in de oceaan als op land) de klimaatgevoeligheid gaan beïnvloeden. Deze processen hebben een niet onaanzienlijke, maar tevens slecht begrepen, effect op de klimaatrespons, zeker regionaal.

Op het KNMI wordt al sinds 2007 het mondiale klimaatmodel EC-Earth ontwikkeld. Dit model heeft belangrijke bijdragen geleverd aan internationale modelvergelijkingen, aan de KNMI klimaatscenario's, en aan specifieke inzichten betreffende de werking van het mondiale klimaatstelsel. Het KNMI werkt hierin samen met ruim 30 wetenschappelijke instituten in 12 Europese landen die samen het zogenaamde EC-Earth consortium vormen. Hierin is afgesproken om het klimaatmodel EC-Earth uit te breiden met een interactieve koolstofcyclus zoals net besproken. Deze nieuwe versie wordt het EC-Earth ESM genoemd, oftewel Earth System Model.

Binnen ESRIG, het Energy and Sustainability Research Institute Groningen, is enorm veel kennis aanwezig van vooral de huidige staat van de koolstofcyclus. Deze kennis is voornamelijk gebaseerd op waarnemingen, bijvoorbeeld van land-atmosfeer uitwisselingen en atmosferische transporten gedaan door het Centrum voor Isotopen Onderzoek, en van mariene processen en de relatie met de ecologie door de basisunit Ocean Ecosystems. Deze kennis is van groot belang voor het begrijpen en kwantificeren van de koolstofcyclus, inclusief de bepalende mechanismen.

In het kader van deze leerstoel wil ik deze unieke kennis binnen ESRIG koppelen aan de modellen en toekomstprojecties van het KNMI. Het EC-Earth ESM dient namelijk gevalideerd te worden door middel van observaties. Om dit aan te pakken is een specifieke validatie nodig, waarbij we ons niet alleen richten op de verificatie van het huidige toestand, maar vooral op de fysische relaties tussen diverse bepalende variabelen; kortom, ervoor zorgen dat processen en interacties tussen klimaat, koolstofcyclus en ecosystemen op de juiste manier worden meegenomen. Uiteindelijk zal dit leiden tot een verbeterd EC-Earth ESM, waarmee het huidige klimaat en de koolstofcyclus beter kunnen worden nagebootst.

Dit verbeterde model kunnen we vervolgens gebruiken



Figuur 3. De opwarming van het Arctische gebied heeft vele gevolgen, onder meer voor de ecologie.

om nauwkeuriger toekomstprojecties van het klimaat en van de koolstofcyclus te maken, en de interacties die hierbij een bepalende rol spelen beter begrijpen. En dit is hard nodig. Recent onderzoek heeft namelijk aan het licht gebracht dat ESMs tot totaal verschillende resultaten komen wat betreft het toekomstige verloop van Arctische primaire productie, de biomassa van algen, en dergelijke. Dit wordt veroorzaakt door een tamelijk subtiel balans van processen: groei door een toename van zonlicht vanwege terugtrekkend zee-ijs, maar een afname van voedingsstoffen door verminderde verticale oceaanmenging. Omdat de bepalende processen hier niet zijn gevalideerd, worden de toekomstprojecties zeer onzeker.

Ik wil me dus vooral richten op het Arctische gebied, bijvoorbeeld op de ecologische veranderingen in de Arctische Oceaan als gevolg van het terugtrekken van zee-ijs, de opwarming, en de toenemende neerslag (Figuur 3). Een veranderende hydrologische cyclus en meer neerslag leidt tot een afname in de verticale oceaanmenging, wat weer van belang is voor zowel de nutriënten-verdeling als de beschikbaarheid van zonlicht, en dus voor de primaire productie. De gehele koolstofcyclus van het Arctische gebied, en alles wat daarmee samenhangt, zoals ecosystemen, maar ook het klimaat zelf, staan aan de vooravond van enorme veranderingen, en het voorgestelde interdisciplinaire onderzoek zal, denk ik, aan de kennis van deze veranderingen een belangrijke bijdrage gaan leveren.

Het Arctische gebied zoals we dat kennen dreigt te verdwijnen. Klimaatveranderingen, kantelpunten, terugtrekkend zee-ijs, mogelijke uitsterving van hele ecosystemen. In het kader van deze leerstoel beoog ik vooral in de samenhang van deze vraagstukken een bijdrage te leveren door relevante modelkennis en observaties bij elkaar te brengen en te combineren. De enorme veranderingen die het Arctische gebied in de komende decennia te wachten staan kunnen met zo'n geïntegreerde aanpak nauwkeuriger in kaart worden gebracht. Ziet de toekomst van het noordpoolgebied er donker uit, letterlijk en figuurlijk, of aardedonker...?

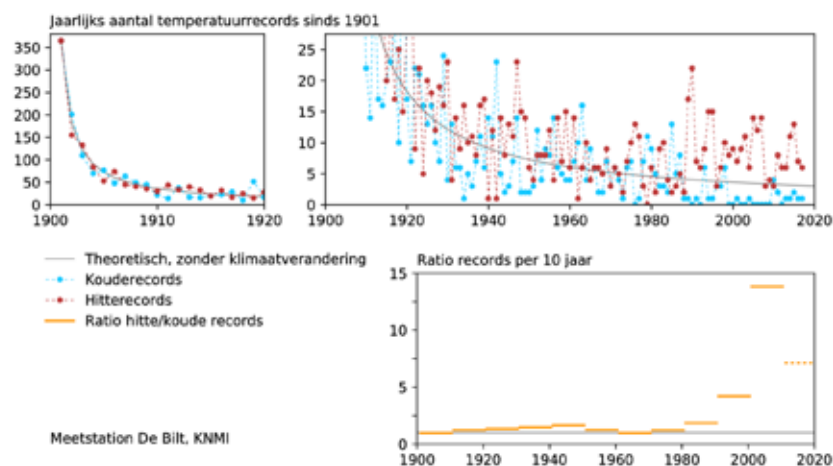
De volledige tekst van de oratie is te lezen op: [https://www.rug.nl/research/portal/activities/het-arctische-gebied--een-donkere-toekomst\(50255b88-f082-4387-83e9-8c383242d1b8\).html](https://www.rug.nl/research/portal/activities/het-arctische-gebied--een-donkere-toekomst(50255b88-f082-4387-83e9-8c383242d1b8).html)

Het KNMI geeft sinds maart 2017 drie keer per week een klimaatbericht uit op de website www.knmi.nl, waarin uitleg wordt gegeven over een actueel klimaatvraagstuk. Meteorologica zal in ieder nummer enkele van deze berichten publiceren, geselecteerd door Rob Sluijter.

Temperatuurrecords tonen opwarming Nederland – Karin van der Wiel

In 2017 werden meerdere temperatuurrecords gebroken. Op zes dagen was het nog niet eerder zo warm sinds het begin van de metingen in De Bilt en op één dag in september nog nooit eerder zo koel. Een analyse van het jaarlijkse aantal hitte- en kouderecords laat zien dat het weer in Nederland verandert. In een klimaat dat niet verandert neemt het verwachte aantal records ieder jaar af (grijze lijn in Figuur 1); het aantal hitte- en kouderecords is zonder klimaatverandering ieder jaar ongeveer gelijk (ratio 1). In een opwarmend klimaat worden meer hittestatistiek gevestigd dan verwacht, en is het aantal kouderecords lager (ratio > 1). De reeks maximumtemperaturen gemeten in De Bilt laat het patroon van een opwarmend klimaat zien (Figuur 1, rechtsboven). Het begin van de reeks vertoont de verwachte sterke afname van het aantal records; sinds 2000 zijn er slechts 14 kouderecords en wel 149 hittestatistiek gevestigd (ratio 11, Figuur

1, onder). In een wereld zonder klimaatverandering zouden dat er elk ongeveer 58 geweest moeten zijn. Dat het klimaat in Nederland opwarmt is dus ook duidelijk te zien aan de temperatuurrecords.

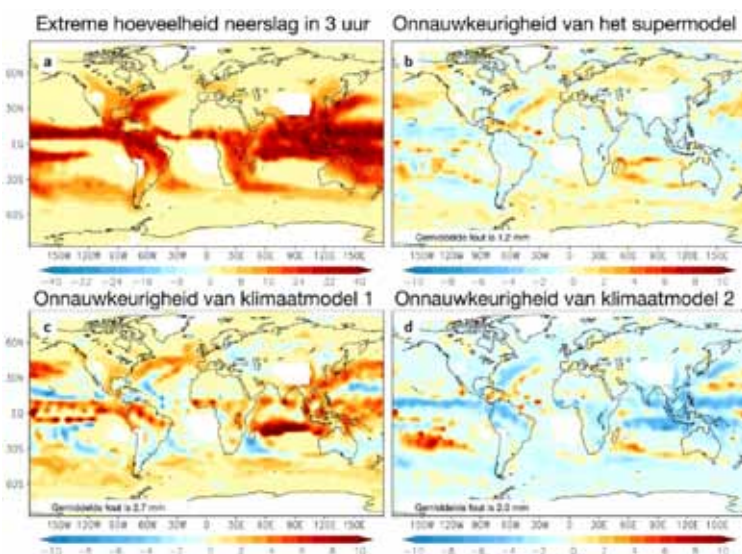


Figuur 1. Aantal koude- en hittestatistiek per jaar op basis van de gehomogeniseerde reeks maximumtemperaturen in De Bilt (boven) en de ratio hitte/koude records per 10 jaar (onder). De tijdreeks De Bilt beslaat de periode 1901-2017.

Supermodellen – Frank Selten

De benodigde reductie in de uitstoot van broeikasgassen nodig om de opwarming van het klimaat tot twee graden te beperken wordt bepaald aan de hand van berekeningen met klimaatmodellen. Nieuw onderzoek laat zien dat klimaatberekeningen nauwkeuriger gemaakt kunnen worden door verschillende klimaatmodellen tot één supermodel te combineren. De berekeningen van een klimaatmodel zijn gebaseerd op fundamentele natuurwetten, maar vanwege de complexiteit van het klimaatsysteem zijn benaderingen noodzakelijk. Modellen verschillen in deze benaderingen, waardoor de berekende opwarming uiteenloopt. In een supermodel wordt de berekening van ieder individueel model elk tijdstap een tikje opgeschoven in de richting van ieder ander model, zodat alle modellen dezelfde ontwikkeling gaan volgen (synchronisatie). Een supermodel wordt getraind door de mate van opschuiving tussen de individuele modellen zo te kiezen dat de gesynchroniseerde ontwikkeling zo goed mogelijk het waargenomen, voorbijge klimaat volgt. Dat deze methode echt werkt blijkt uit recent KNMI-onderzoek in samenwerking met de Universiteit van Bergen (Noorwegen). Hier worden twee klimaatmodellen gecombineerd tot een supermodel. Na training blijkt dit supermodel inderdaad beter de klimaatontwikkeling na te bootsen van een derde model, dat hier als wer-

kelijkheid dient (Figuur 2). Momenteel werken we aan een supermodel gebaseerd op klimaatmodellen uit Nederland, Noorwegen en Duitsland, waarmee uiteindelijk nauwkeurigere verwachtingen van toekomstige klimaatveranderingen gemaakt gaan worden.



Figuur 2. Verbetering in de simulatie van extreme 3-hr neerslag (a) van het supermodel (b) ten opzichte van de twee individuele modellen (c en d).

Het zweven der wolken

KEES DEKKER

Het zijn de eerste woorden van de stelling die de Friese dichter Obe Postma in 1888 in het studentendispuut H.A.R.T.I.N.G. verdedigde. Een artikel over een Friese dichter in Meteorologica is minder vreemd dan het op het eerste gezicht lijkt. Obe Piters Postma (Koarnwert, 29 maart 1868 – Ljouwert, 26 januari 1963) is bij (vooral oudere?) Friezen vooral bekend als dichter, maar dat doet geen recht aan deze veelzijdige man.

Studie

Na het gymnasium in Sneek gaat hij in 1886 naar Amsterdam voor de studie wis- en natuurkunde (Figuur 1). Heel uitzonderlijk voor een gewone dorpsjongen aan het einde van de 19^e eeuw. Het zoeken naar de oorsprong van de dingen was de grote drijfveer die zijn studiekeuze bepaalde. Zijn kandidaats haalde hij na drie jaar (22 mei 1889). In de examencommissie zaten onder meer de latere Nobelprijswinnaars J. D. van der Waals en J. van 't Hoff. Van der Waals had hoge verwachtingen van Postma. Zijn doctoraal behaalde hij in november 1892. Een knappe prestatie, want het grootste deel van zijn doctoraalstudie heeft hij thuis in Koarnwert uitgevoerd. Vanwege de ziekte en het latere overlijden van zijn vader was hij namelijk naar huis gekomen om zijn familie te steunen. Een promotie en een wetenschappelijke loopbaan zou een logisch vervolg zijn, maar Postma werd leraar. Na een korte omzwerving als waarnemer krijgt hij een aanstelling aan de Rijks HBS in Groningen, waar hij tot zijn pensioen zou blijven. Maar hij doet ook een promotieonderzoek bij Van der Waals. Straling had al lang zijn belangstelling en dit wordt ook het onderwerp van zijn onderzoek. Hij krijgt hierbij veel steun van H. Lorentz, ook een latere Nobelprijswinnaar. Hij promoveert op 16 februari 1895. De titel van zijn proefschrift luidt: *“Iets over uitstraling en opslorping”*, over elektromagnetische straling.

Stelling

In het tweede jaar van zijn studie wordt hij lid van het studentendispuut H.A.R.T.I.N.G. van studenten wis- en natuurkunde. Binnen dit dispuut was het de gewoonte dat leden een zelfgekozen stelling verdedigden. Op 13 november 1888 verdedigde Postma de stelling *“Het zweven der wolken in de lucht is niet slechts iets schijnbaars, het is zeer goed te verklaren”*. Van deze avond is een verslag beschikbaar en dit verslag is de reden dat Meteorologica een artikel aan de Friese dichter Postma wijdt. Het geeft namelijk een prachtig tijdsbeeld over de kennis die men toen had over wolkenvorming (Kader 1). Het laat ook mooi de tegenstelling zien van twee zienswijzen en het is om die reden heel bijzonder. Aan de ene kant vinden we Postma met zijn theorie over waterblaasjes, gebaseerd op het werk van Rudolf Clausius (vooral bekend van de Clausius-Clapeyronvergelijking), en aan de andere kant de mening van de latere hoogleraar Gerrit Hondius Boldingh (1865-1936) dat wolken ontstaan door het condenseren van waterdamp op condensatiekernen. Ook opmerkelijk aan het artikel is het grote temperatuurverschil dat Postma toedicht tussen de wolk en de lucht daarbuiten.

Dichtkunst

Als leraar wiskunde, mechanica en kosmografie blijft hij artikelen publiceren, maar dit zijn vooral reacties op natuurkundige publicaties van anderen. Naast de exacte wetenschappen krijgt hij steeds meer belangstelling voor



Figuur 1. Obe Postma als jongen.

literatuur, filosofie en poëzie. Hij is gefascineerd door het werk van de dichter P.C. Boutens (1870-1943) en voelt zich verwant met J. Slauerhoff (1898-1936). Obe maakt zijn debuut als dichter in 1902 en in 1918 komt zijn eerste dichtbundel uit (*Fryske lân en Fryske libben*). Zijn bekendste bundels zijn *Fan wjerklank en bisinnen* (1957) en *Samle fersen* (1949). Deze laatste bundel werd in 1978 en 2005 opnieuw uitgegeven. Na 1910 komt er een eind aan zijn natuurwetenschappelijke publicaties en gaat hij zich toeleggen op de historische reconstructie van de verdeling onder boerderijen van het land in de Friese kuststreken. Tot op hoge leeftijd publiceert hij nog regelmatig over het Friese land en zijn bewoners (Figuur 2). Obe Piters Postma, een man die tijdens zijn studie en promotie leerling was van drie latere Nobelprijswinnaars, maar vooral wordt herinnerd als Fries dichter. Inderdaad, een zeer veelzijdig mens.

Kader I – De stelling

Fragment uit “Harting, notitieboek 1886-90, lezing 13-11-1888; universiteitsmuseum Agnietenkapel.”

Hierna was het woord aan den Heer Postma ter verdediging zijner stelling: “Het zweven der wolken is niet slechts schijnbaar; en het is zeer goed te verklaren”. Spreker meende dat de waterdamp gedacht moet worden op te stijgen in gezelschap van de lucht, waarmee ze reeds aan de oppervlakte der aarde gemengd was. Door afkoeling treedt nu wolkvorming in en de waterblaasjes waaruit de wolk bestaat, zijn dus gevuld met vochtige lucht, terwijl ook de lucht tusschen de blaasjes vochtig is. De water-spanning kan hier zelfs hoger zijn dan de maximum spanning aangezien het oppervlak der vloeistof niet vlak maar zeer convex is. Dat wolken uit vloeistofblaasjes bestaan heeft Clausius het eerst ondersteld en zeer waarschijnlijk gemaakt door aan te toonen dat hierdoor het morgen en avondrood en de blauwe kleuren der lucht zeer eenvoudig kunnen worden verklaard. – De verklaring die Bosscha geeft van hetgeen hij het schijnbaar zweven der wolken noemt wordt daarna door spreker bestreden. Volgens die verklaring zou de wolk van onderen steeds opgelost worden en van boven aangroeien, terwijl ze in haar geheel steeds daalde. Dit onderstelt verwarming van onderen, terwijl de groote warmtebron, de zon, juist boven de wolk is, en verder een zeer groote hoeveelheid waterdamp boven de wolk, terwijl juist de waterdamp van de aardoppervlakte, dat is, van onder komt. – Spreker meent dus dat bij de wolken aan een werkelijk zweven gedacht moet worden, en hij ging nu over tot de verklaring van dat feit, die voor-

namelijk berustte op de onderstelling dat in de wolk een veel hooger temperatuur heerscht dan in de omgevende lucht. Die hoogere temperatuur wordt veroorzaakt door meerdere absorptie der zonnestrallen. Bovendien is de lucht in de wolk vochtig en ook daardoor specifiek lichter dan de omringende, minder vochtige lucht.

Spreker becijferde het verschil in specifiek gewicht tusschen de lucht in de wolk en de omringende, aannemende eene hoogte van 500 M, dat eene spanning van 720 mill. en een temperatuur van 0 buiten en 20 in de wolk, een volgens sprekers meening niet te groot verschil met het oog op 't verschil in absorptievermogen voor stralende warmte van lucht en van water. Hij vond dat 1 Liter droge lucht in die omstandigheden weegt 1, 225 Gr en 1 Liter vochtige lucht in de wolk 1, 131 Gr. Het verschil 0,094 Gr zou dus per L. als vloeibaar water meegevoerd kunnen worden; dit is ongeveer 1/12. Hij vergeleek dit met een zeer ruwe benadering van 't watergehalte der lucht bij zware mist, en vond dat deze waarde daarmee niet in strijd is.

Ten slotte werd nog even het geval beschouwd dat de wolk zoo hoog stijgt dat de temperatuur beneden 0 graden daalt, en dus het water vast wordt. Dit doet evenwel aan de boven gevoerde redeneering geen afbreuk. De Heer Boldingh vroeg waarom de waterdamp bij afkoeling de vorm van waterblaasjes aannam en of met het aanwezig zijn van vaste stoffes aanleiding gaf tot het condenseeren, zoodat het waterdruppels zou moeten vormen. De abactis meende dat ook de bij condensatie vrijkomende latente warmte medewerkt tot verhooging van de temperatuur in de wolk, welke meening door den Heer Boldingh werd bestreden, omdat juist condensatie intreedt door warmte onttrekking.



Figuur 2. Obe Postma op gevorderde leeftijd.

Dankwoord

Met dank aan Dr. Philippus Breuker, emeritus hoogleraar Fries, momenteel werkend aan een biografie van Obe Postma.

Literatuur

Dr. Philippus Breuker; *Wjerklank*, nûmer 7, 2010. Het tijdschrift van het Obe Postma gezelschap.

H.A.R.T.I.N.G., notitieboek 1886-90, lezing 13-11-1888; universiteitsmuseum Agnietenkapel.

Universiteit: quo vadis?

LEO KROON



column

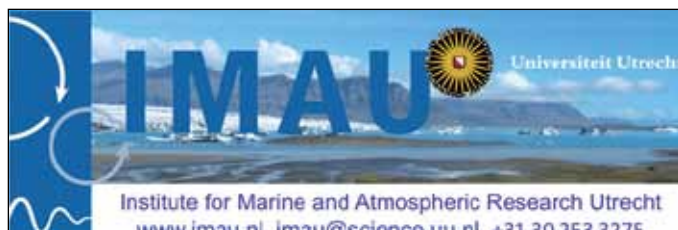
De HBS (Hogere Burgerschool) leidde, zoals de naam al aangeeft, jongeren op voor de hogere posities in de maatschappij. Aanvankelijk kwam slechts een klein percentage van de leerlingen van de “lagere school”, tegenwoordig de basisschool, op de HBS (en het Gymnasium) terecht. Je moest een pittig examen doen voordat je werd toegelaten. Na het derde jaar moest je kiezen tussen de literair-economische HBS-A, waar de talen en de maatschappelijk-economische vakken centraal stonden en de HBS-B met een sterke wis- en natuurkundige component. Als de bètavakken je niet zo lagen of als je meer interesse had in economie en handelsvakken, dan was HBS-A de beste keuze. Sommige HBS-B leerlingen voelden zich door het hebben van die bèta affiniteit en -aanleg superieur aan de leerlingen van de alfa-afdeling. Ten onrechte, zoals ze pas veel later zouden ontdekken. In wat wel bekend staat als de “wraak van de alfa’s” is het zo dat in de top van overheidsinstellingen en bedrijven de bèta’s drastisch ondervertegenwoordigd zijn ten opzichte van de alfa’s. Dat is op zich al een verhaal apart. Blijkbaar zijn de alfa’s beter in het bereiken van topposities. Een voorbeeld is de huidige top van het Ministerie van Onderwijs, Cultuur en Wetenschap: in het DG (Directoraat Generaal) Hoger onderwijs, Beroepsonderwijs, Wetenschap en Emancipatie zitten vijf personen met opleidingen politicologie, rechten, bestuurskunde, economie en slechts één met een biologisch/medische achtergrond. Van de bèta’s is op dat hoge niveau weinig over. Dat de huidige hoofd-directeur van het KNMI een bèta achtergrond heeft (net als eerdere hoofd-directeuren) is een uitzondering op die regel.

De alfa’s in de top van het ministerie sturen het hoger onderwijs en het onderzoek aan. Dat is een weg met vele valkuilen, zeker in deze tijd met groeiende studentenaantallen (een gevolg van de gewraakte outputfinanciering en nog versterkt door de internationalisering van het onderwijs) en beperkte financieringsmogelijkheden. De oplossing die de alfa’s hebben bedacht zijn marktwerking en bureaucratische controle. Marktwerking betekent in dit geval: onderwijs geven aan zoveel mogelijk studenten met zo min mogelijk inzet van docenten. Bij bureaucratische controle worden alle onderwijs- en onderzoeksinspanningen gemeten met “objectieve” maatstaven, van individuele docenten tot de gehele oplei-

ding of zelfs de gehele universiteit (externe visitaties).

Dit heeft als gevolg dat docenten steeds meer tijd kwijt zijn aan zaken die geen enkele relatie hebben tot waar zij als professional voor staan. Het is daarom niet verwonderlijk dat zowel studenten als docenten op de universiteiten steeds harder klagen over de teloorgang van de onderwijskwaliteit. Het heeft Eelco Runia, docent aan de letterenfaculteit van de Rijksuniversiteit Groningen doen besluiten ontslag te nemen. In de NRC van 20 januari licht hij zijn beweegredenen toe. De belangrijkste is de “sluipende deprofessionalisering” van de stafleden. Volgens Runia is de bureaucratische controle niets anders dan “geïnstitutionaliseerde argwaan tegen professionele zelfsturing” waardoor de professionaliteit langzaam wegkwijnt. Hij kon dit niet langer aanzien. Een week later verschijnen in de NRC de resultaten van een eigen enquête onder 500 docenten en 405 studenten. Het blijkt dat docenten steeds meer bureaucratische taken erbij krijgen. Tegenwoordig besteden ze gemiddeld 41% van hun tijd aan onderwijs (colleges geven, voorbereiden, nakijkwerk, tentamens et cetera), 25% aan onderzoek en 34% aan administratieve taken, vergaderen en besturen. Vanwege de voortwoekerende uitbreiding van administratieve taken doen docenten onderzoek momenteel veelal in hun vrije tijd. Verder wordt er steeds meer nadruk gelegd op zo snel mogelijk afstuderen, waardoor de universiteit tot een “logge leerfabriek” is geworden. Nieuw zijn deze geluiden overigens niet, lees bijvoorbeeld in de vorige Meteorologica over de brief uit 2007 van Jon Wieringa aan een Tweede Kamerlid. Ook Henk de Bruin heeft dit aspect regelmatig in zijn columns aan de orde gesteld. Ook zijn ze niet typisch Nederlands: in 2013 stelde de Belgische denktank Itinera na een rondvraag onder 5000 academici al vast dat de kwaliteit van de academische diploma’s door outputfinanciering en doorgeschoten democratisering onder druk staat. De wal is echter het schip aan het keren: steeds meer opleidingen stellen een numerus fixus in via een toelatingstest en -procedure. Er wordt bij de selectie niet alleen gekeken naar de testresultaten maar ook naar motivatie, persoonlijkheid en eerdere leerprestaties. Een goede zaak die meer opleidingen eigenlijk zouden moeten overwegen.

Sponsors van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie



Colofon

Redactie

Hoofredacteur: Richard Bintanja (e-mail: bintanja@gmail.com, tel: 030-2206499).

Redactieleden: Wim van den Berg, Aarnout van Delden, Robert Mureau, Rob Sluijter en Fiona van der Burgt.

Artikelen en bijdragen

Deze dienen uitsluitend digitaal (bv. per e-mail) te worden aangeleverd, als Word document met figuren apart. Uiterste inleverdata hiervoor zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Voor meer informatie over de procedure, zie http://www.nvbm.nl/meteorologica/informatie_voor_auteurs/

Artikelen uit Meteorologica mogen uitsluitend worden overgenomen na voorafgaande schriftelijke toestemming van de redactie.

Meteorologica (ISSN 0929-1504) verschijnt vier maal per jaar en is een uitgave van de Nederlandse Vereniging ter Bevordering van de Meteorologie (NVBM).

Penningmeester en administratie: Olaf Vellinga (penningmeester@nvbm.nl)

Vormgeving: Colorhouse, Almelo
Vermenigvuldiging: Colorhouse, Almelo

Abonnementen

Alle leden van de NVBM zijn automatisch geabonneerd op Meteorologica. Ook niet-leden kunnen zich abonneren door 28,- euro voor vier nummers over te maken naar IBAN: NL66INGB0000626907, BIC: INGBNL2A, ten name van:

NVBM-Meteorologica
Postbus 464
6700 AL Wageningen

onder vermelding van:
"Abonnement Meteorologica" en uw adres.

Abonnementen worden telkens aangegaan voor een heel kalenderjaar; bij tussentijdse betaling worden de reeds verschenen nummers van dat jaar toegestuurd. Voor abonnees in het buitenland zijn de kosten 34,- euro per jaar. Ook losse nummers kunnen op deze manier worden besteld (zolang de voorraad strekt) voor 9,- euro per stuk, onder vermelding van de gewenste jaargang en nummer(s). Instellingen betalen 59,- euro voor een abonnement. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuurnvbm@gmail.com); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Lid worden van de NVBM

Het lidmaatschap van de NVBM kost 50,- euro per jaar. Meer informatie hierover is te vinden op de NVBM website: www.nvbm.nl. Opzeggingen per email naar het bestuur (bestuurnvbm@gmail.com); hierbij geldt een opzegtermijn van drie maanden.

Advertenties

Adverteren in Meteorologica is mogelijk. Advertenties worden geplaatst op 3 formaten: A5, A4 of A3.

Uiterste inleverdata voor advertenties zijn: 1 februari, 1 mei, 1 augustus en 1 november voor respectievelijk nummer 1, 2, 3 en 4. Tarieven zijn op te vragen bij Richard Bintanja (e-mail: bintanja@gmail.com, tel: 030-2206499).

Sponsorschap NVBM

Men kan sponsor worden van de NVBM. Een sponsorschap wordt afgesloten voor minimaal 1 jaar. Een sponsor heeft diverse rechten, o.a.:
– Het plaatsen van advertenties in Meteorologica
– Plaatsing van het firmalogo in het blad.
– Het bijwonen van congressen e.d. georganiseerd door de NVBM.

Voor meer informatie over het sponsorschap kunt u contact opnemen met Richard Bintanja of Olaf Vellinga (zie boven).



Koninklijk Nederlands
Meteorologisch Instituut
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

Werken bij het KNMI: the best place to be voor onderzoekers!

Het weer is grillig, de bodem beweegt en het klimaat verandert. Voor onze veiligheid en welvaart moeten we weten welke risico's en kansen dit oplevert.

En: hoe we ons het beste kunnen voorbereiden.

Die kennis heeft het **Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI)** in huis als het nationale kennis- en datacentrum voor weer, klimaat, oceanografie en seismologie. Betrouwbaar, onafhankelijk en gericht op wat Nederland nodig heeft. Voor een veilig Nederland dat voorbereid is op de invloed van weer, klimaat en aardbevingen.

Voorbereiden, waarschuwen en adviseren

In ons dichtbevolkte land van water, wind en dijken leven we al eeuwenlang met de elementen. Nu de aarde opwarmt, de zeespiegel stijgt en extreem weer vaker voorkomt, groeit de kans dat het weer ons onaangenaam verrast. De weerkamer van het KNMI staat 24/7 paraat om Nederlanders te waarschuwen als er gevaarlijk of extreem weer dreigt. Tijdig, gericht en met oog voor de impact van het verwachte weer.

Evalueren, onderzoek en wetenschap

Na elke gebeurtenis maken we de balans op. We plaatsen incidenten in een bredere context. We willen ervan leren en nieuwe kennis opdoen. Zodat we risico's preciezer kunnen bepalen en onze kwaliteit als kennisinstituut kunnen waarborgen. Uniek aan het KNMI is de koppeling tussen operationeel en wetenschap. Praktijkervaringen kunnen meteen wetenschappelijk onderzocht worden. Kennis kan direct ingezet worden ten behoeve van de operationele diensten van het KNMI.

Uniek onderzoek bij het KNMI

In de R&D vakgroepen van het KNMI wordt gewerkt aan verbetering van het waarnemingsysteem en van de modellen. Unieke expertise ligt op het gebied van satellietmetingen van de atmosferische samenstelling. Het KNMI heeft de wetenschappelijke leiding over het TROPOMI satelliet-instrument dat in 2017 succesvol is gelanceerd. TROPOMI is de opvolger van OMI, en brengt de mondiale luchtkwaliteit in kaart. Ook wordt gewerkt aan innovatieve metingen met kleine sensoren op de grond. Op het gebied van modellering wordt gewerkt aan het HARMONIE hoge-resolutie model.

Werken bij het KNMI?

Voor onze R&D vakgroepen zoeken we regelmatig onderzoekers, zowel OIO's als post-doc's, die een bijdrage willen leveren aan ons internationaal hoog gewaardeerde onderzoek.

Kijk voor onze actuele vacatures op
www.werkenvoornederland.nl/knmi.

