

*KNAG, 8 Juni 2022*

# Het Grote IJs

**Michiel van den Broeke**

*Universiteit Utrecht*

*Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht (IMAU)*



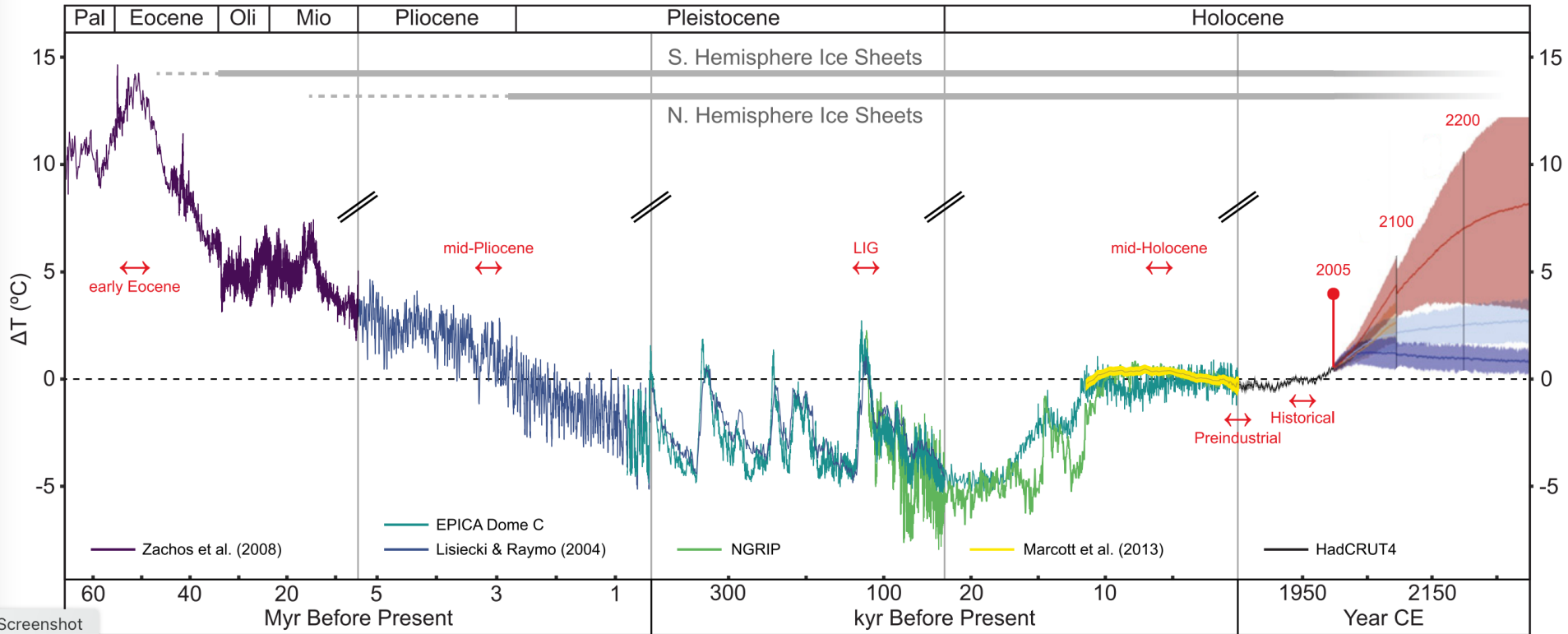
Utrecht University

Institute for  
Marine and Atmospheric  
research Utrecht



**NESSC**  
NETHERLANDS EARTH SYSTEM SCIENCE CENTRE

# We leven in een ijstijd!



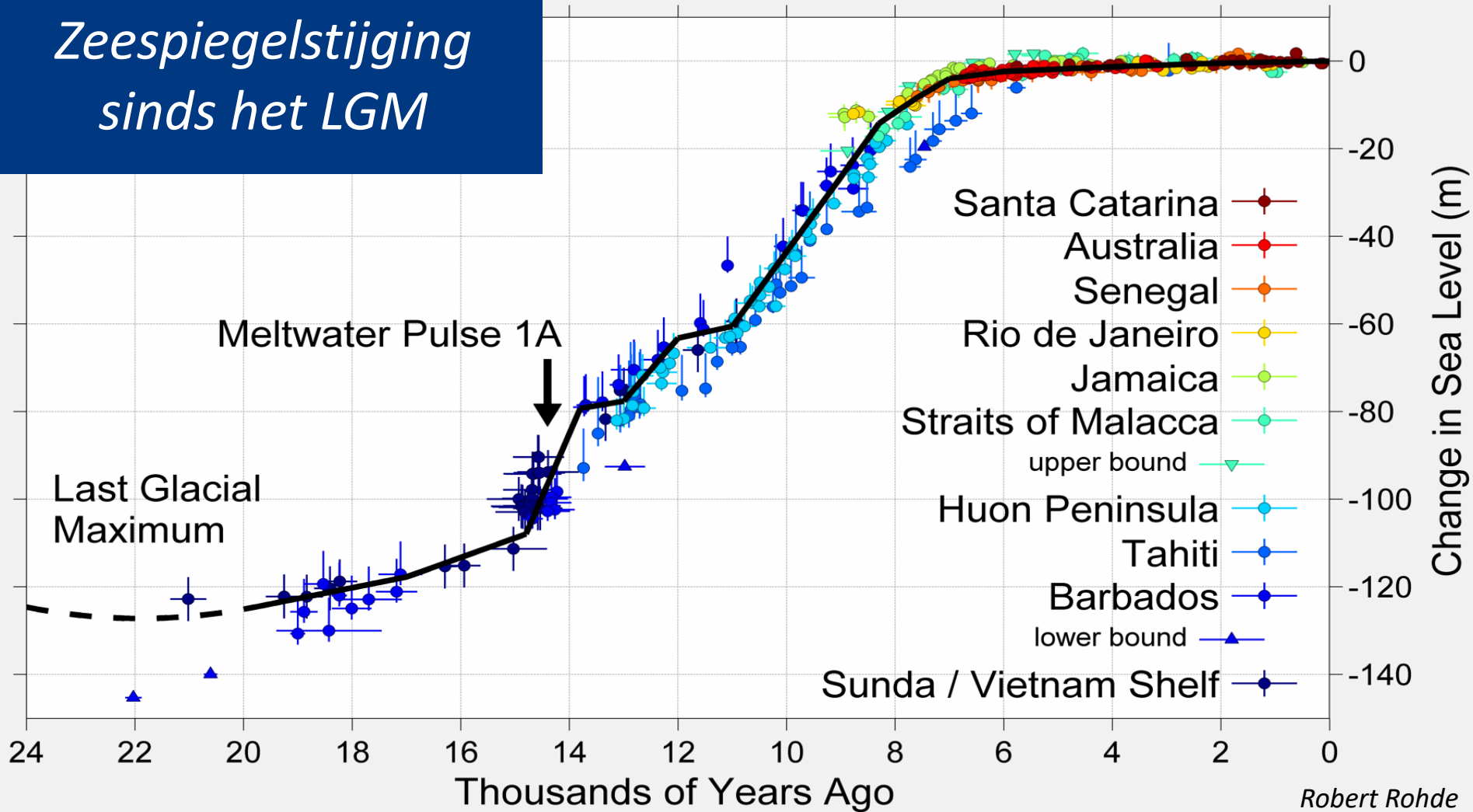
Screenshot



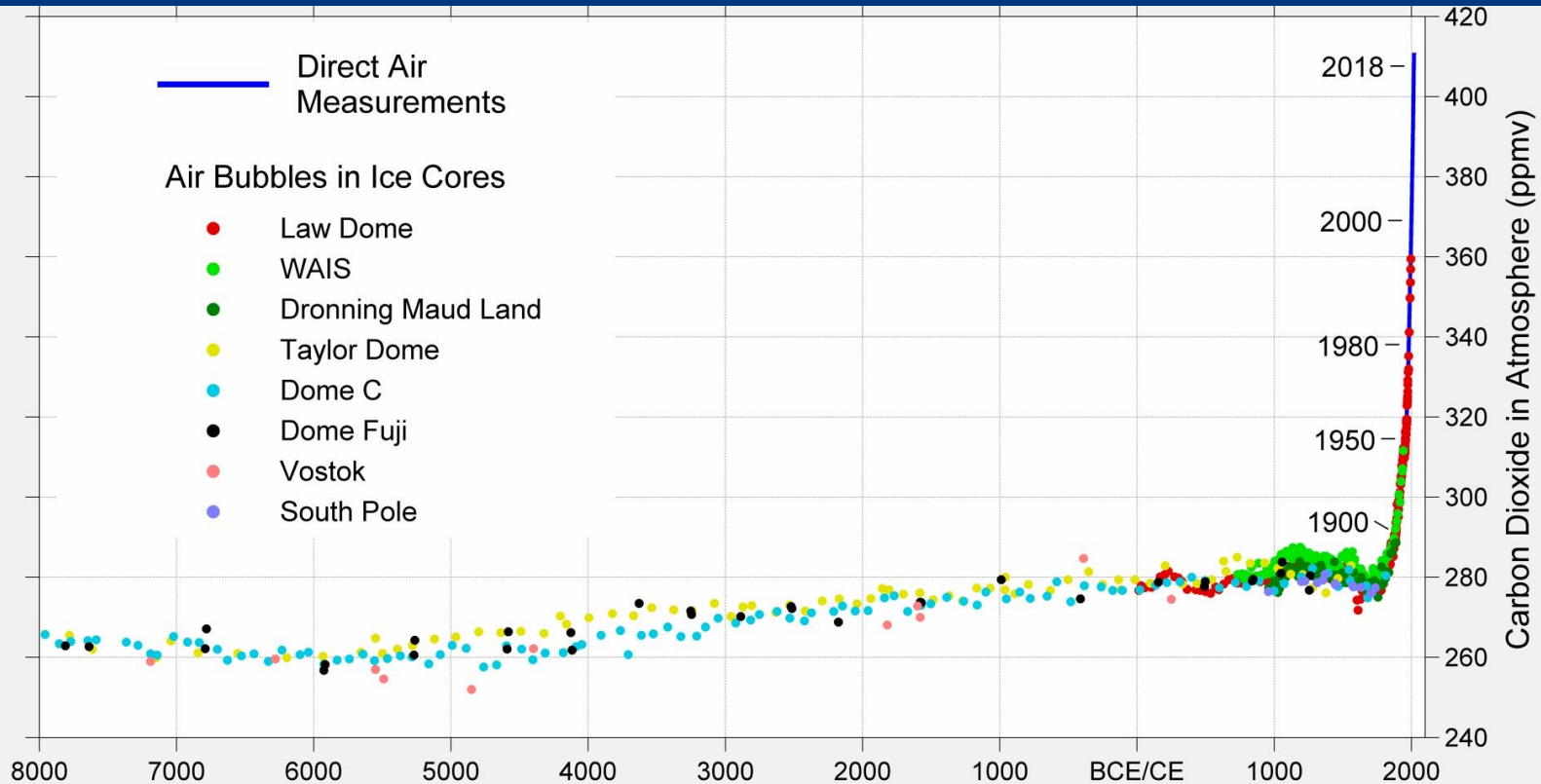
# Het laatste glaciële maximum (LGM)



# *Zeespiegelstijging sinds het LGM*

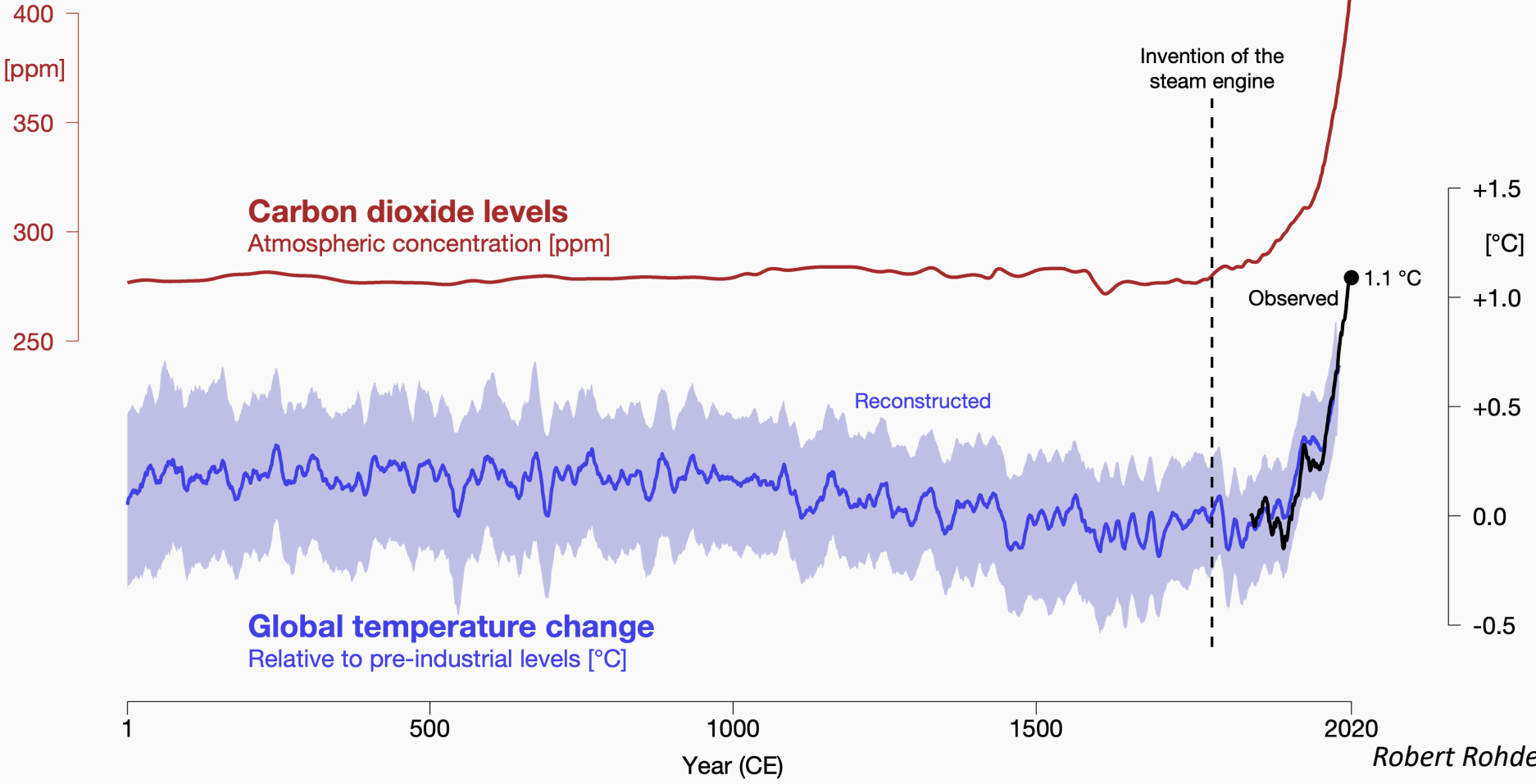


# Het Antropoceen: CO<sub>2</sub> concentratie



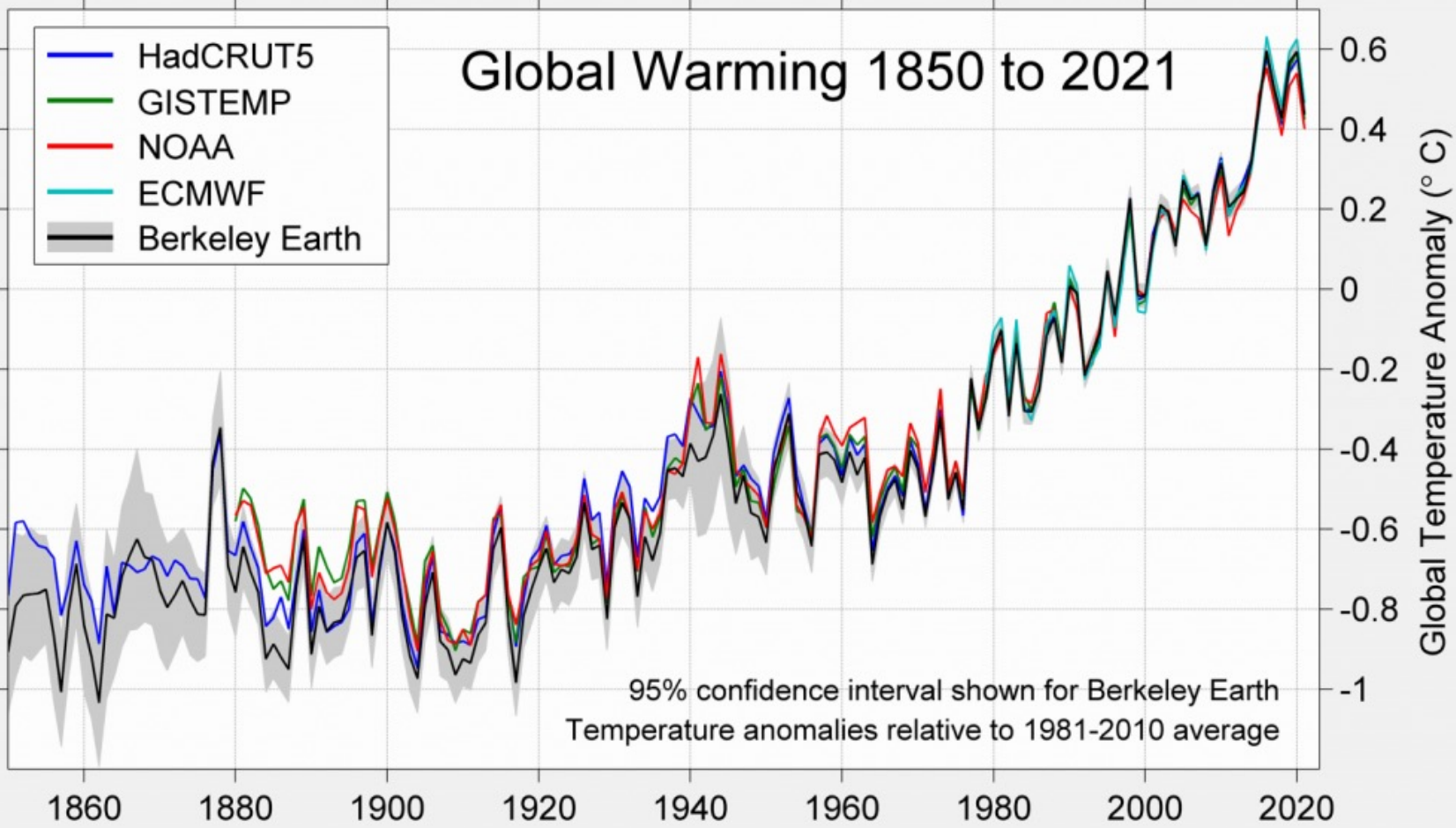
# Observed changes in climate over the last 2020 years

Variations in atmospheric carbon dioxide levels and global average temperature



# Global Warming 1850 to 2021

- HadCRUT5
- GISTEMP
- NOAA
- ECMWF
- Berkeley Earth



95% confidence interval shown for Berkeley Earth  
Temperature anomalies relative to 1981-2010 average



# Klimaatverandering is niet iets van de toekomst

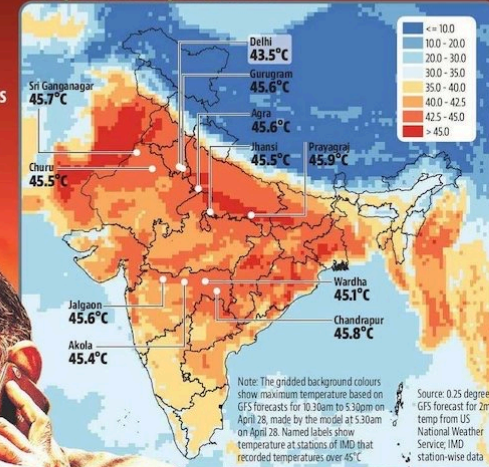
- Heatwaves
- Droughts and forest fires
- Downpours and flooding

## Across India, an intense heatwave flashes red

An intense heatwave is sweeping large swathes of India, extending from the country's west and northwest to the east, with weather officials warning that it may worsen in coming days. A look at what regions in the country are grappling with record-breaking maximum temperature, and the role played by the rain (or lack of it).

By Abhishek Jha

### HOT, HOTTER, HOTTEST



### A RECORD HEAT IN INDIA'S NORTH-WEST

Historical data on temperatures is publicly available from the India Meteorological Department (IMD) only for grids and not individual stations or cities. These grids are of 1 degree resolution: boxes of latitudes and longitudes 1 degree apart.

According to IMD's gridded dataset, the average maximum temperature till April 27 was 35.7 degrees Celsius, the highest in five years for this period of April. However, India's headline number hides just how hot northwestern India has been. In four states - Madhya Pradesh, Rajasthan, Punjab, and Gujarat - the average max temperature in April 2022 so far has been the highest since 1951; while it has been the second highest in Delhi (including neighbouring districts because the city is too small to be captured alone in IMD's gridded data), Uttar Pradesh, and Haryana.

The national average has been drawn downwards by north-eastern states, most of which have experienced one of their coldest Aprils by maximum temperature, and southern states like Tamil Nadu and Karnataka, where maximum temperature are closer to the middle value since 1951.

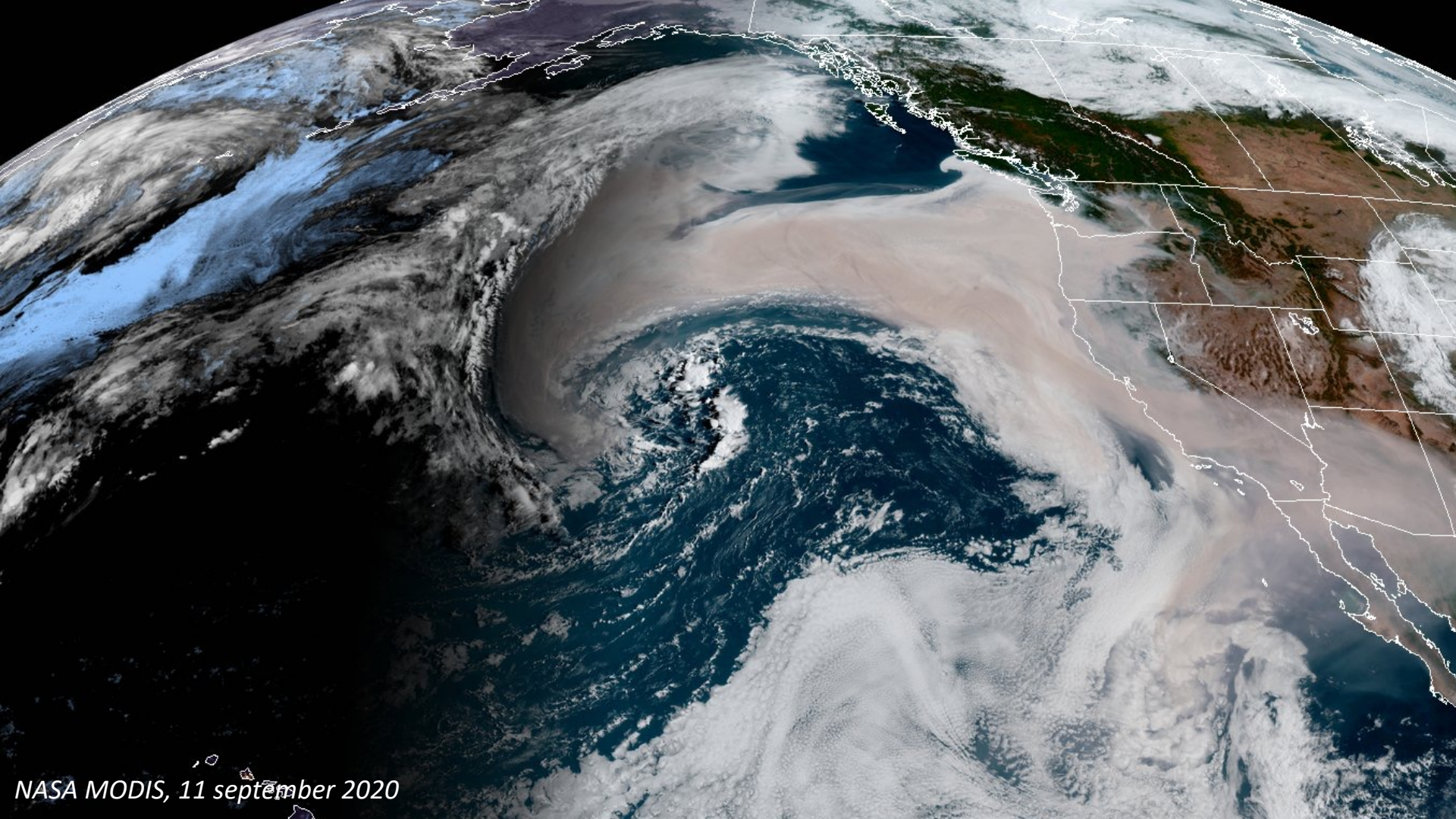
### CONTRIBUTION OF RAIN?

Unprecedented deficits in rainfall in north-western India is a reason why temperatures in this region are creating new records. Rainfall in the April 1 to April 27 interval in Punjab, Haryana, MP, UP, Jharkhand, Himachal, Uttarakhand, and Telangana is in the bottom 20 since 1901, according to IMD's gridded dataset. The rainfall deficit, compared to the average in 1961-2010 period, in all these states except Uttarakhand (79%) and Telangana (69%) is more than 80%. In states like Delhi, Rajasthan, and Gujarat, the departure may not be unprecedented, but is 94% or higher. They have not recorded even half a millimetre of rainfall. Most north-eastern states, on the other hand, have recorded surplus rainfall.

### STATES WITH MOST DEFICIT



PIC: Sangeet Verma/HT



NASA MODIS, 11 september 2020

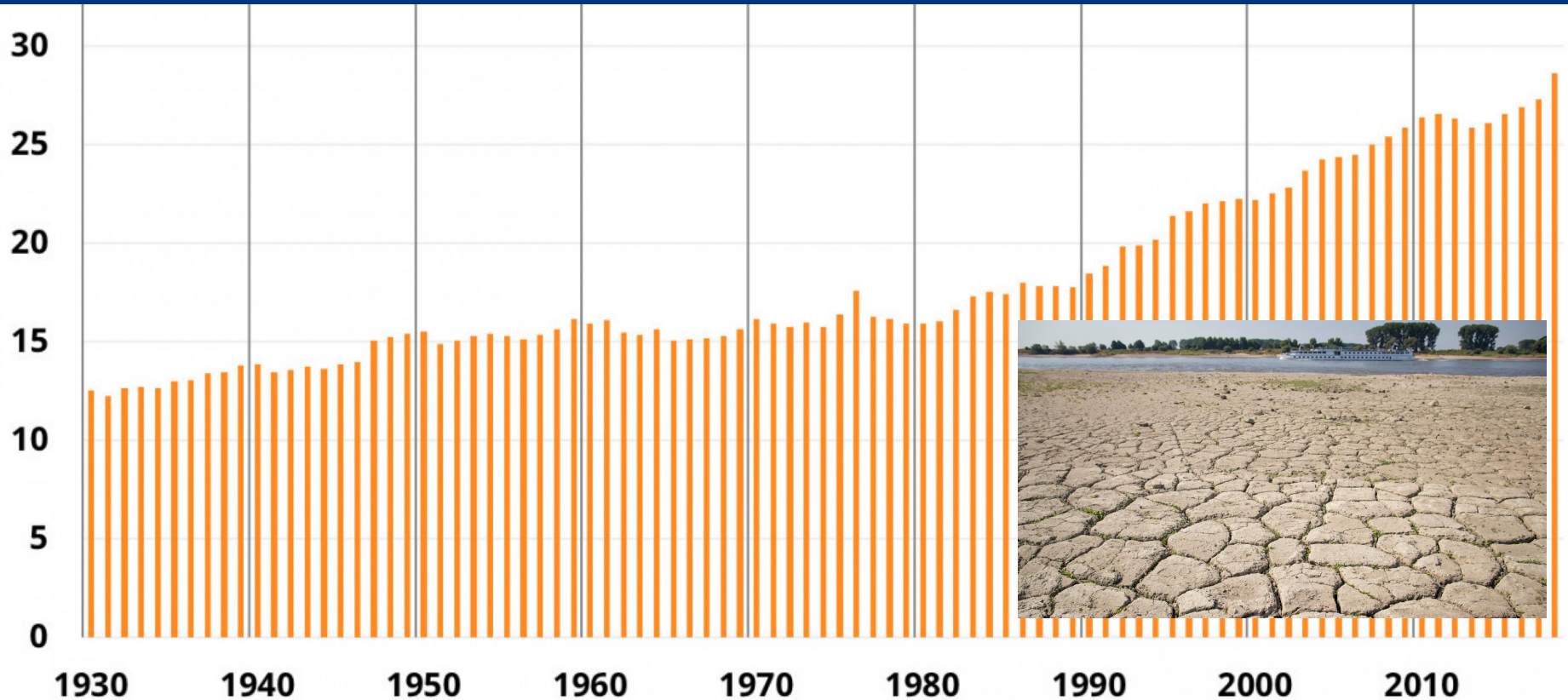




*Queensland, Australia, februari 2022*



# Aantal zomerse dagen ( $T_{max} \geq 25 \text{ } ^\circ\text{C}$ ), De Bilt



# *Mer de Glace, Franse Alpen*



1919



2019

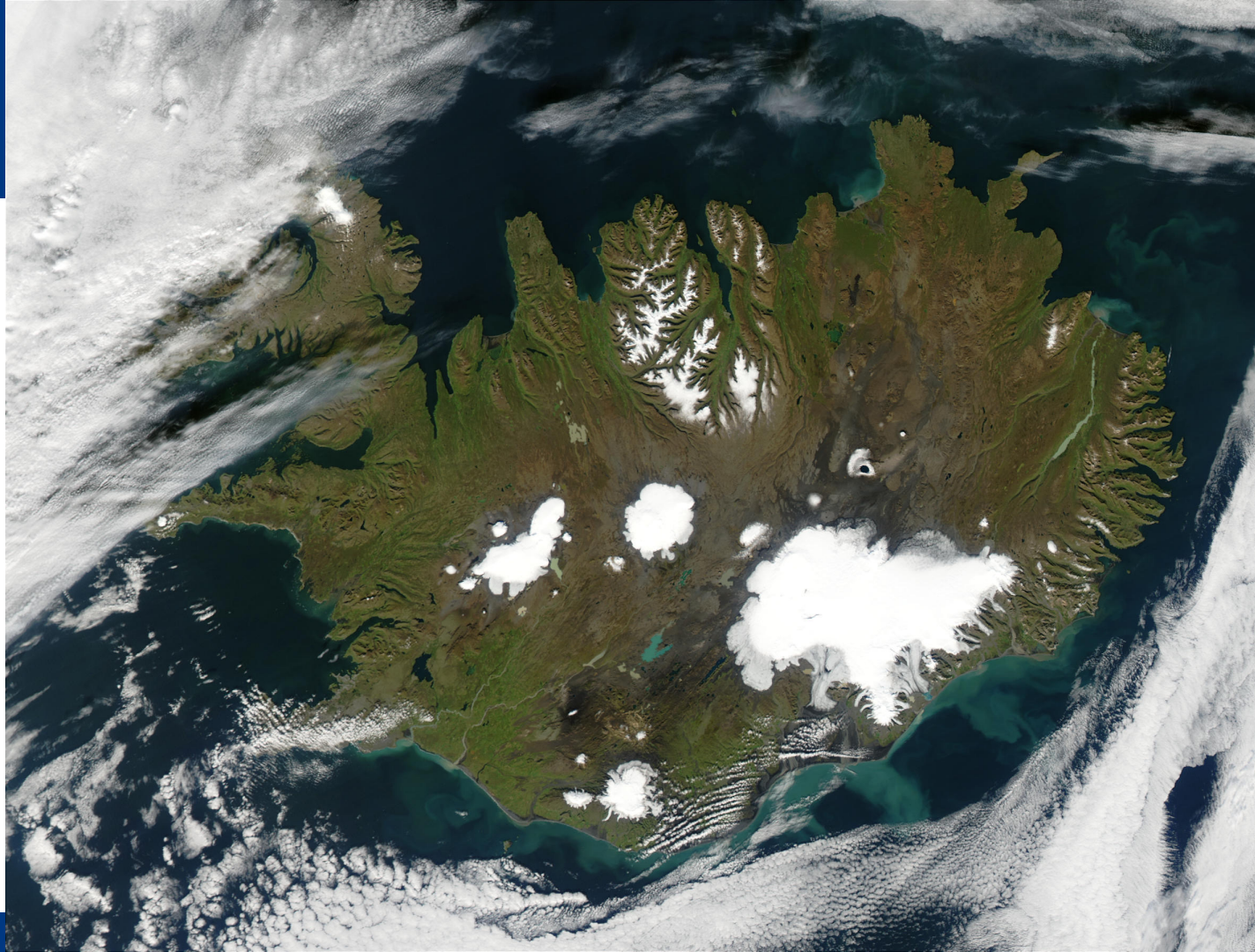




# *Europa's grootste ijskap*

*Vatnajökull*

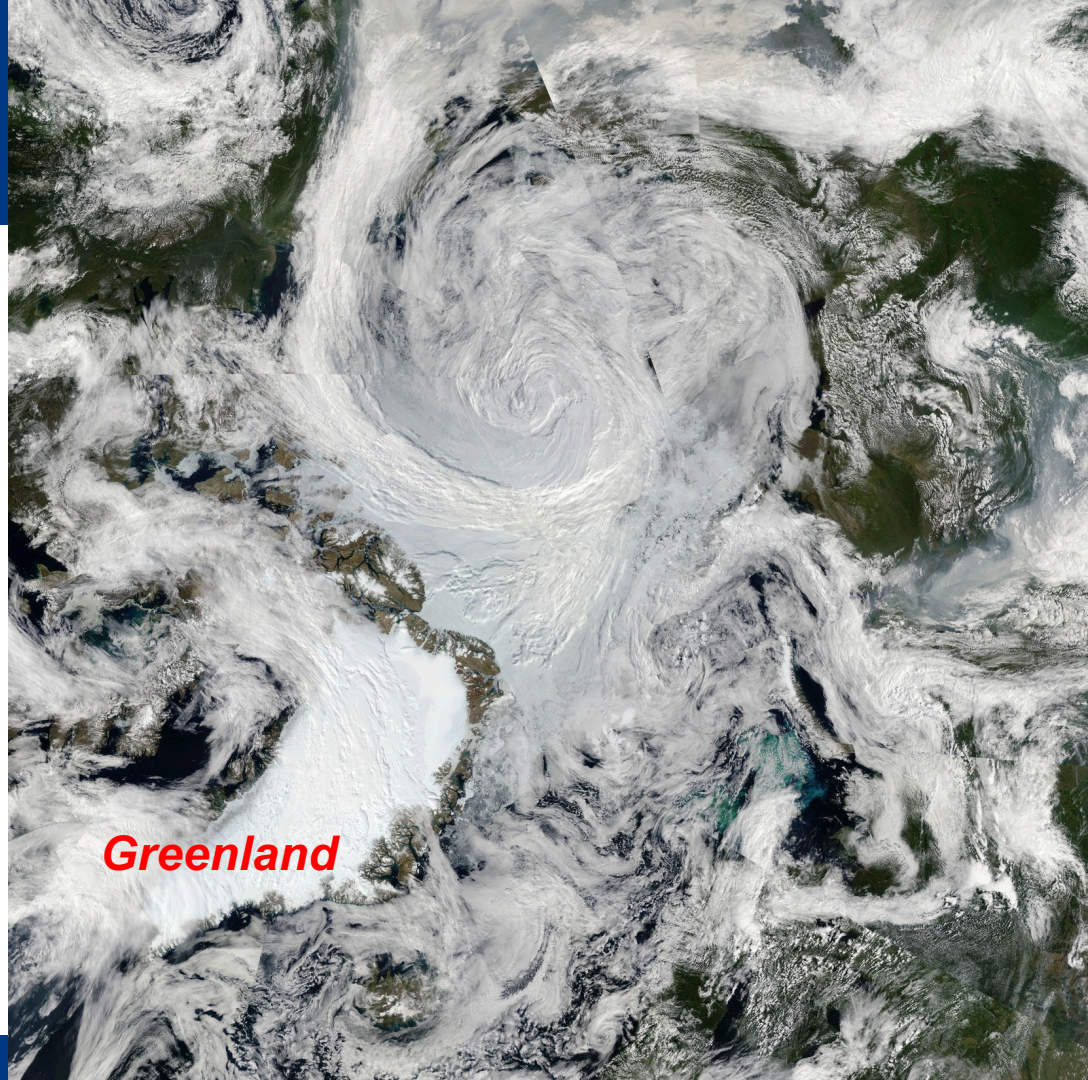
*Volume ~3500 km<sup>3</sup>*





# *Noordpoolgebied*

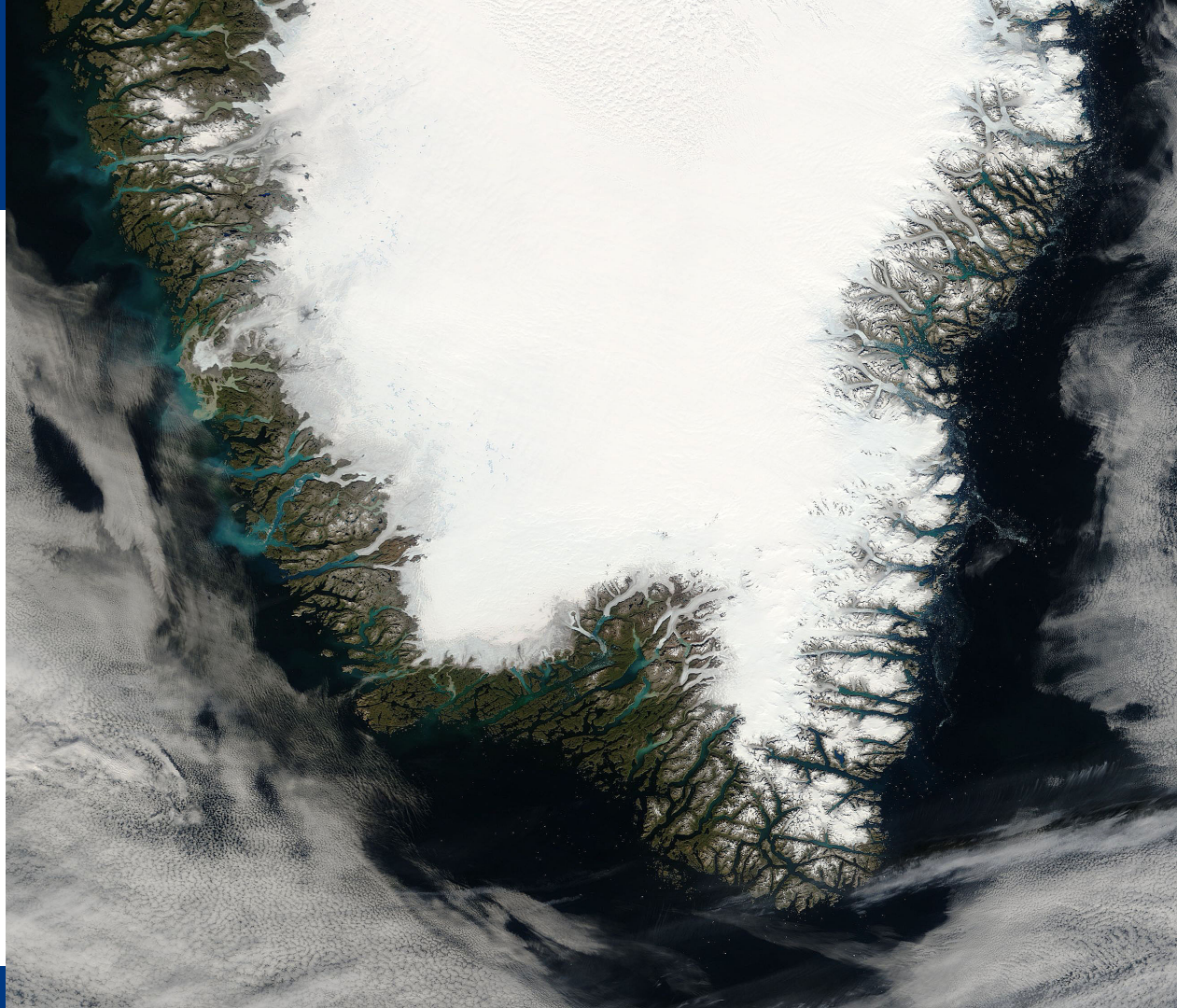
*Een ocean omringd  
door continenten*





# Zuid Groenland

*Ijskap eindigt op  
land of in fjorden*





# *West Groenland*





*Noordoost Groenland*





# Zuidoost Greenland





# Rink gletsjer, west Groenland



RINK ISBRAE: 338 DAILY IMAGES



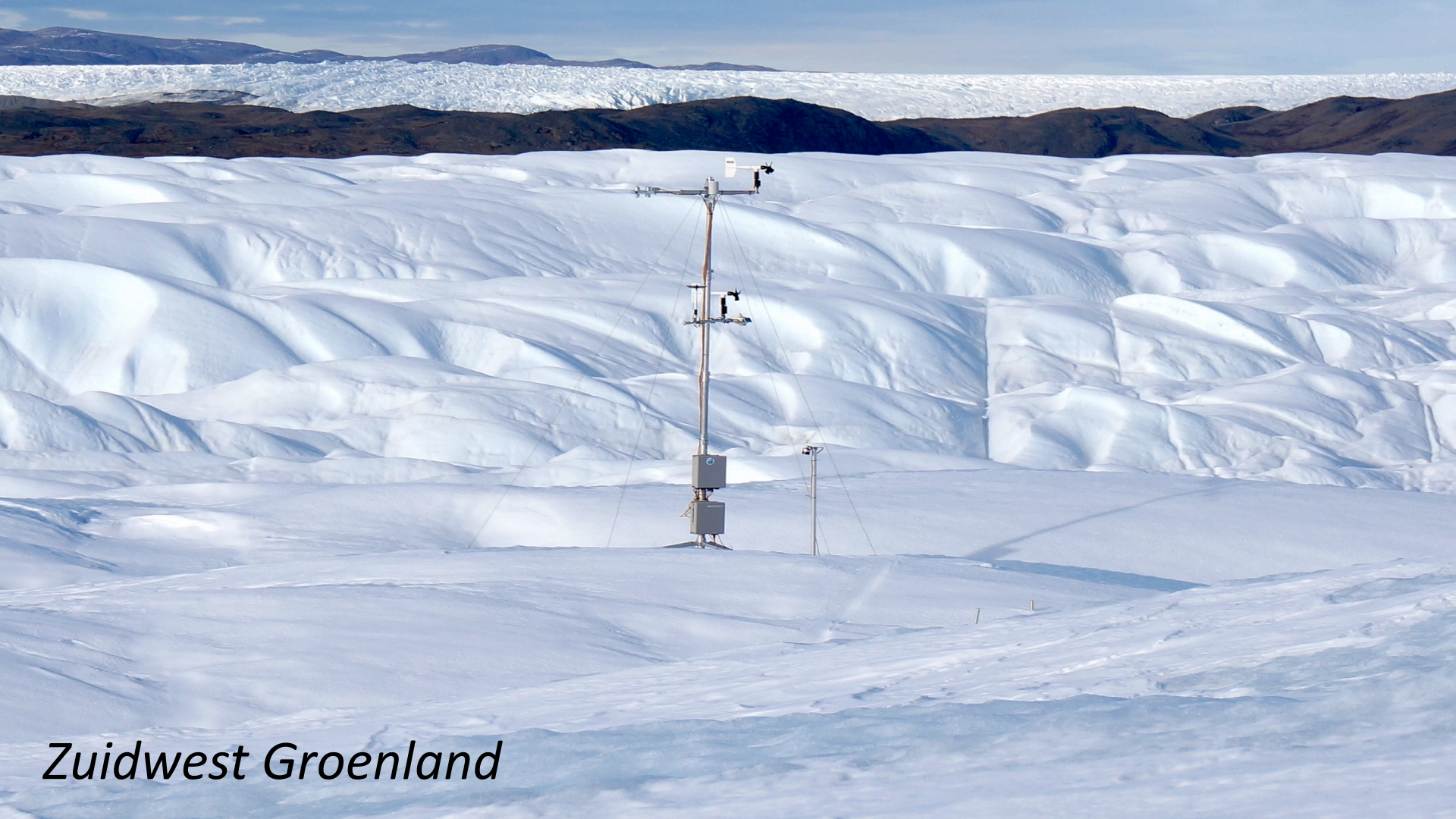
Jason Box



# *West Groenland*

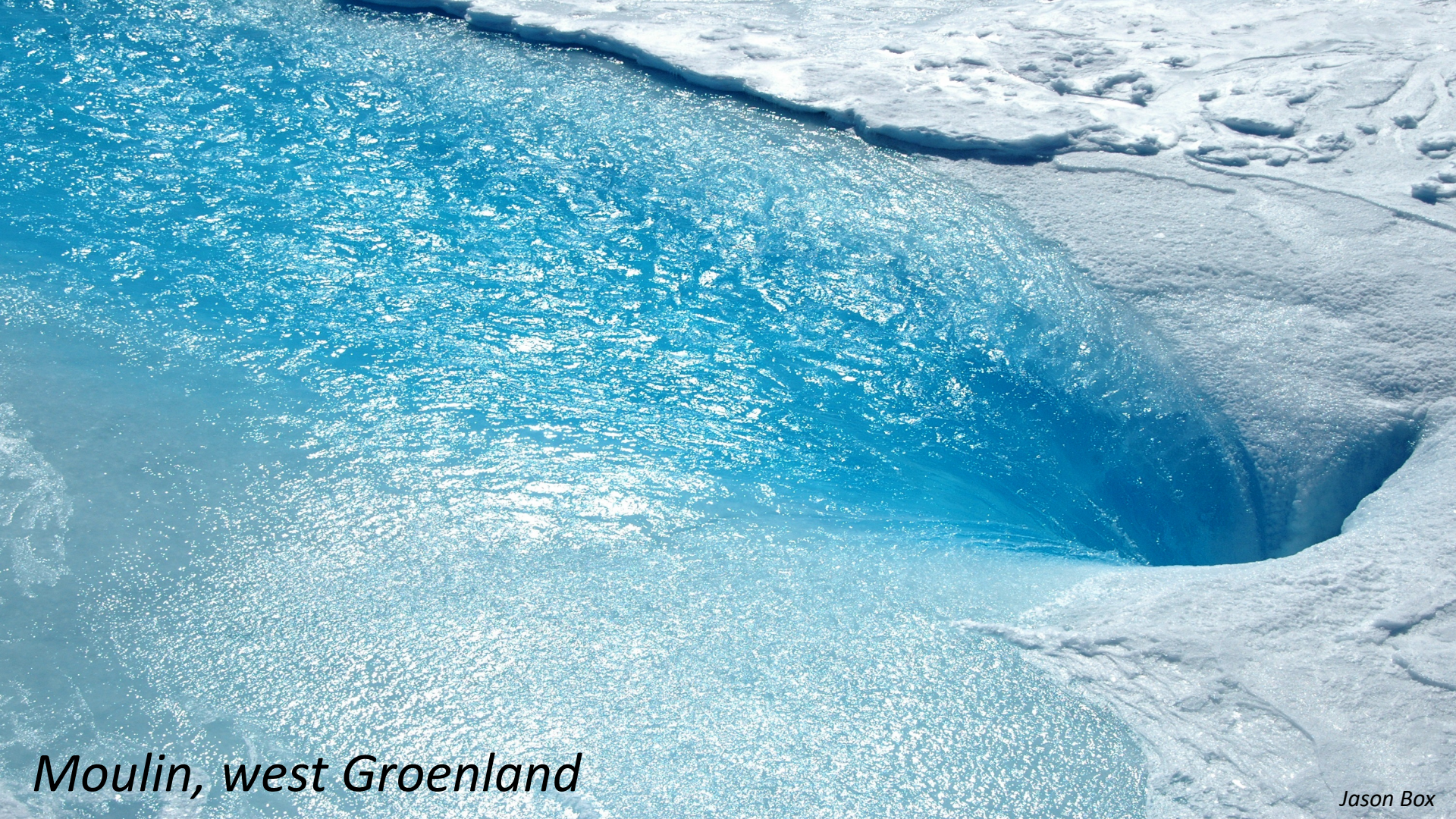






*Zuidwest Groenland*



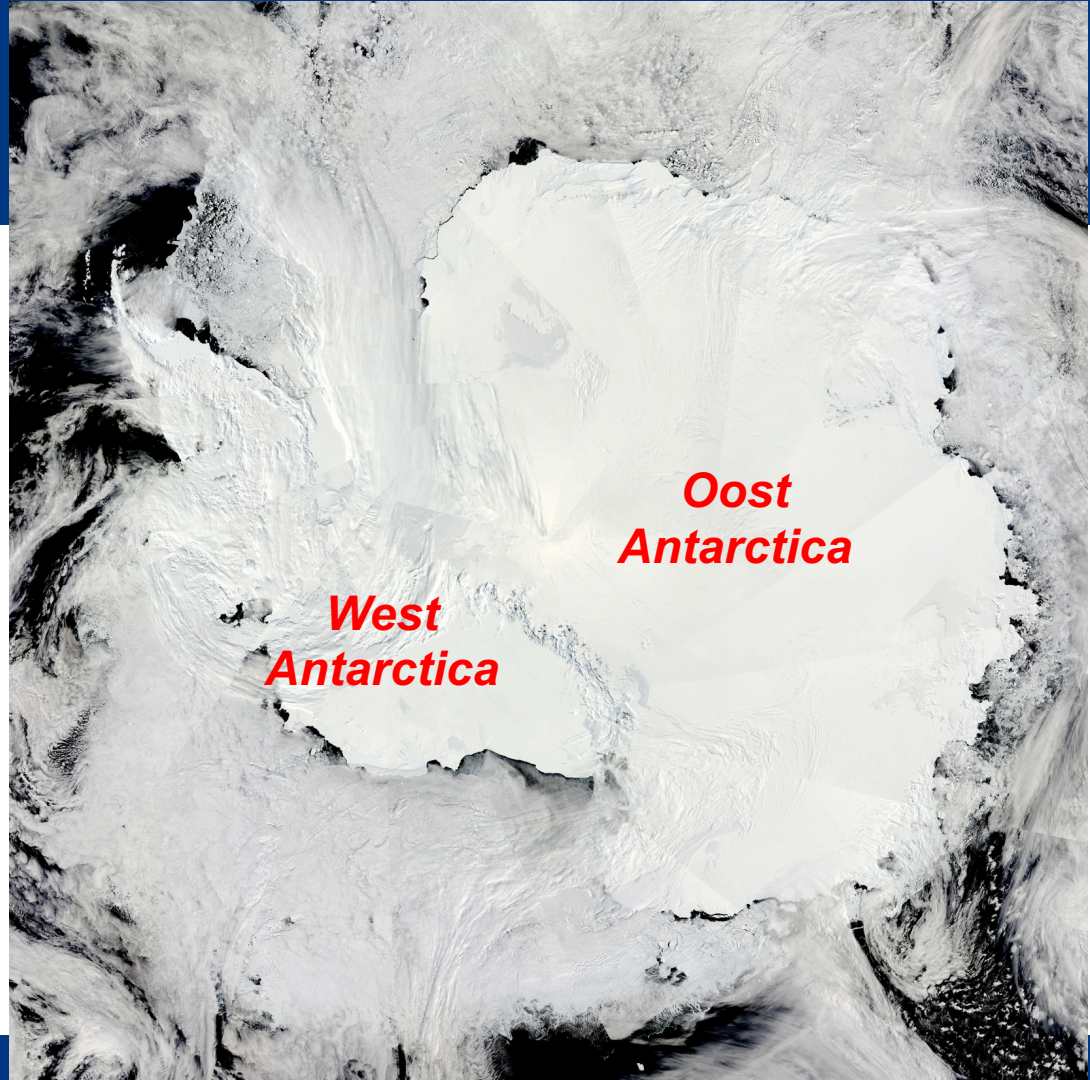


*Moulin, west Groenland*

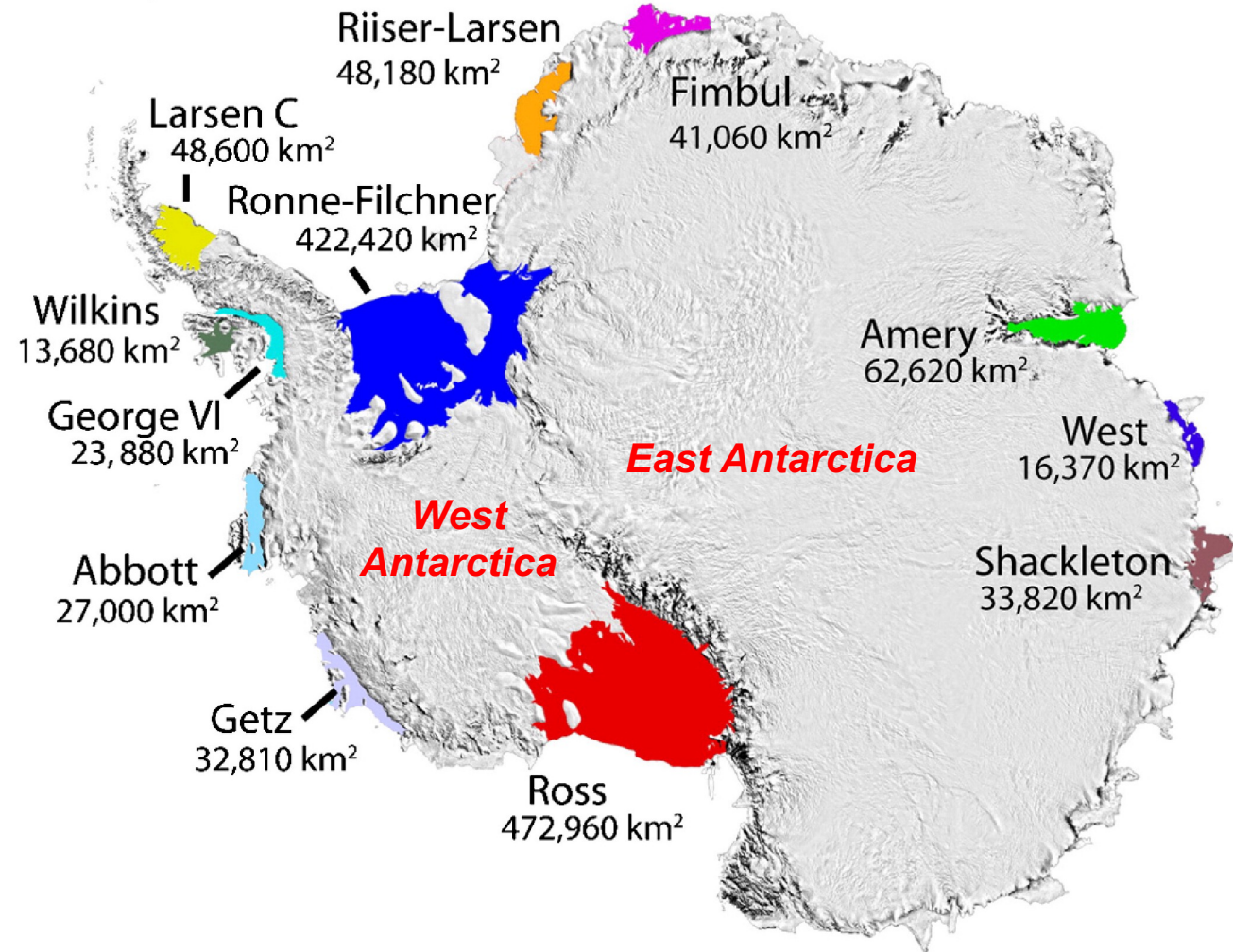


# *Antarctica*

*Een continent  
omringd door  
oceanen*



# Ijsplaten van Antarctica



Nederland op schaal



# *RV Polarstern bij Fimbul ijsplaat*



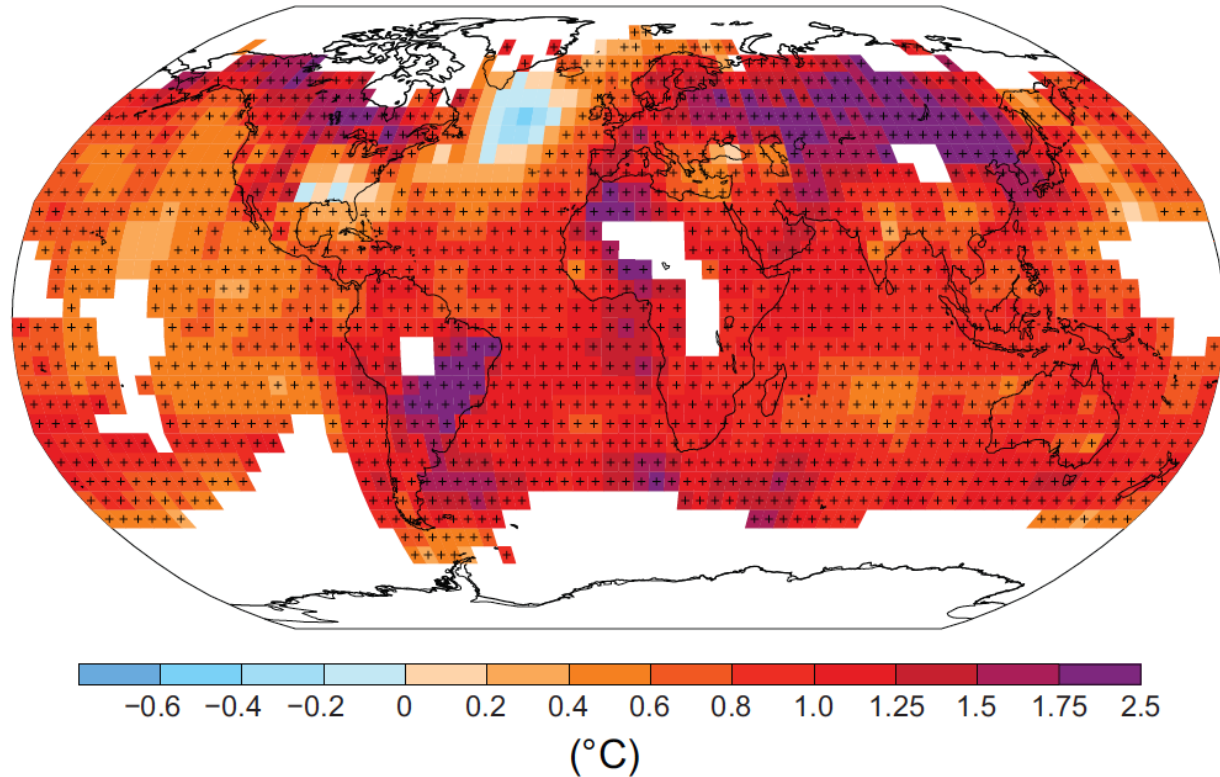


# *Antarctische tafelijsberg*

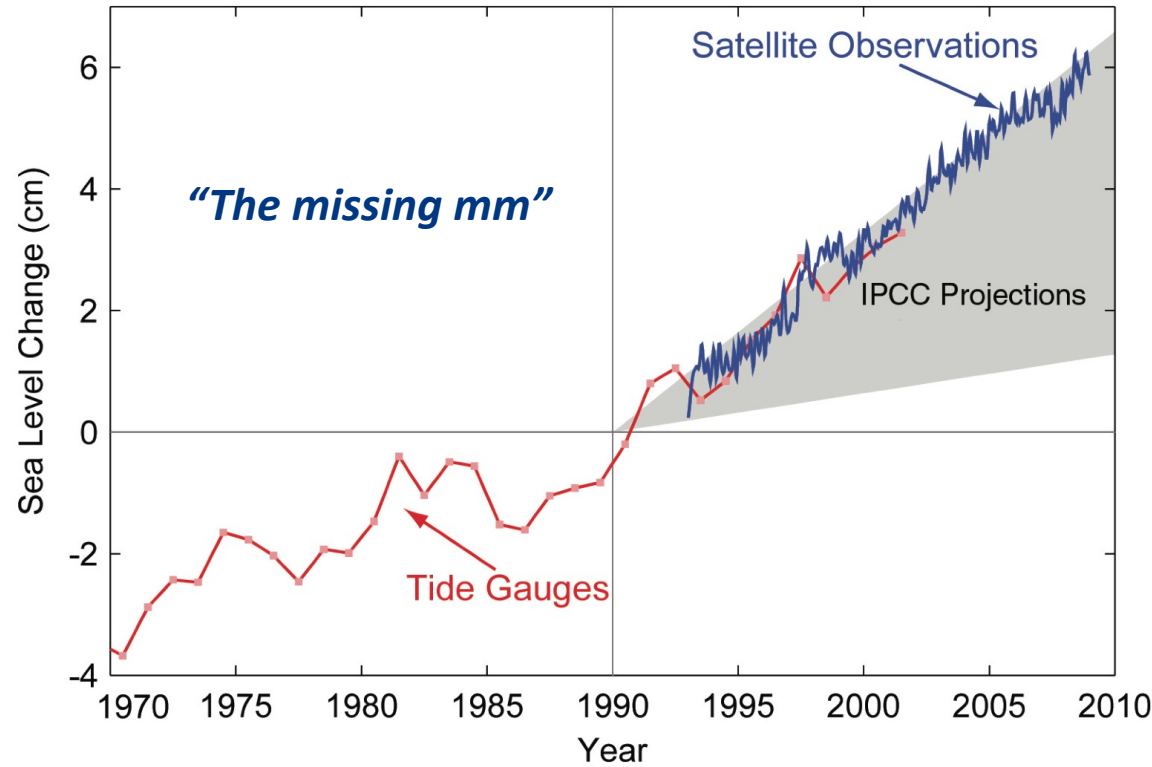




# Waargenomen opwarming sinds 1900



# IPCC First Assessment Report (1990)



The Copenhagen Diagnosis, 2009

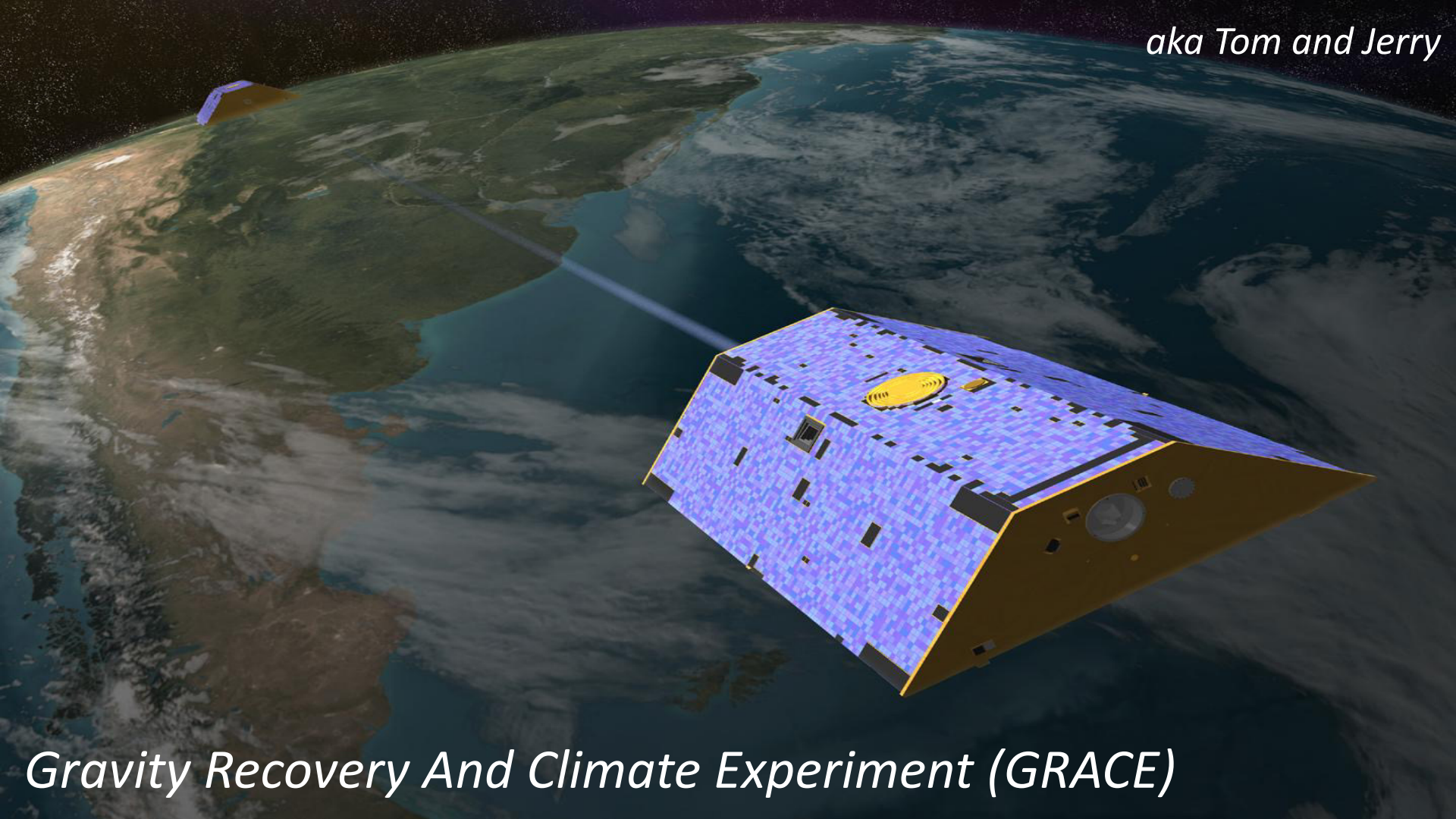
# CLIMATE CHANGE

*The IPCC Scientific Assessment*

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

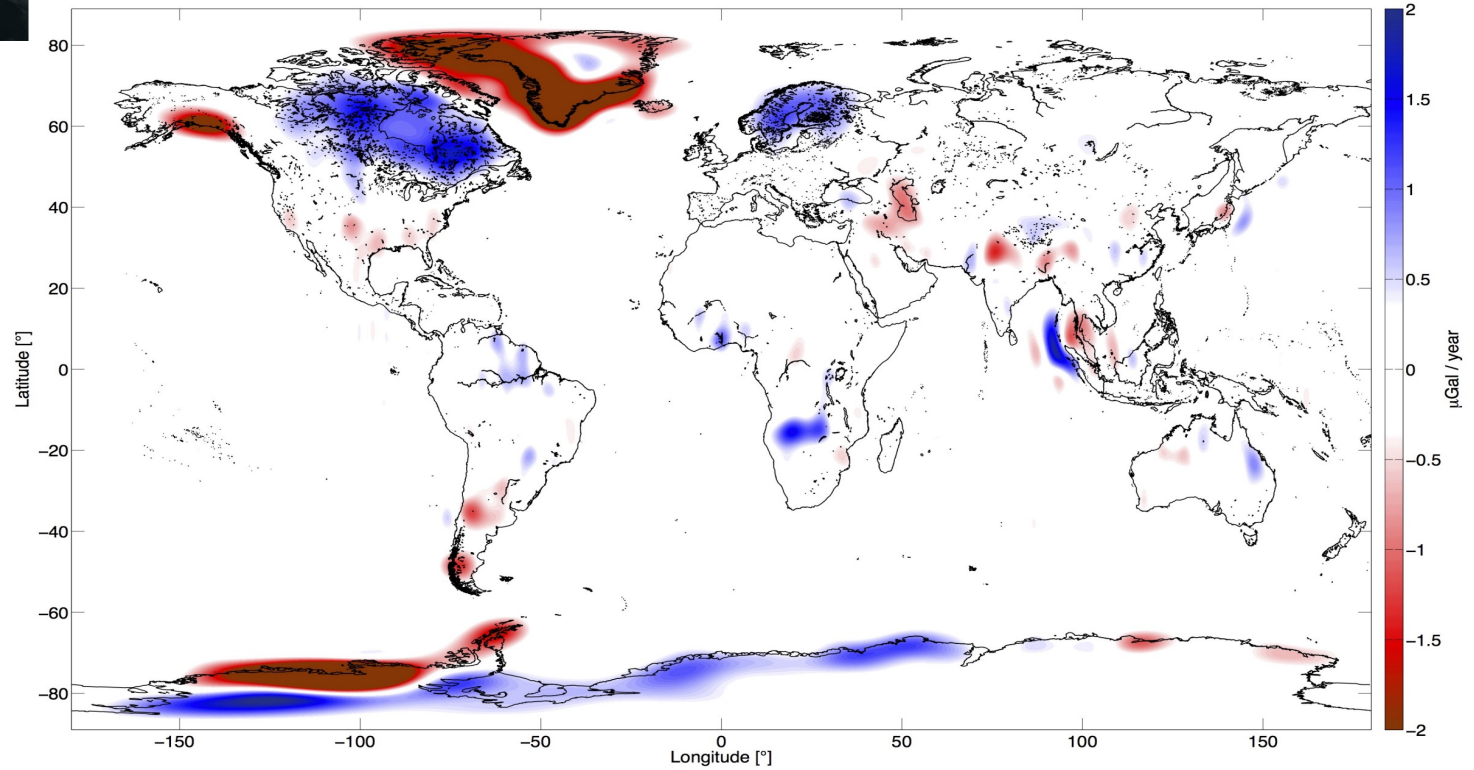
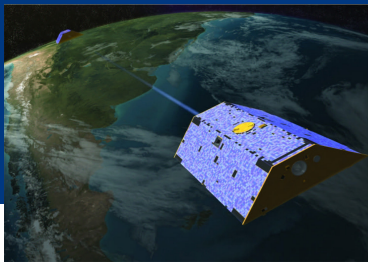
*aka Tom and Jerry*



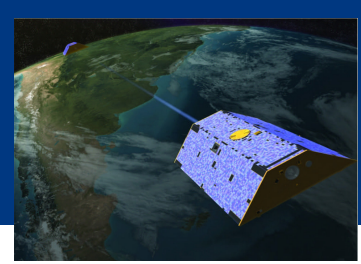
*Gravity Recovery And Climate Experiment (GRACE)*



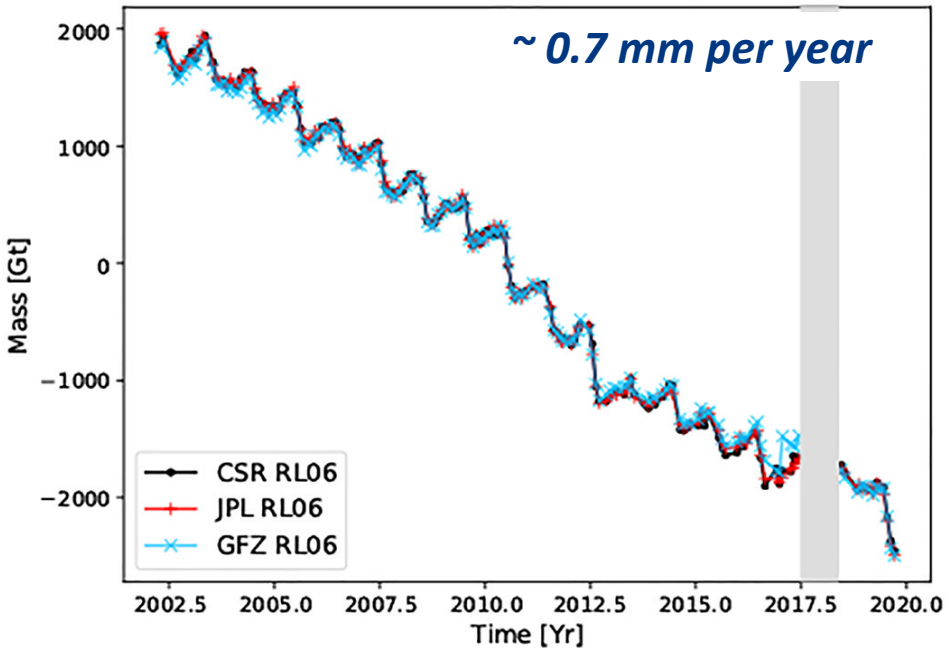
# GRACE: de grote ijskappen verliezen massa!



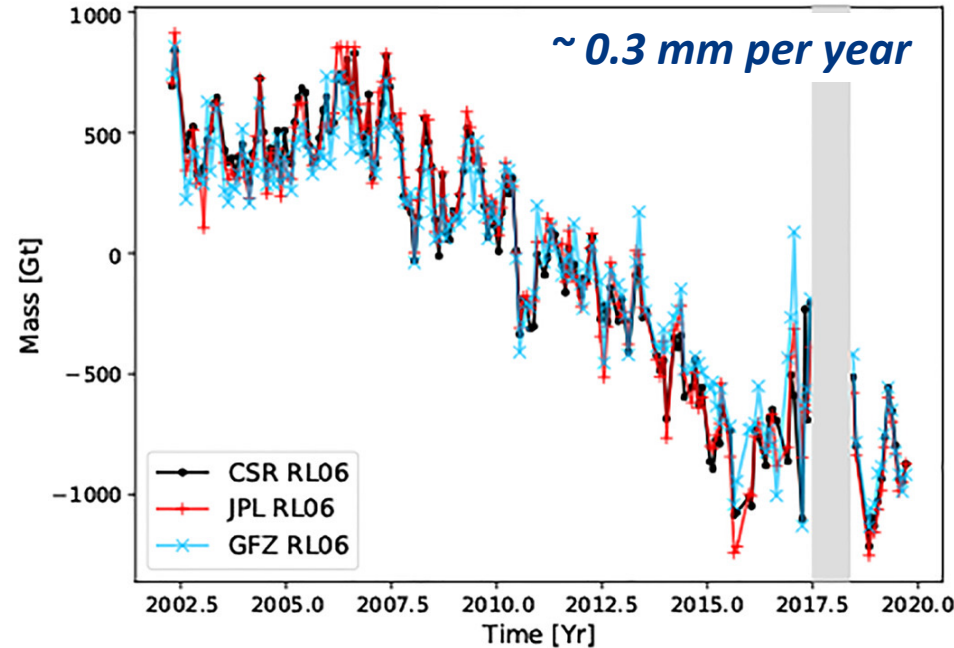
# Tijdseries van het massaverlies



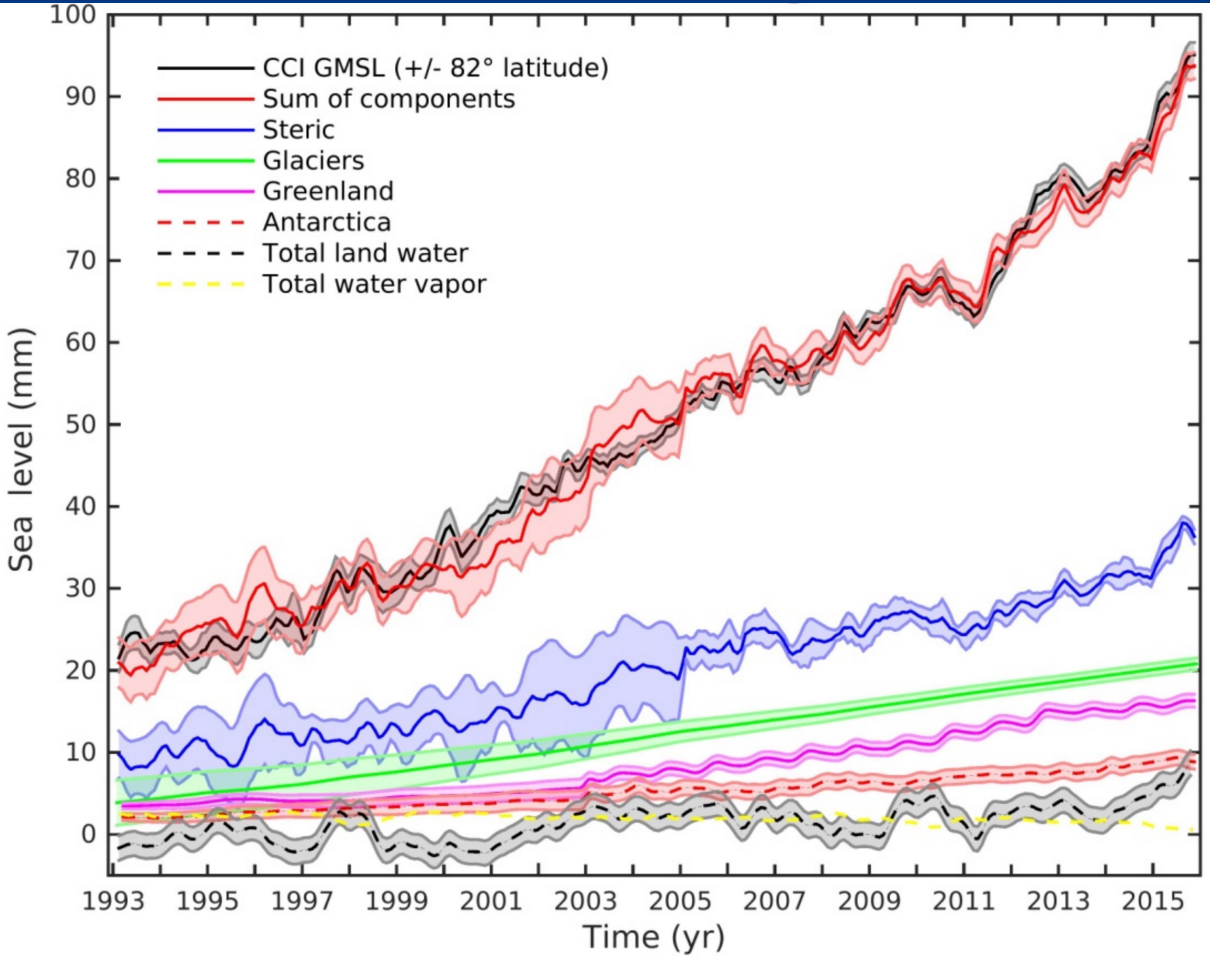
## Groenland



## Antarctica



# Componenten van zeespiegelstijging



*Som componenten*

*Satellietwaarnemingen*

*Thermische expansie*

*Valleigletsjers*

*Groenland*

*Antarctica*

*Dammen en aquifers*

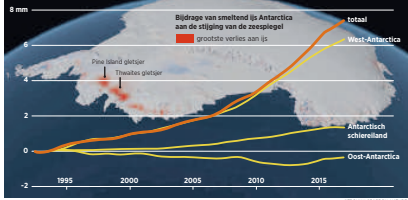
*Atmosferisch water*



**Donderdag 14 Juni 2018**  
**Bas Haring, filosoof:**  
 Van sommige diersoorten  
 is het niet zo erg  
 als ze zouden misterven  
 de verdieping

WWW.TROUW.NL | 76STE JAARGANG NR 22579 | E-MAIL VIA WWW.TROUW.NL/SERVICE | POSTBUS 859 900 AM AMSTERDAM | REDACTIE 020-562 9444 | KLANTENSERVICE 08-056 158 188 | BEZORGING 088-056 13399

## Smelten Antarctica niet meer te stoppen



**Klimaat** Het verlies aan ijs op Antarctica is in tien jaar verdrievoudigd. Een forse zeespiegelstijging dreigt.

**Joop Engels**  
 REDACTIE WETenschap

Antarctica verliest steeds sneller ijs. Verdoen rond 2005 nog slechts 73 miljard ton ijs in ze, sindsdien is het verlies verdrievoudigd naar 210 miljard ton per jaar. Vooral de ijskap van West-Antarctica, het deel van het Zuidpoolgebied dat richting Argentinië wijst, kalfte in hoog tempo af. In dit proces heeft zijn kameelrug meest waarschijnlijk bijgedragen, waardoor het onomkeerbaar is geworden.

**Grote gletsjers sluipen steeds sneller in zee**

In het veld van de ijsplaten vinden 24 onderzoeksgroepen vandaag de gegevens die de gletsjers 15 jaar zijn verzameld over het Zuidpoolgebied. "Het is een update van eerdere berichten", zegt een van de onderzoekers, hoogleraar polaire meteorologie Michiel van den Broeke van de Universiteit Utrecht. "We hebben nu een compleet beeld van het smeltproces. En zie zien dat het massaverlies van West-Antarctica is toegenomen. Bij een vorige rapportage was die omvang rond 2005 niet zo duidelijk te zien."

Vaak zijn berichten over smeltende ijskappen gebaseerd op een type

meting, op satellietgegevens bijvoorbeeld. Dan zie je wel dat het ijs minder wordt, zegt Van den Broeke. "Maar je weet niet precies wat er gebeurt, welke processen een rol spelen. In het door verminderte meeterveld of door veranderde ijsstroming? Of een combinatie?"

Door de meetgegevens te combineren met modelberekeningen zien de onderzoekers dat het grootste ijsverlies ontstaat doordat grote gletsjers steeds sneller in zee glijden.

De meeste gegevens zijn afkomstig van twee zeesatellieten die de grootte van de ijsmassa zijn voornamelijk het gevolg van wisselingen in de ijsdikte. "Een één procent minder ijs op Oost-Antarctica is al goed voor onderen smelten en duunen weg. Met name twee grote gletsjers op West-Antarctica, Pine Island en Thwaites, verloren steeds meer water en groeie blokken ijs af.

Dat proces versnelt zichzelf. De gletsjers nutten op een snobdoel die niet alleen onder water ligt, maar landwaarts steeds verder naar de zeevenkoms komt. Het ijs hangt in het boven een diepe zeevatant. Trek de gletsjer zich terug, dan kan het

**WK 2018**

**Wordt hij de sterspeler in Rusland?**  
 Terug naar het Madeira van Ronaldo  
 DE VERDIEPING



**WK voetbal van start**

- Geen Oranje, toch is het feest NEDERLAND 11
- Nu of nooit voor Lionel Messi SPORT 18
- De WK-colum van Henk Hoijtink SPORT 19

**Niet langer 'Mr. No'**

Ruttes pro-EU-speech VANDAAG 4

**Strandparadijs Noord-Korea**

Wat bedoelde Trump? VANDAAG 5

De wereld is Krás

**Autovakantie Duitsland**

Nu met extra kortings!

24 dagen voor 75

Het Duitse merengebied

Wiken het prachtige landchap met de Oostzee binnen handbereik. Verlijf in een mooi hotel met ontbijt en bezoek het oudste overlevende Schwaner-Schloss. Verlijf in de rustige wijk Kriebitzdorf op ca. 5 km van Schwane. Het Oostfermerie overlevende winkelcentrum op loopafstand. Maak een leuk uitstapje naar de prachtige Schweizer See.

Kras.nl/17586 of bel 088-0885 886

© Pripin s.p.a. alle 2 jaarsnamen, reserveringen en Garantiebeding

Donderdag 14 Juni 2018

# NRC HANDELSBLAD



**Urinoir**  
 Dit is geen Duchamp, dit is een Elsa van Freytag

In het nieuws 3  
 Cultuur C4-5

ALGEMEEN HANDELSBLAD (5096) EN NIEUWE ROTTERDAMSE COURANT (2846)

nrc.nl JAARGANG 48 NO 254 PRIJS €2,60

**Missies**  
 Krijgsmacht kiest niet meer voor Mali  
 In het nieuws 4-5

**Macedonië**  
 Naamswijziging kan helpen bij regionale vrede  
 Buitenland 16-17

**WK 2018**  
 Afrap voor vier weken voetbal in Rusland

**WK-colum 2**  
 De exoten 9  
 Merkansing voor Rusland 10-11  
 Commentaar 15  
 Onrust bij Spanje E10-11



**Klimaatwetenschap**

## Het ijs op de Zuidpool smelt angstwekkend snel

Antarctica verliest al jaren ijs met 7 miljoen kilo per seconde. De oorzaak is warmer zeewater.

Door onze medewerker **Henke Belintan**

**AMSTERDAM** Rijns 7 miljoen kilo per seconde. Zowel ijz verloor de Antarctische ijskap meto tussen 2012 en 2017. Het jaar werd de ijskap daarmee 299 miljard ton lichter - ruim drie keer zoveel als het jaarlijkse ijverlies in de twaalf jaar daarvoor. Dat schrijft een groot internationaal onderzoeksteam deze week in het tijdschrift Nature, in een themanummer over de veranderingen in het Antarctische ijs en de gevolgen daarvan voor de rest van de wereld.

Op het continent Antarctica ligt ongeveer 10 miljoen ton ijs, als het allemaal zou smelten, de zeespiegel wereldwijd met 58 meter te laten stijgen. Het land is gemiddeld twee kilometer dik, soms zelfs bijna vijf kilometer. De ijskap is niet statisch. Periodiek komt er voedselruim bij bij doordat verse sneeuw zich ophoopt en smelt samen met het ijs. Anderzijds stromen en rivieren van ijs richting zee. Het ijs wordt ook anderszins afgevoerd van zijn eigen gewicht behalve langzaam naar de randen van het continent, als een padding die uitzaakt, vertelt Michiel van den Broeke, hoogleraar polaire meteorologie aan de Universiteit Utrecht.

**Drijvende ijsplaten**

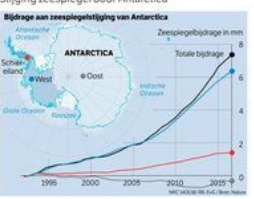
Van den Broeke is een van de hoofd-auteurs van de Nature-studie. "Langs tweedevande van de Antarctische kustlijn stromen dat ijs de zee aan op, wat het drijvende ijsplaten vorm van honderden meters dik. Het drijft in smelt. Dit heeft dat geen invloed op de zeespiegel, benadrukt Van den Broeke. Maar deze ijsplaten fungeren als een rem op die ijsplaten. Deze ijsplaten dragen worden of verdwijnen, dan valt die rem weg. Dan kan het landijs sneller smelten naar zee stromen en verliest de ijskap massa. Dat is wat er nu gebeurt." Dit is veelvuldig vastgesteld.

Aan het artikel in Nature worden 30 onderzoekers mee uit onder meer de 76, Groot-Brittannië, Frankrijk, Duitsland, Noorwegen, Canada en Nederland. Het kernlabo, onder leiding van Van den Broeke, publiceerde ook in 2012 al in Nature. "Daaruit bleek dat het ijverlies



Sletten in de Pine Island-gletsjer, bij het punt waar deze de zee op drijft.

**Stijging zeespiegel door Antarctica**



erom is, en potentieel een belangrijke bron van zeespiegelstijging. Dit nieuwe artikel combineert twee keer zoveel bepalingen en neemt ook de laatste paar jaar mee. Na zien we dat het ijverlies sterk aan het versnellen is."

De metingen zijn gebaseerd op drie methoden. Ten eerste meten wetenschappers de veranderende hoogte van de ijskap met behulp van satellieten. Daarnaast meten ze de veranderingen in het zwaartekrachtveld van de aarde, eveneens vanuit satellieten. "De gravitatie-massa van de Antarctische ijskap betrouwbare plaatselijk het zwaartekrachtveld", vertelt Bert Wouters, collega van Van den Broeke en medeauteur van het artikel. De derde methode omvat metingen aan sneeuwvelden, ijs- en sneeuwvloedstromen, omgerekend naar de hele ijskap.

**Van de boventen plak**

De nieuwe studie heeft laten zien dat de drie methoden dezelfde resultaten opleveren. "Dat is op zichzelf een van de belangrijkste uitkomsten", vertelt Dewi te Bate van het KNMI. Hij is gespecialiseerd in het modelleren van zeespiegelstijging en was niet bij de Nature-studie betrokken. "Het is een belangrijke boventen plak."

De satellietmetingen nemen ook uit wat de belangrijkste oorzaak van het ijverlies is de ijsplaten worden onderaan van de afsmelt aan de onderkant. Blijkbaar wordt het zee-water daer warmer, of beweegt warmer water makkelijker de onderkant van de ijsplaten. Nu zijn er sterke aanwijzingen, zo benadrukt hij, dat er in West-Antarctica, het gebied van de Zuid-Amerika ligt - een zogeheten kantelpunt is breuk bij ijverloos is onomkeerbaar, ook als de klimaatomstandigheden veranderen. In Oost-Antarctica, waar het meeste Antarctische ijs ligt opgedragen, is de massabestend ongeveer 100. "Invoering", manoeuvreert Bert Wouters. "Als we dan met de Oost-Antarctica waarschijnlijk ook niet stabiel." Alleen al een versnelde West-Antarctica kan de zeespiegel binnen een paar eeuwen met 3,5 meter laten stijgen - significant voor laagliggende landen.

**ALTIJD EN OVERAL TROUW**

ONTDEK UW KRANT DIGITAAL

www.trouw.nl

8 710571 004009

**24°C**

Nu valt met schijnt  
 overal de zon.  
 3 Middagje naar op een heerlijk...

**Inhoud**  
 Opinie 16-19 | Familieberichten 5-7  
 Cultuur C-23 | De Gids, te C17-31  
 Economie 5-8 | Sport 31-33

**Bezorginformatie**  
 nrc.nl/service • 088 572 0572  
 ma-vr 08.00-19.45 uur, za 11.00-16.30 uur

**Lees NRC ook online**  
 Zo geregeld  
 Ga naar nrc.nl/activer

**KRAS**

# 14 juni 2018

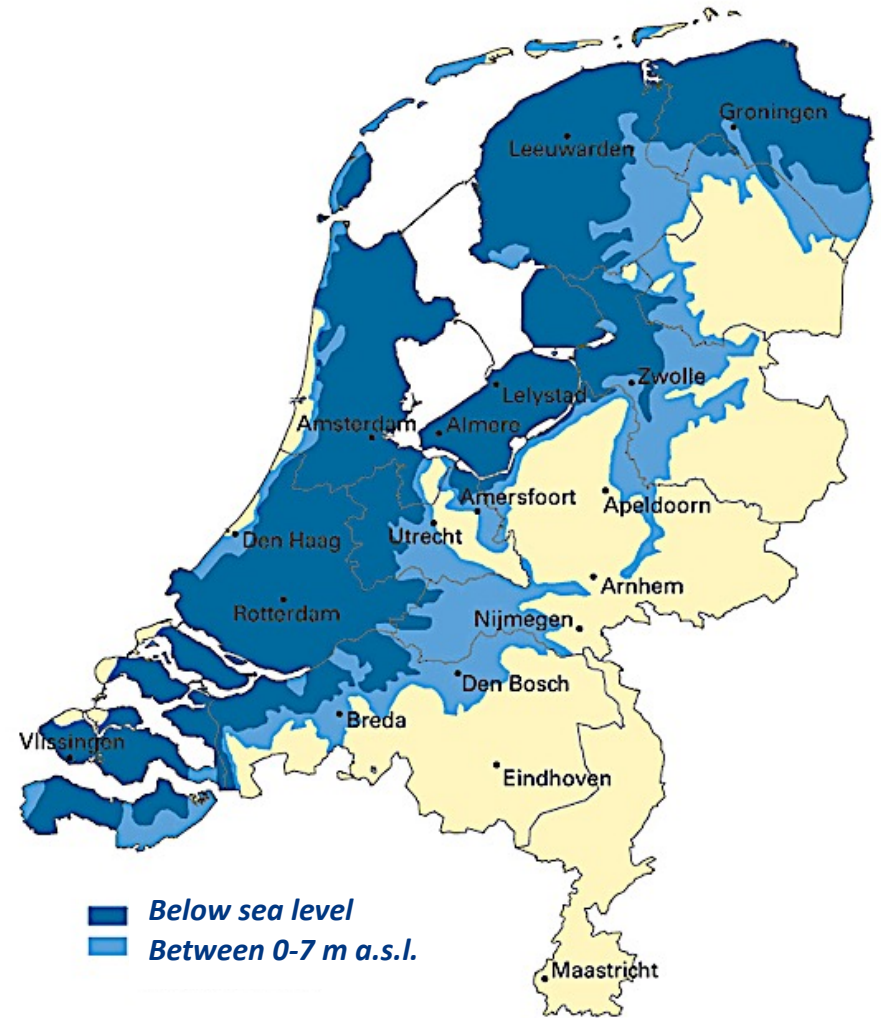


# Potentieel voor zeespiegelstijging

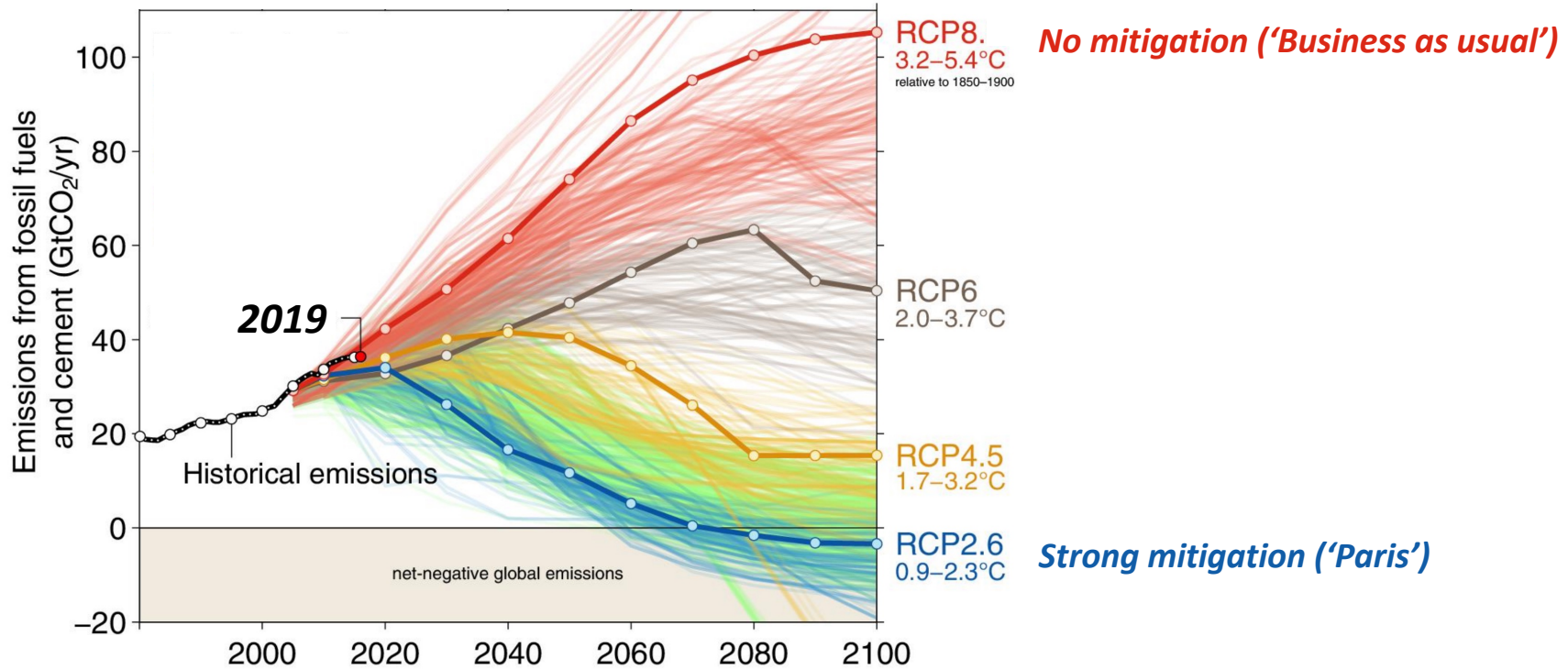
| <i>Estimated</i>                        | Antarctica | Greenland | All other glaciers |
|---|------------|-----------|--------------------|
| Surface area ( $10^6$ km <sup>2</sup> ) | 12.3       | 1.7       | 0.5                |
| Average thickness (m)                   | 2000       | 1700      | 100-260            |
| Volume ( $10^6$ km <sup>3</sup> )       | 24.7       | 2.9       | 0.05-0.13          |
| Equivalent sea level rise (m)           | 56.6       | 7.3       | 0.15-0.37          |



# Nederland in 2300?



# IPCC klimaatscenario's



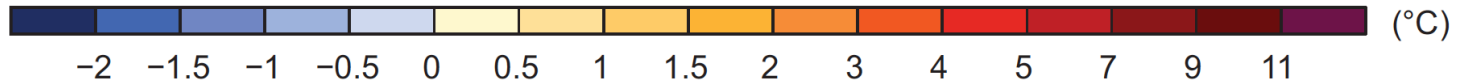
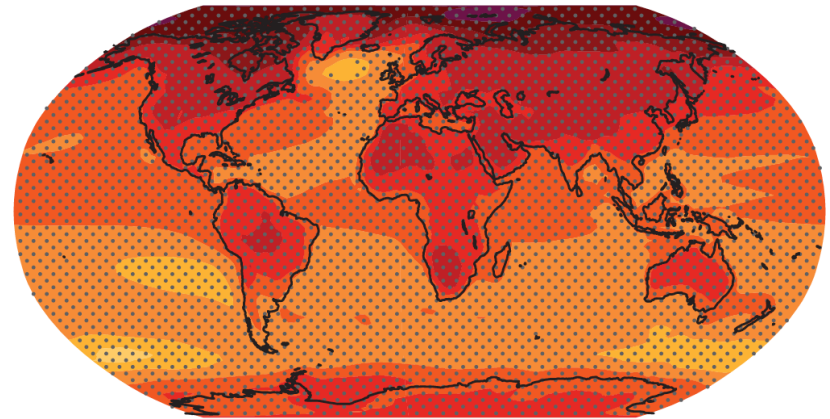
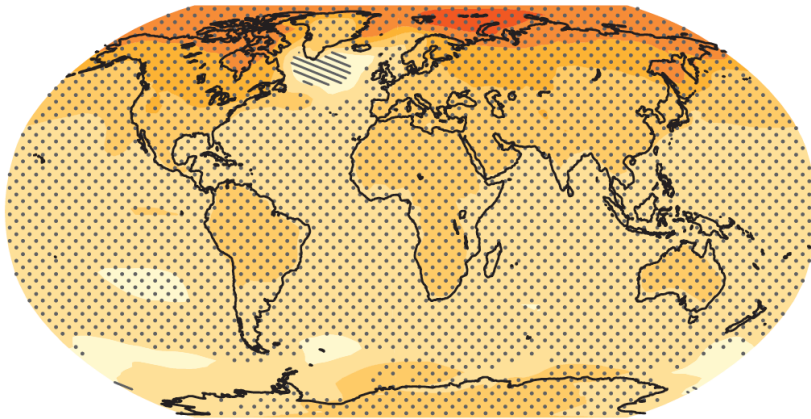


# *Twee extreme klimaatscenario's*

RCP 2.6

RCP 8.5

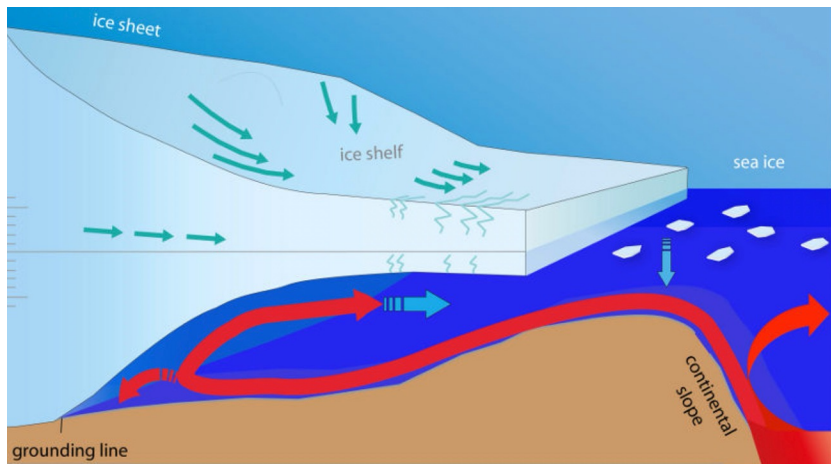
Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



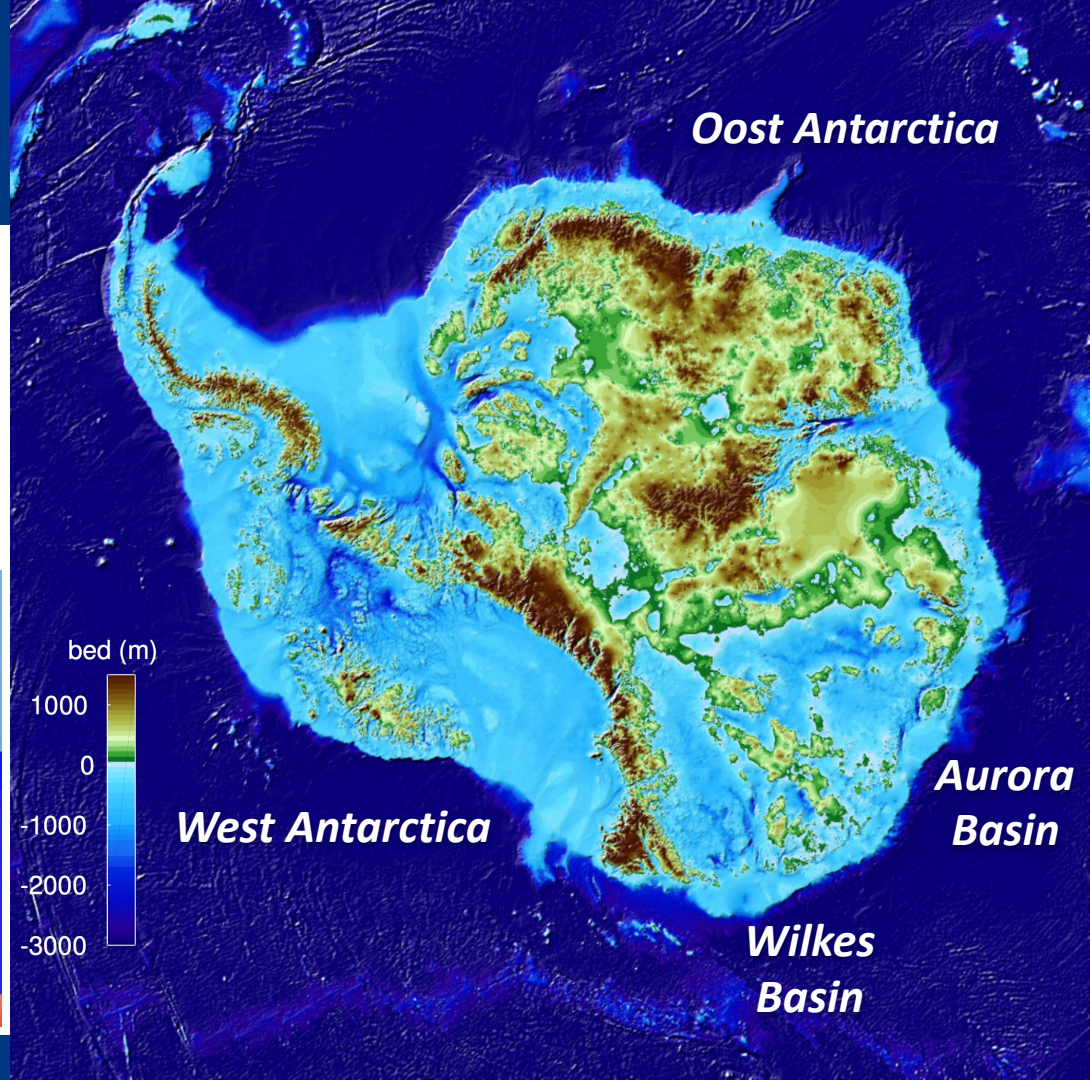
*Succesvolle mitigatie ('Parijs')*

*Geen mitigatie ('Business as usual')*

# De rotsbodem onder de Antarctische ijskap



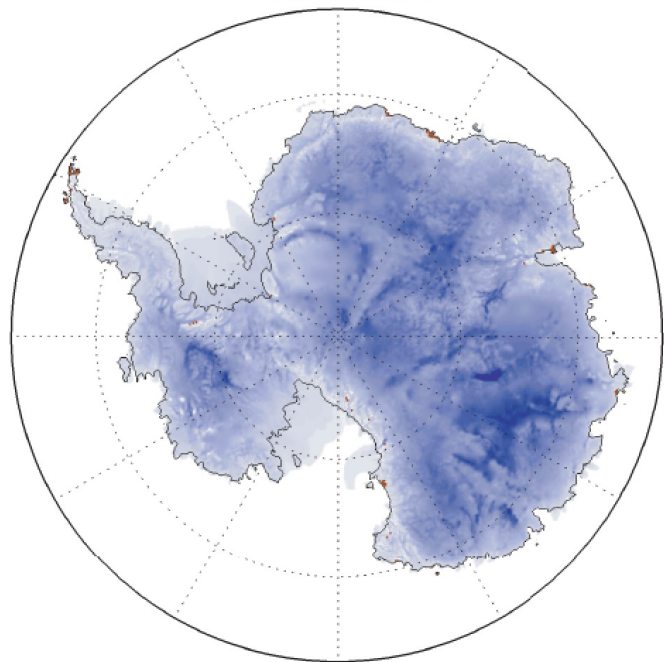
Morlighem et al., 2019





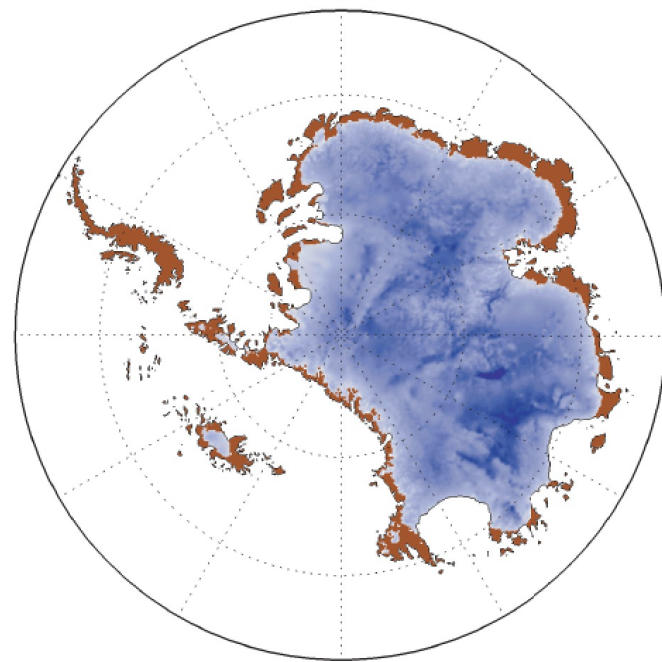
# *Gemodelleerde deglaciatie van Antarctica*

RCP2.6 2500



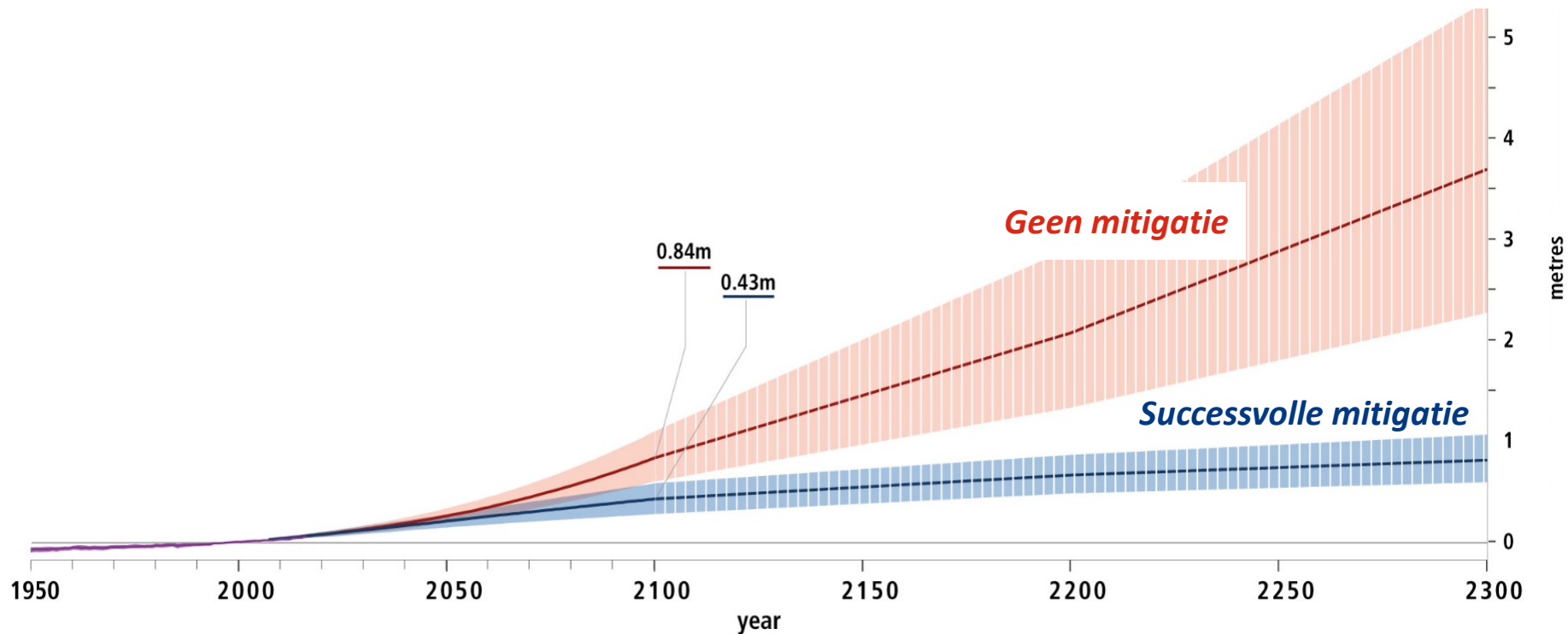
*Succesvolle mitigatie ('Parijs')*

RCP8.5 2500



*Geen mitigatie ('Business as usual')*

# IPCC zeespiegelprojecties (2019)





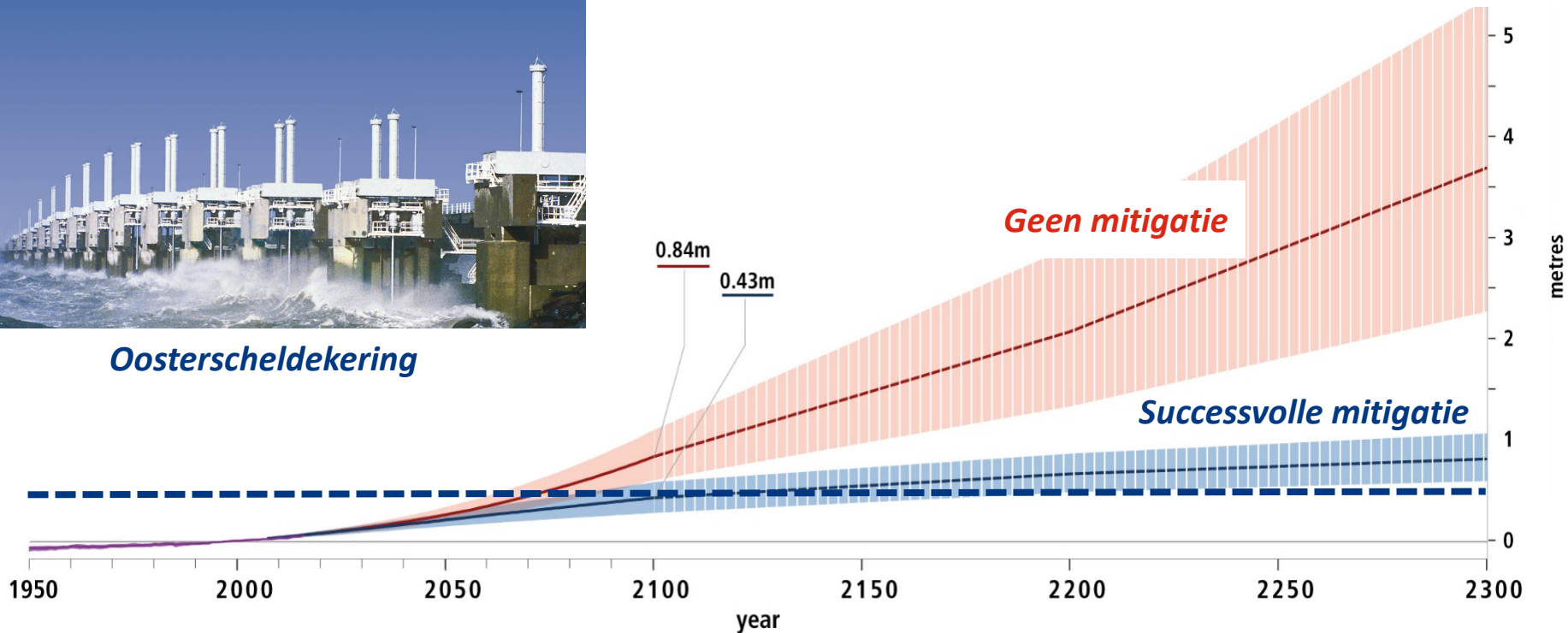
# *Oosterscheldekering (1986)*



# IPCC zeespiegelprojecties (2019)



**Oosterscheldekering**



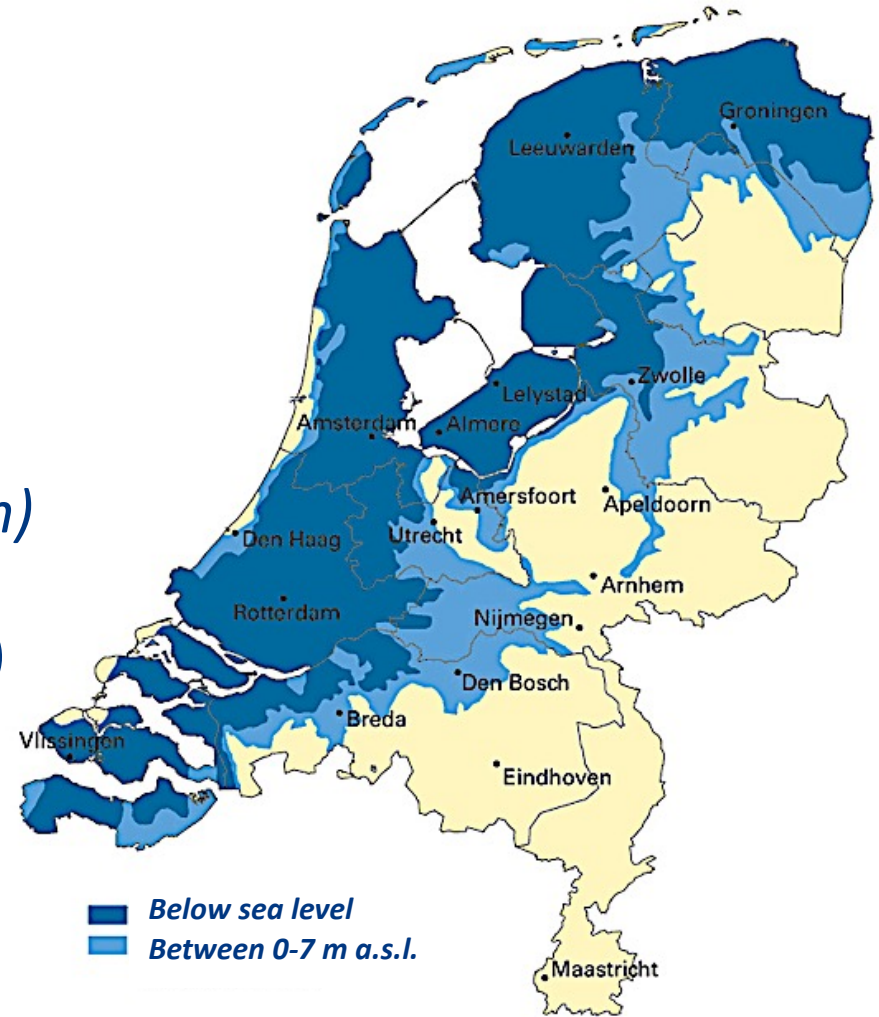


# Nederland in 2300?

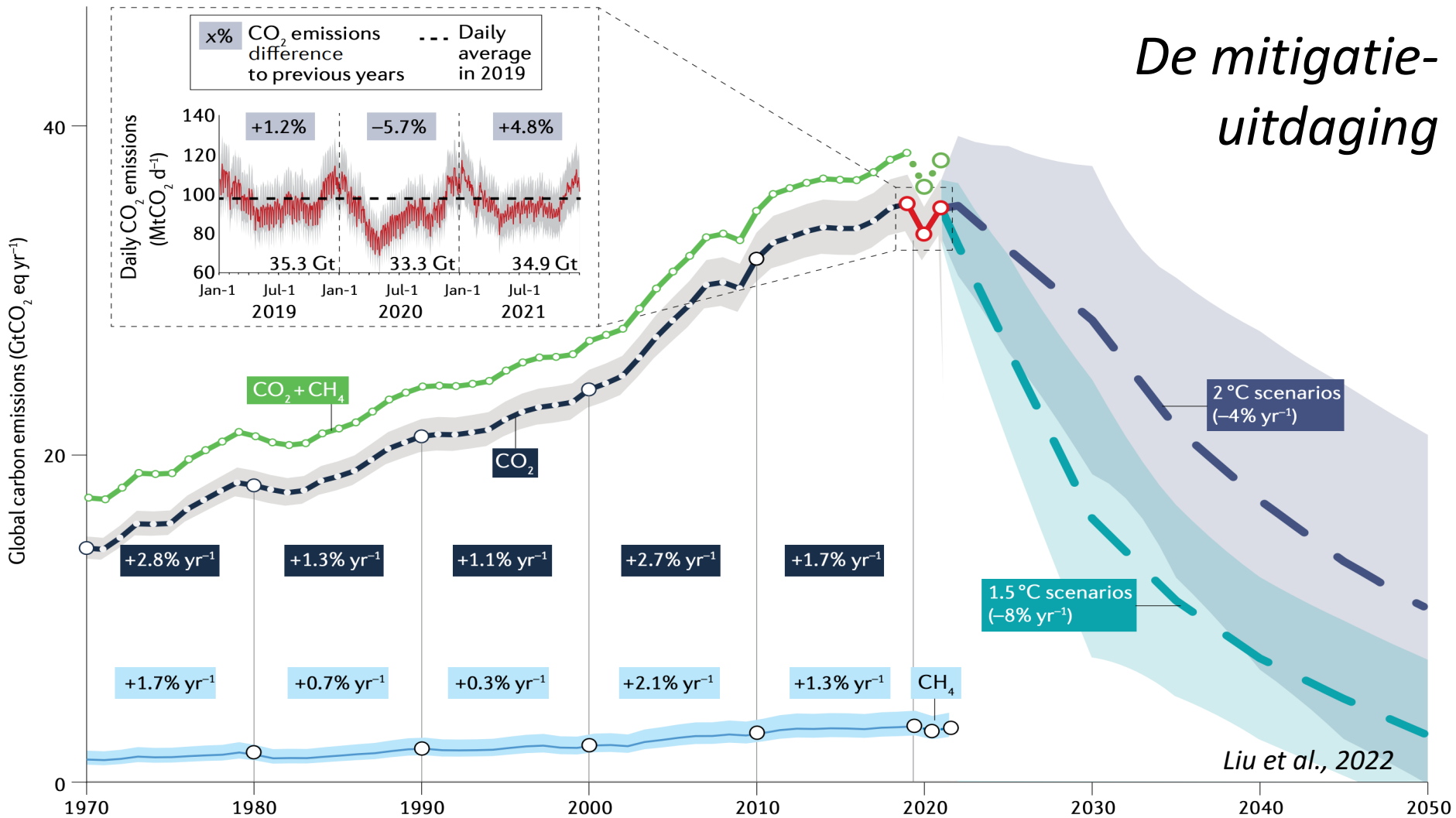
*Wat we nodig hebben om dit te voorkomen:*

*Adaptatie (in NL: nieuwe Deltawerken)*

*Mitigatie (snel naar nul CO<sub>2</sub> emissie)*



# De mitigatie-uitdaging





*KNAG, 8 Juni 2022*

Bedankt voor de aandacht!

Zijn er vragen?



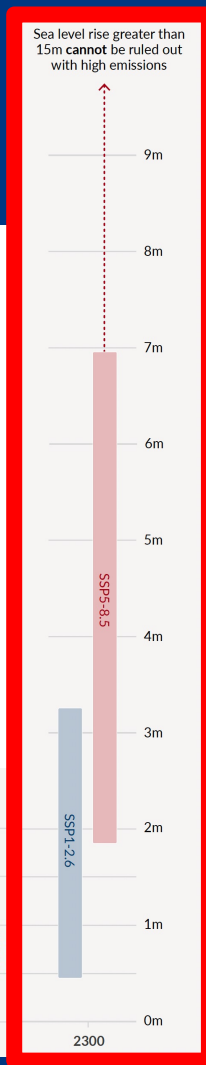
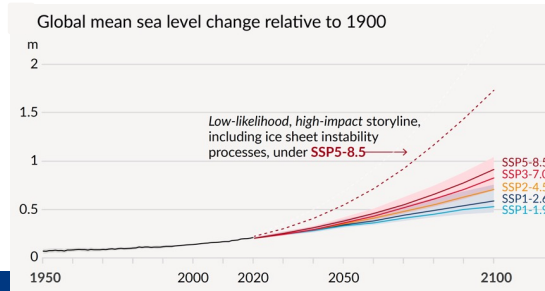
Utrecht University

Institute for  
Marine and Atmospheric  
research Utrecht



**NESSC**  
NETHERLANDS EARTH SYSTEM SCIENCE CENTRE

# De meest recente IPCC zeespiegelprojecties (2021)



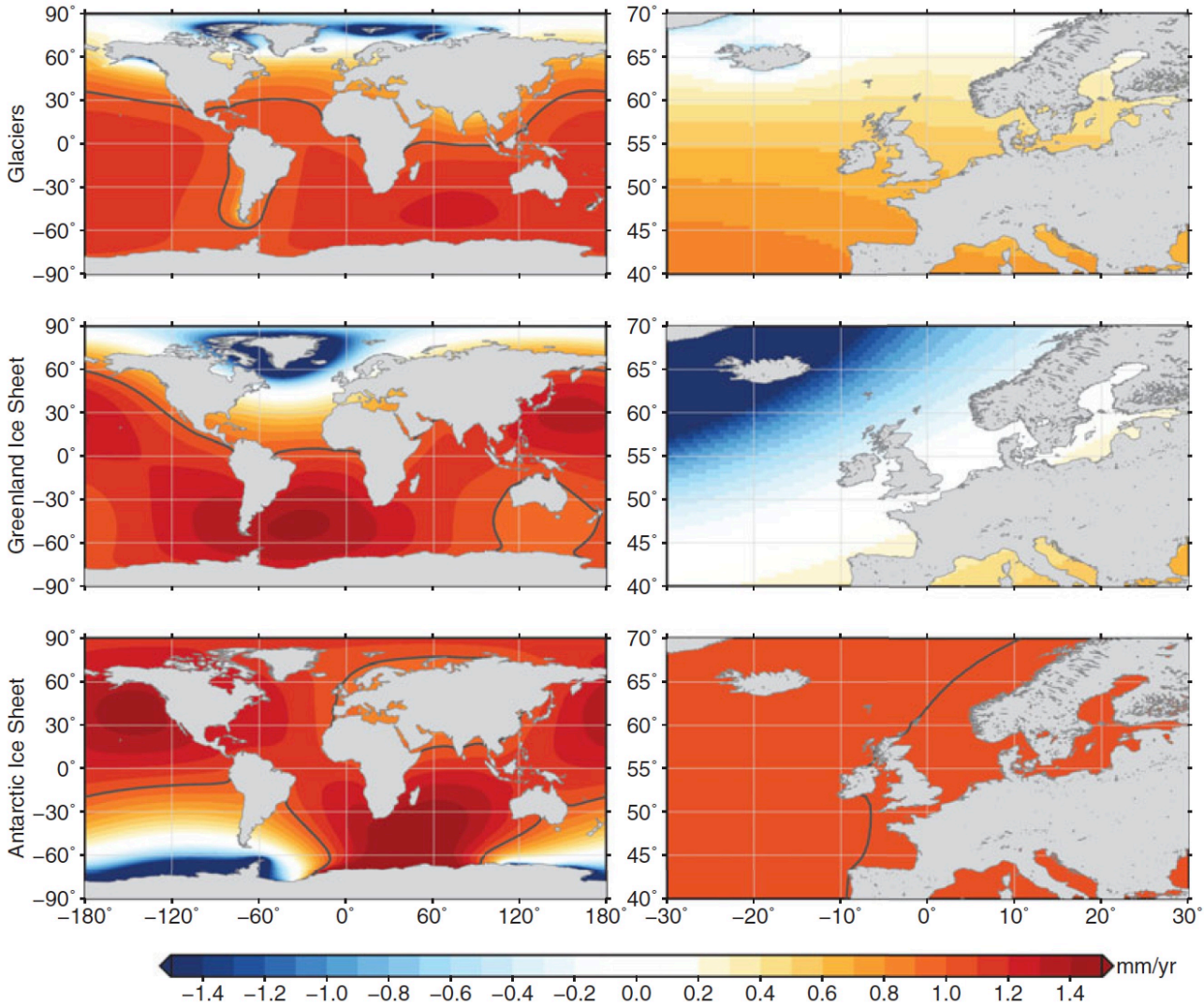
**SSP5-8.5 in 2300: SLR > 15 m cannot ruled out**

SSP5-8.5 in 2300: SLR 2 - 7 m

SSP1-2.6 in 2300: SLR 0.5 - 3 m



# Gravitational and rotational effects



# Marine Ice Sheet / Ice Cliff Instability (MISI / MICI)

