

Klimaatverandering in de afgelopen en komende 100 jaar

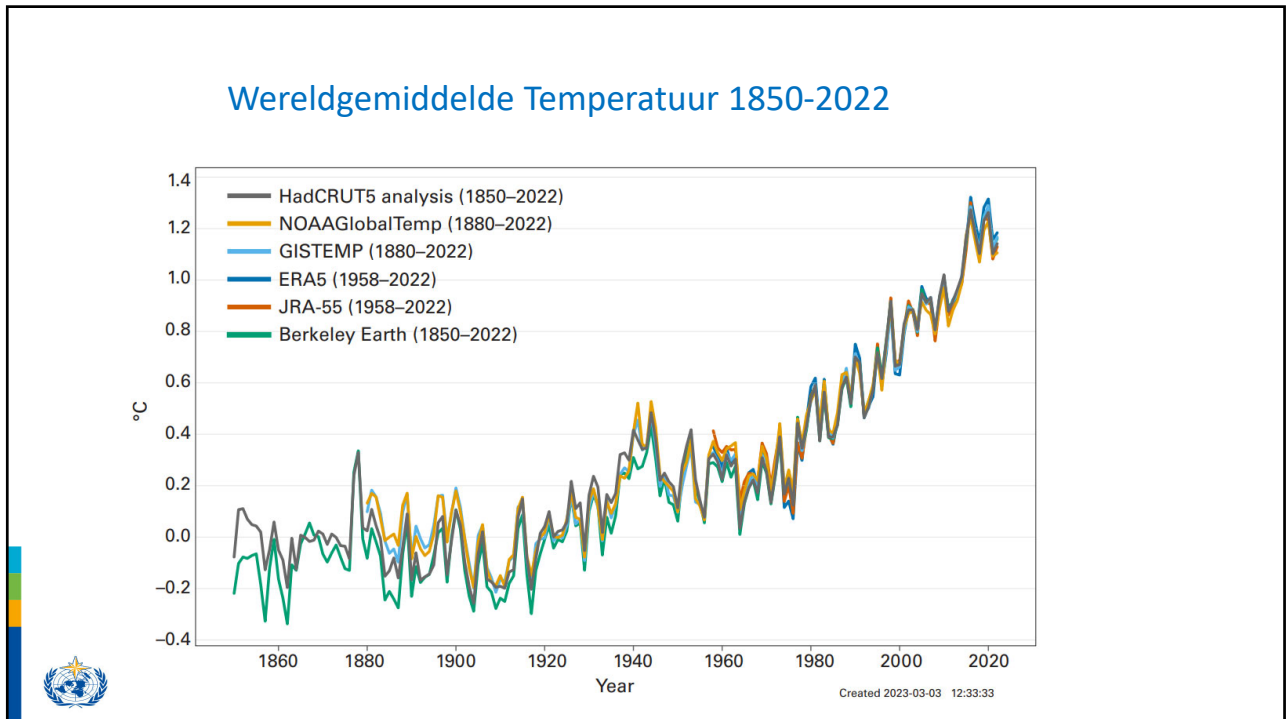
Het Natuurkundig Genootschap WESSEL KNOOPS

12 september 2023

Peter Siegmund
KNMI



1



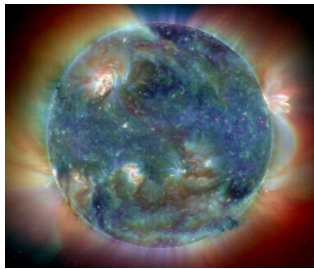
2

Natuurlijke oorzaken klimaatverandering 20^{ste} eeuw

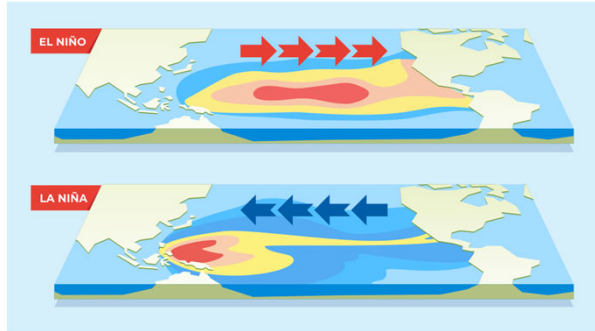
Vulkaanuitbarstingen



Zonne-activiteit



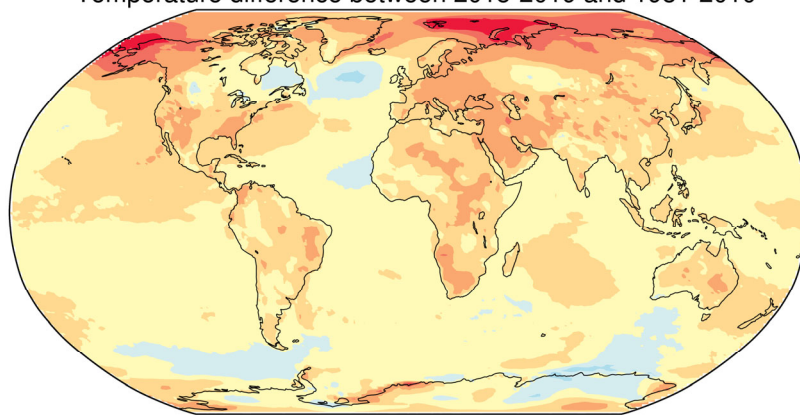
El Niño / La Niña



3

Bijna overall opwarming in 2015-2019

Temperature difference between 2015-2019 and 1981-2010



-10 -5 -3 -2 -1 -0.5 0 0.5 1 2 3 5 10 °C



WMO OMI

Data source: ERA5



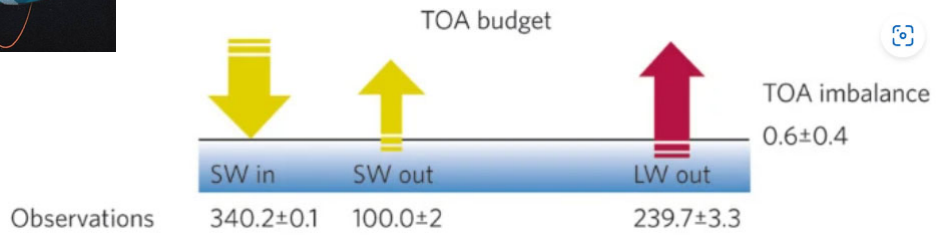
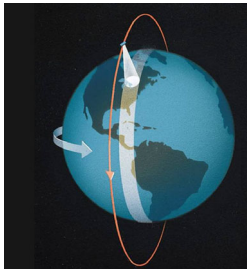
Copernicus



ECMWF

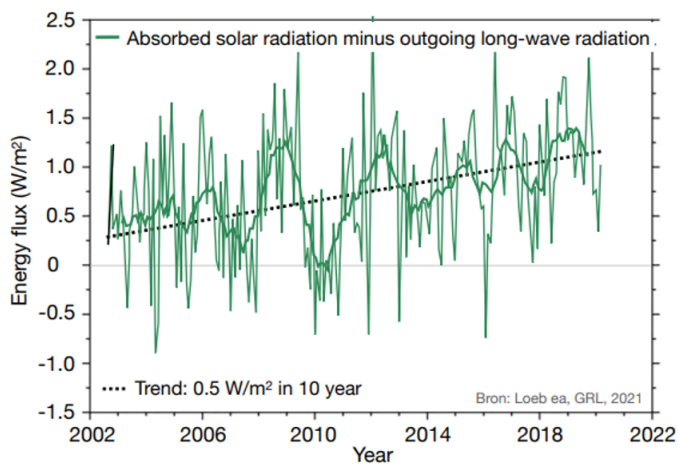
4

Straling aan top van de atmosfeer



5

Netto straling aan top van de atmosfeer: positief, en neemt toe



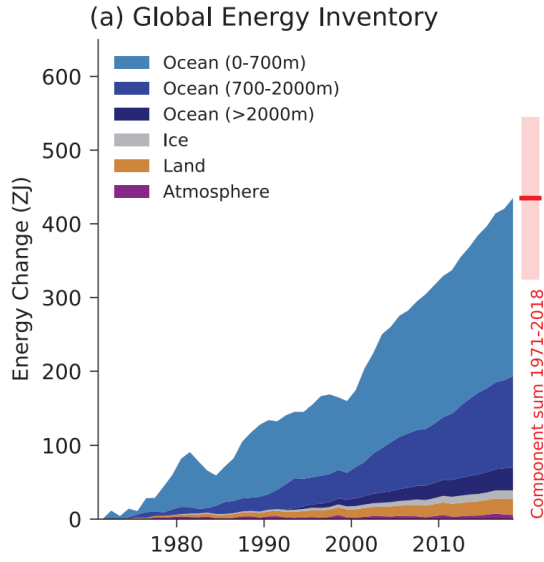
13 september 2023

ΑΝΤΙΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΠΟΛΙΤΙΚΗ ΚΑΙ ΚΑΤΑΤΙΜΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΜΕΤΡΗΣΗ

6

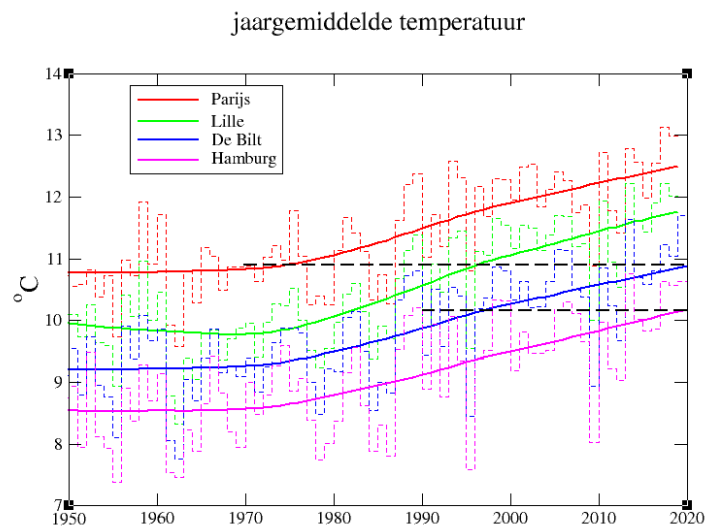
6

Toename van warmte in het klimaatsysteem



7

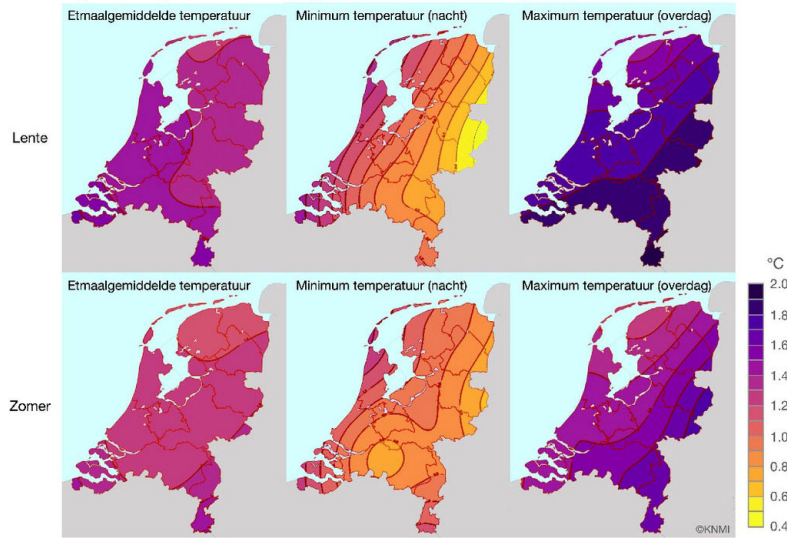
Opwarming Nederland en naburige landen



8

Opwarming Nederland lente, zomer

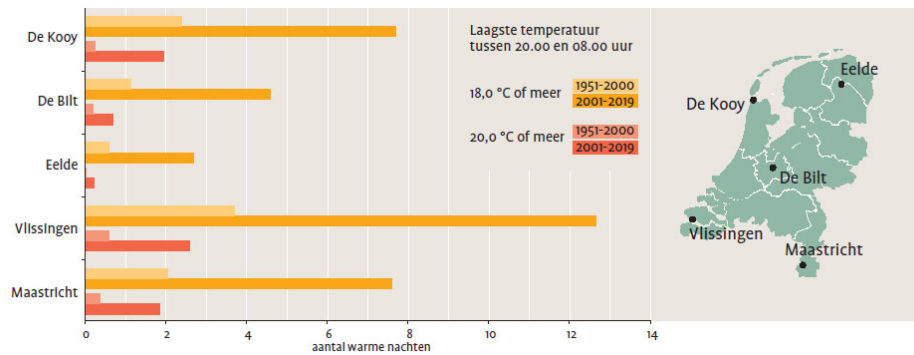
Opwarming in Nederland, tijdvak 1991-2020 ten opzichte van 1961-1990



9

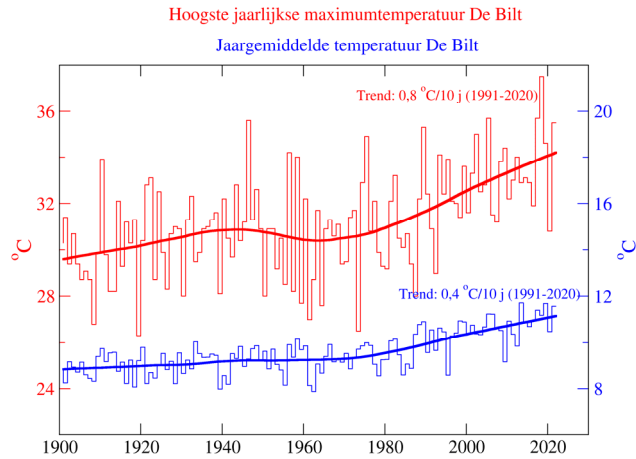
9

Aantal warme nachten verdrievoudigd



10

Extreme temperatureen nemen relatief snel toe



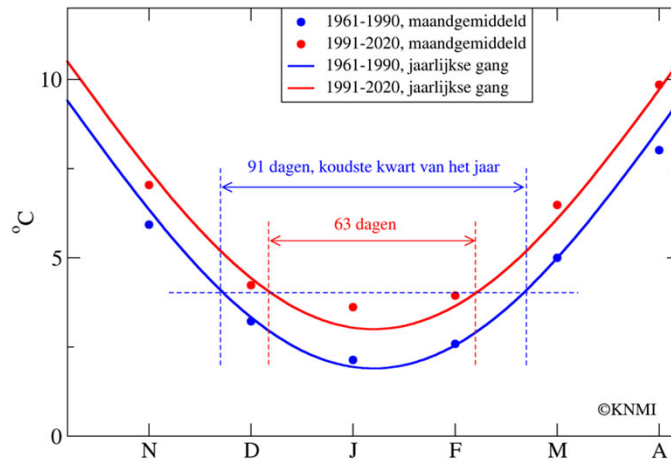
13 september 2023

11


11

Winter wordt per jaar een dag korter

Temperatuur, De Bilt



12



Veranderingen in temperatuur, neerslag, droogte in een notendop

Hogere **temperatuur** →

→ meer **vocht** in de lucht ($7\%/^{\circ}\text{C}$) → een bui geeft meer **neerslag**

↓ *global warming = global fueling*

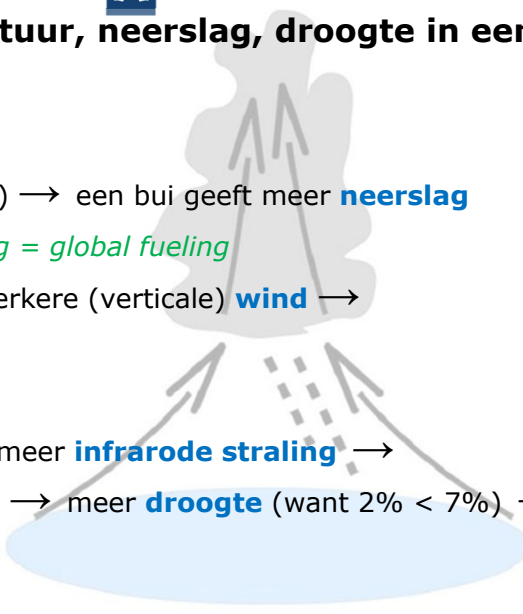


meer **condensatiewarmte** → sterkere (verticale) **wind** →

→ hogere **neerslagintensiteit**

meer vocht → aarde ontvangt meer **infrarode straling** →

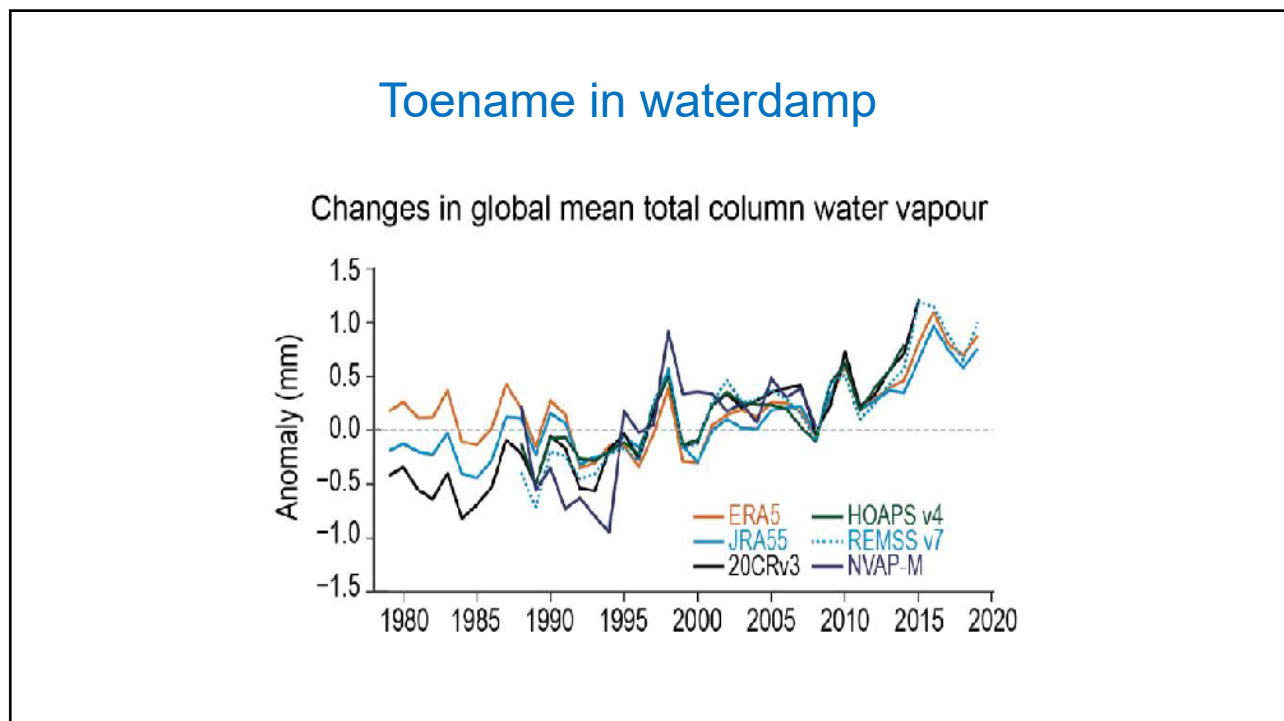
→ meer **verdamping** ($2\%/^{\circ}\text{C}$) → meer **droogte** (want $2\% < 7\%$) →

→ hogere temperatuur

Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut
13 september 2023

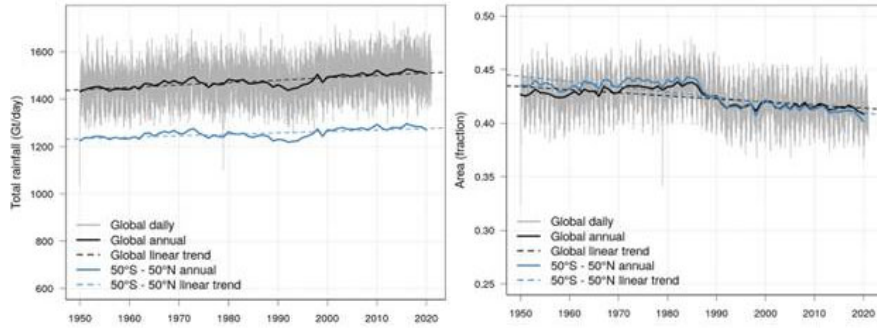
13



14

Hoeveelheid neerslag neemt toe

Oppervlak met neerslag neemt af



- Increasing amount of global rainfall
 - Decreasing area with rainfall
- Rasmus Benestad, metNo

15

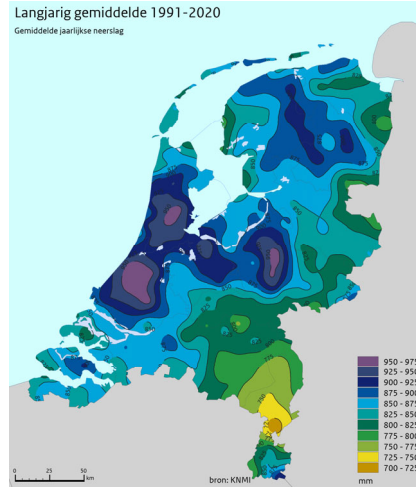
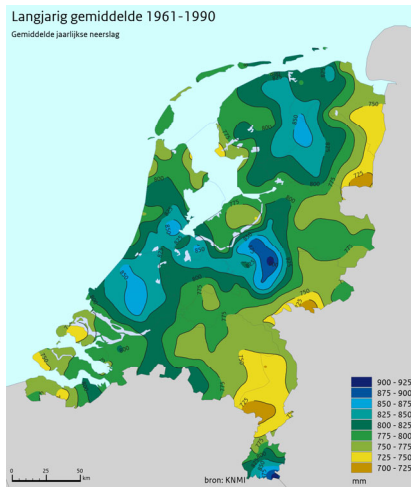
Toename neerslag



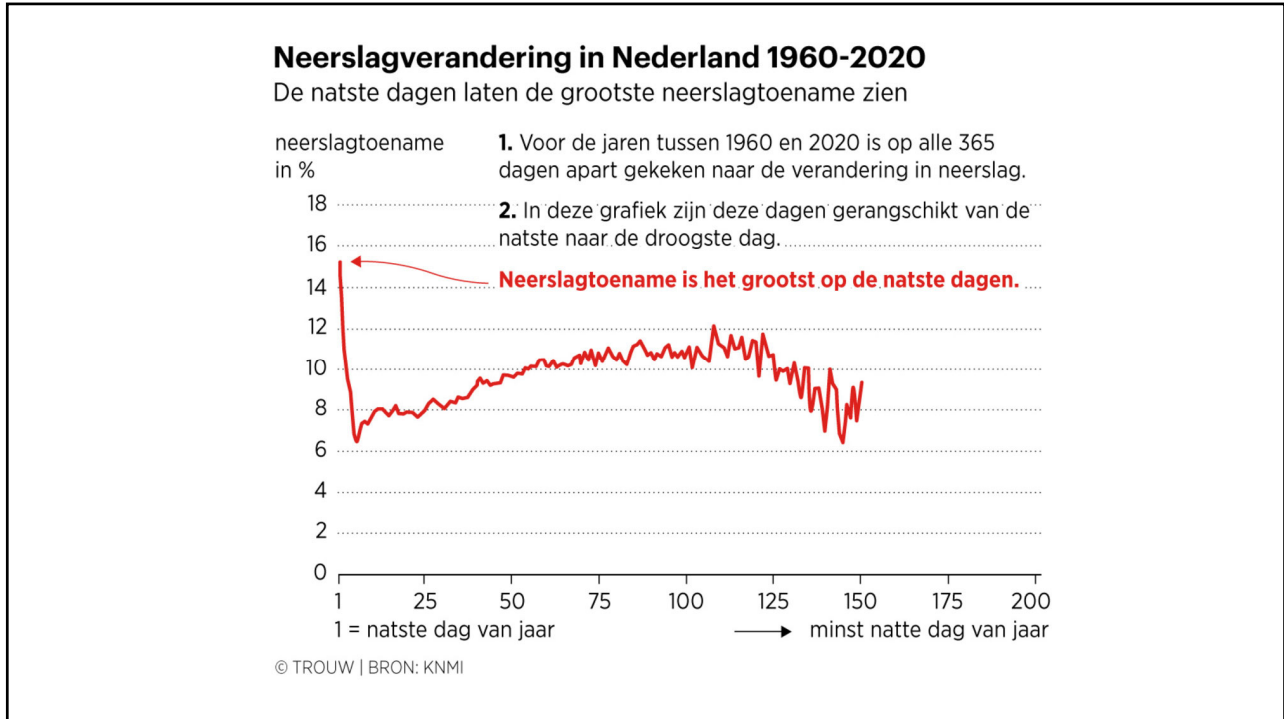
+ 9% in 30 jaar

1961-1990: 780 mm/jaar

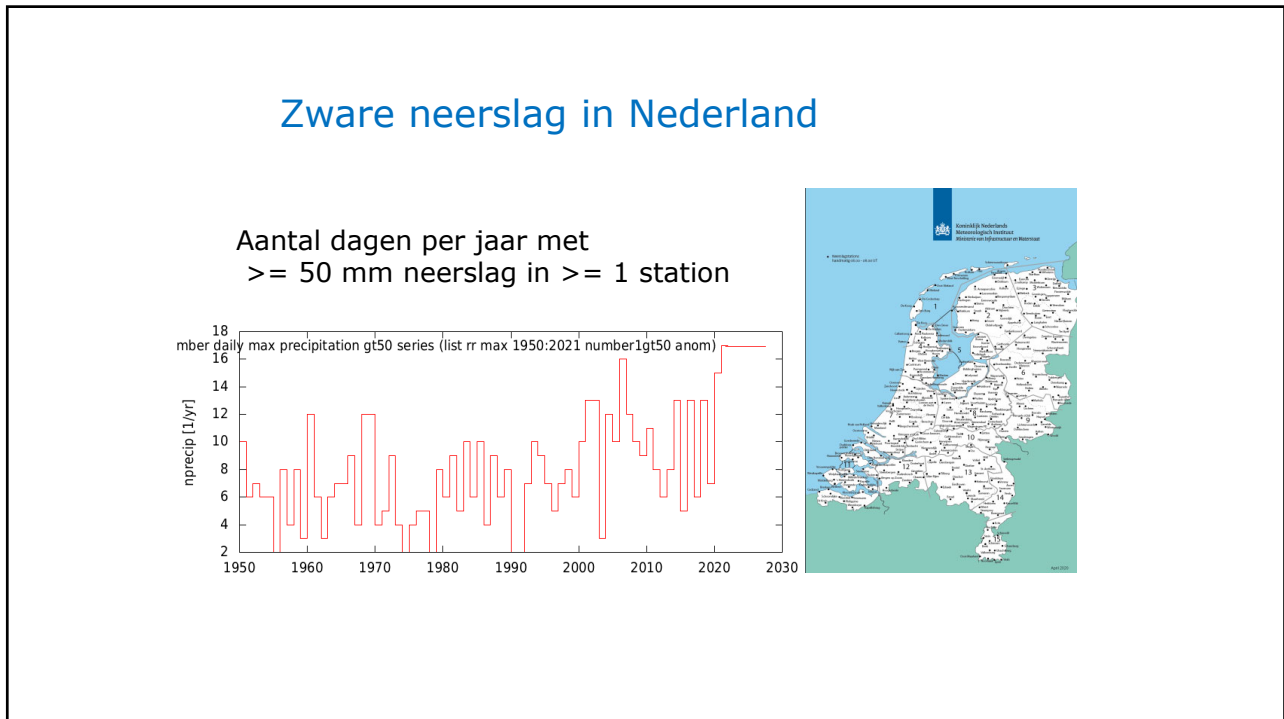
1991-2020: 851 mm/jaar



16



17

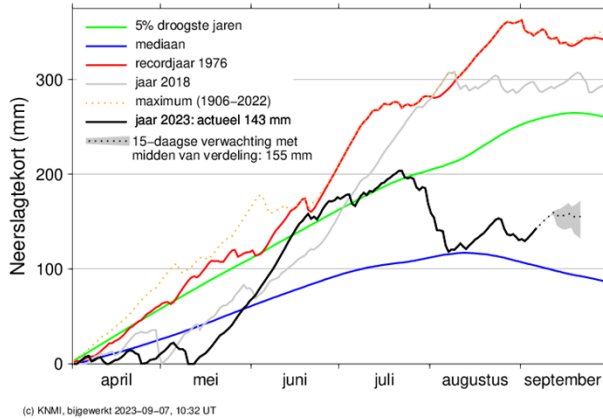


18

Neerslagtekort

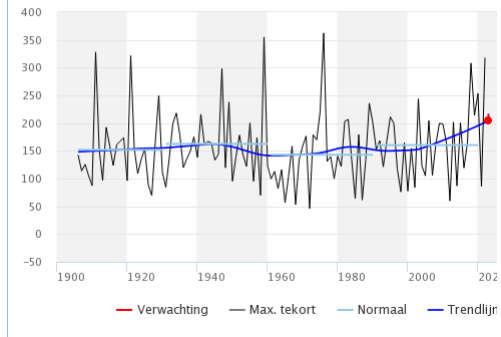
Neerslagtekort in Nederland in 2023

Landelijk gemiddelde over 13 stations



Maximaal neerslagtekort april – september

Landelijk, donderdag 07 september



19

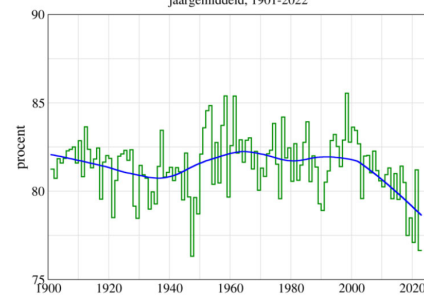
Relatieve vochtigheid neemt af

- Relatieve vochtigheid is afgenomen
- Oorzaak: land is sneller opgewarmd dan de zee, waar het meeste vocht vandaan komt

Toekomst

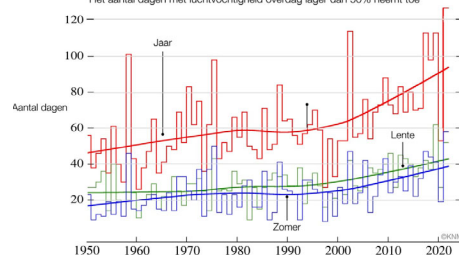
- Verwachting is dat trend doorzet
- Grotere kans op natuurbranden, en op valwinden

Relatieve vochtigheid De Bilt jaargemiddeld, 1901-2022

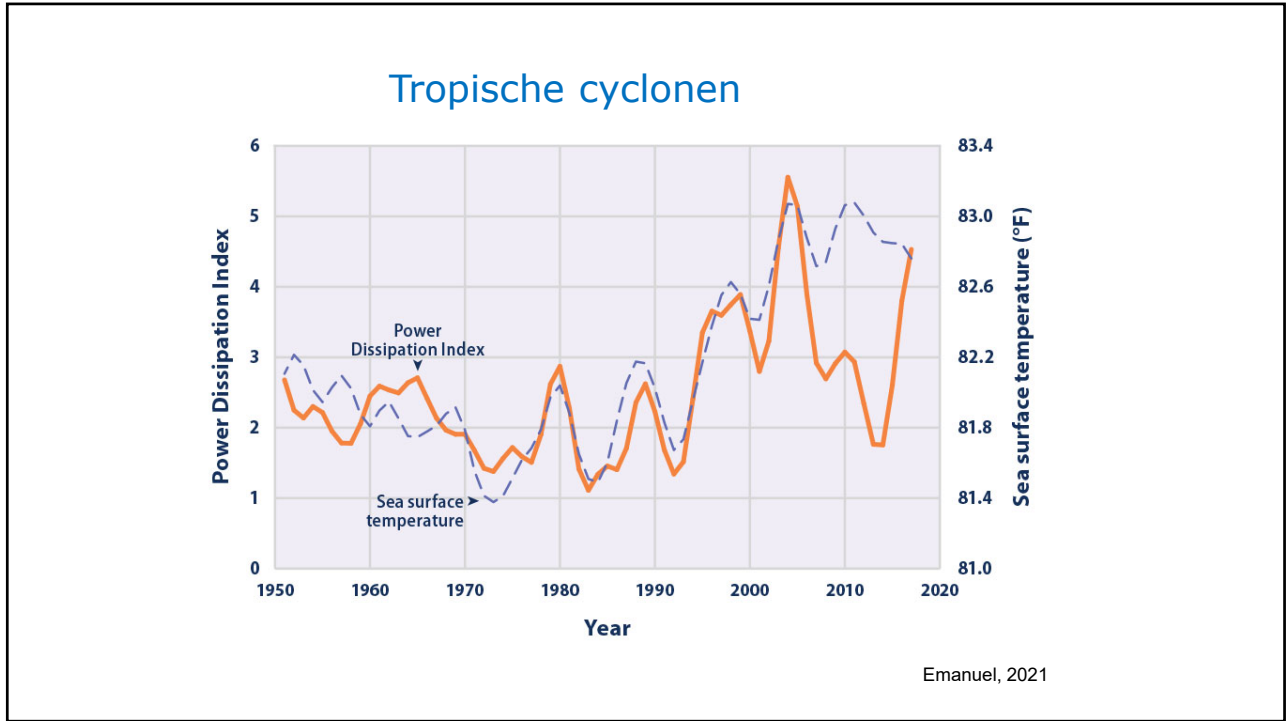


Aantal dagen per jaar in De Bilt met droge lucht overdag

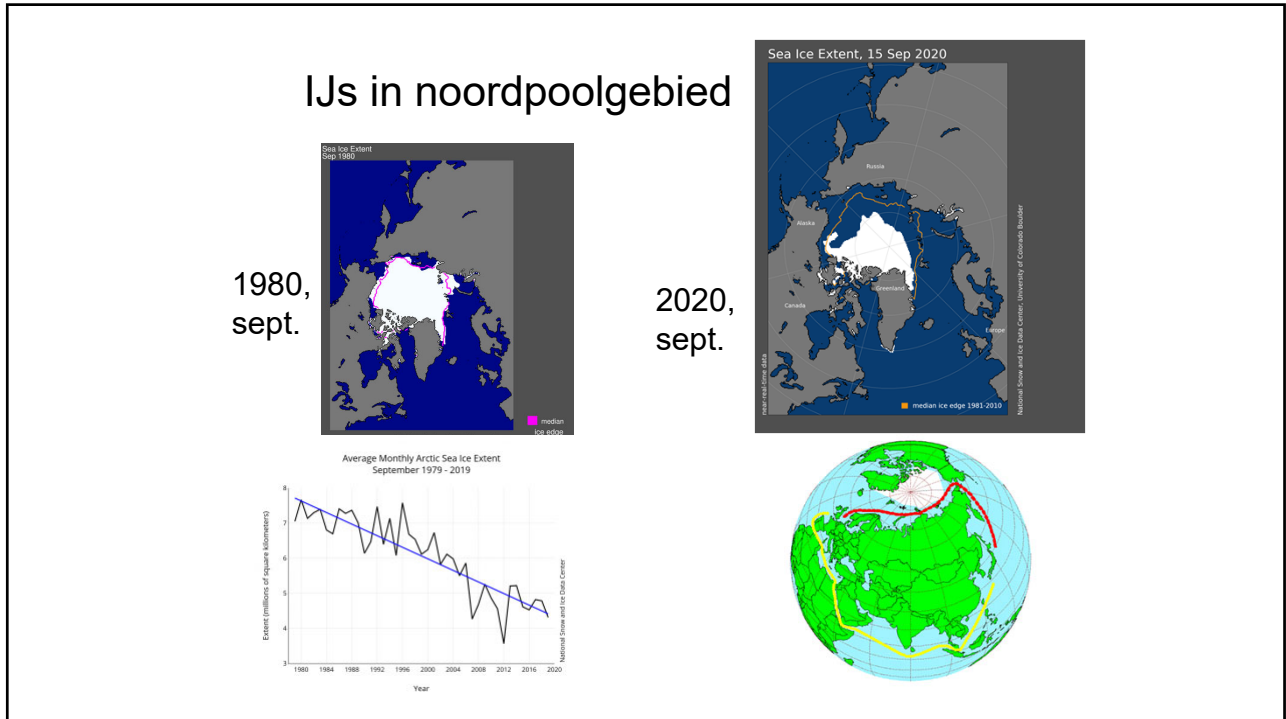
Het aantal dagen met luchtvochtigheid overdag lager dan 50% neemt toe



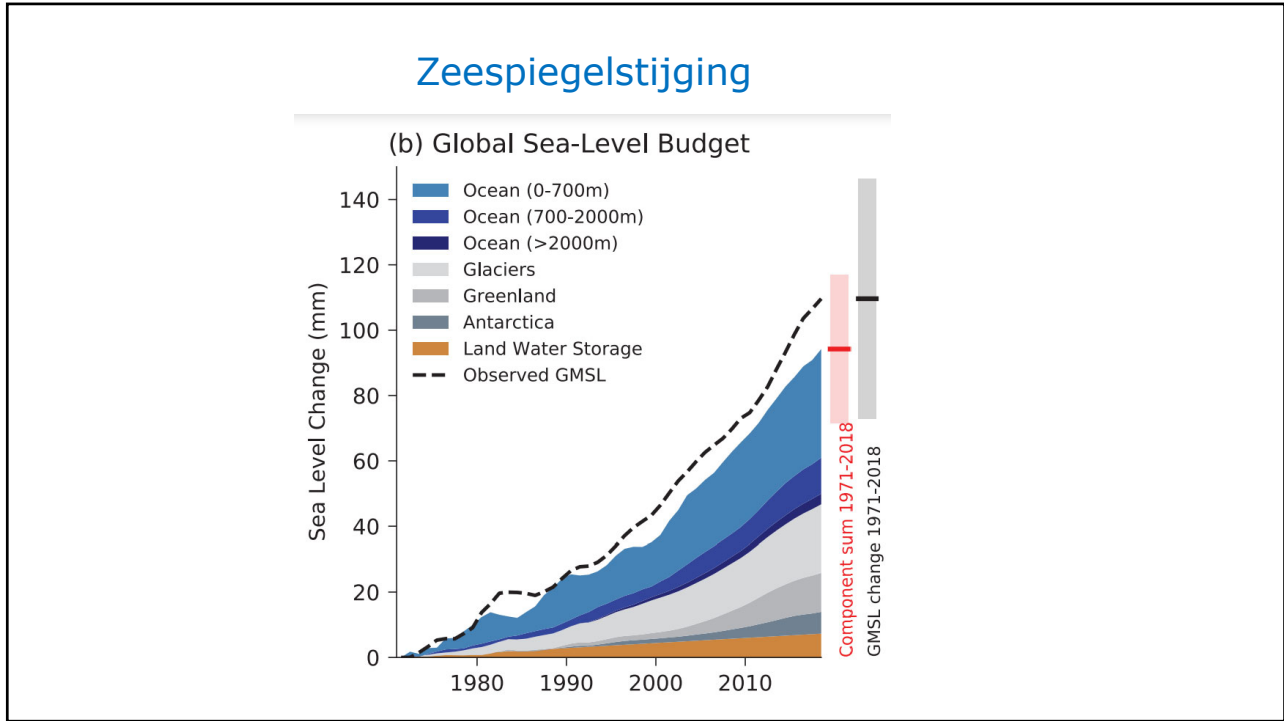
20



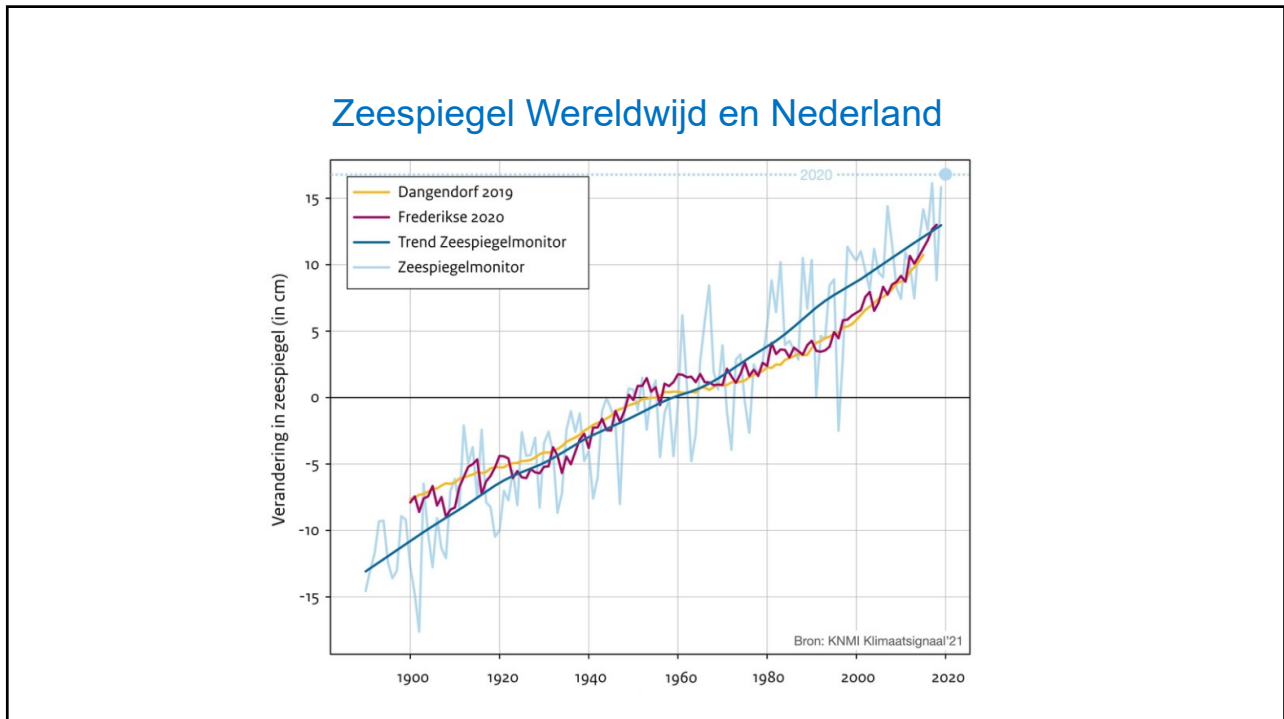
21



22

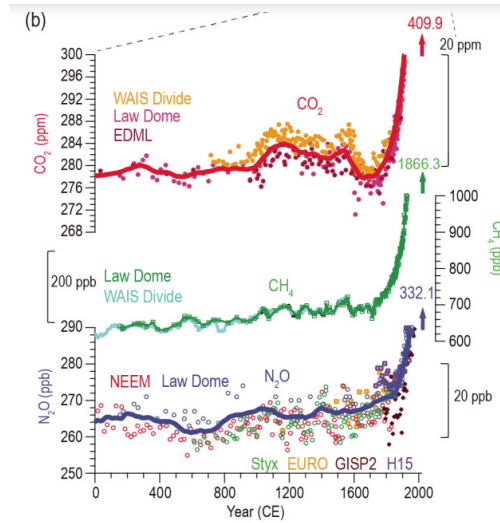


23



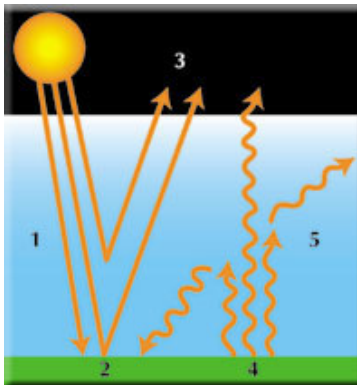
24

CO₂, CH₄, N₂O in de afgelopen 2000 jaar

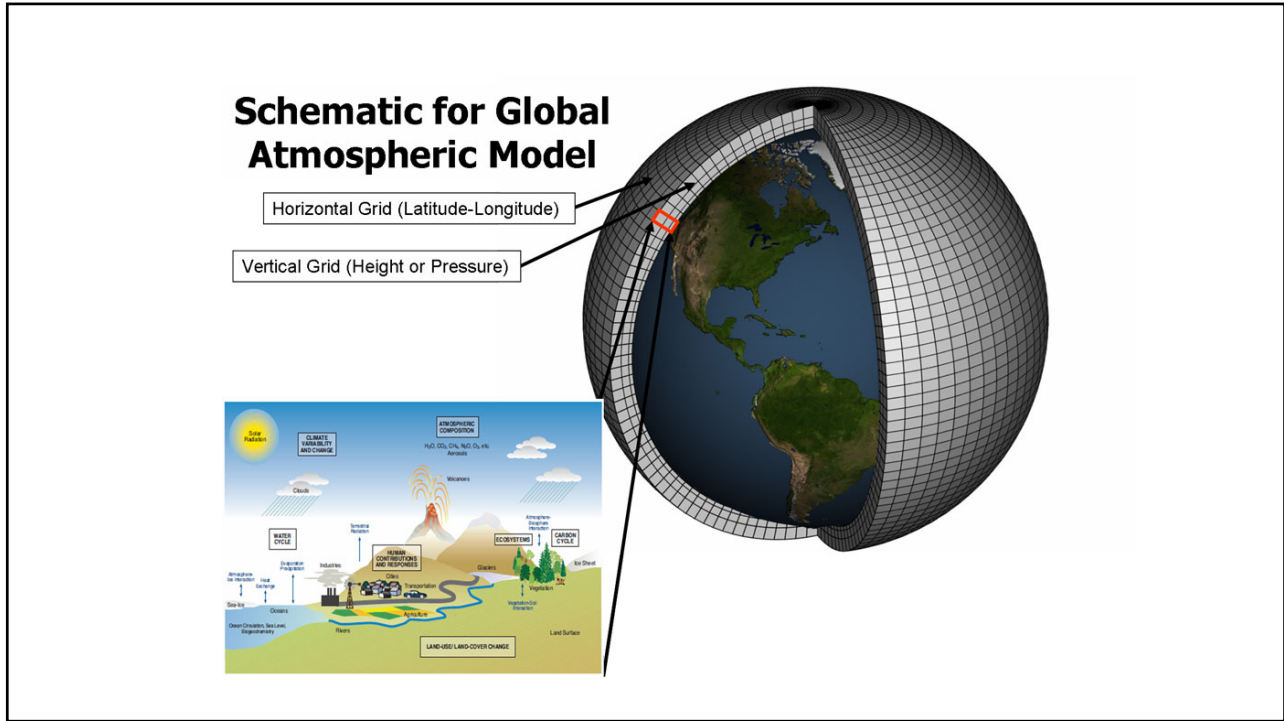


25

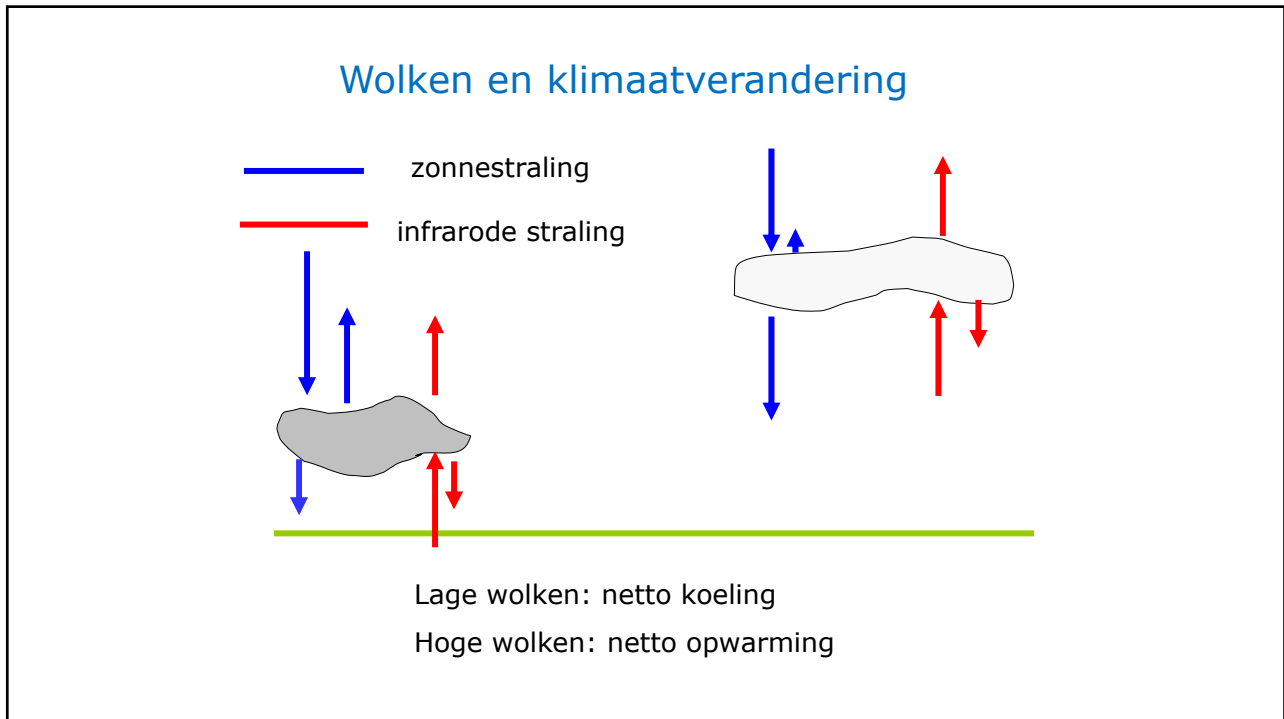
Het broeikaseffect



26



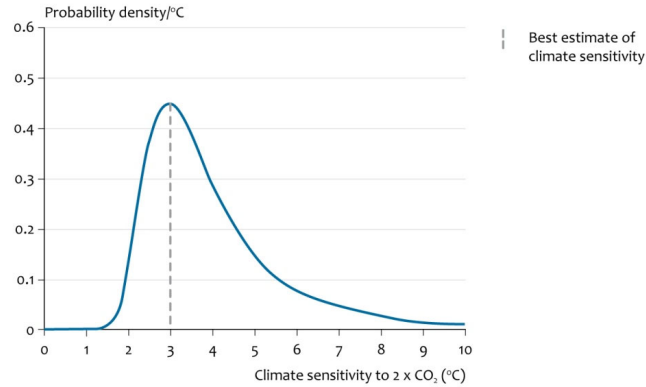
27



28

Hoe gevoelig is het klimaatsysteem?

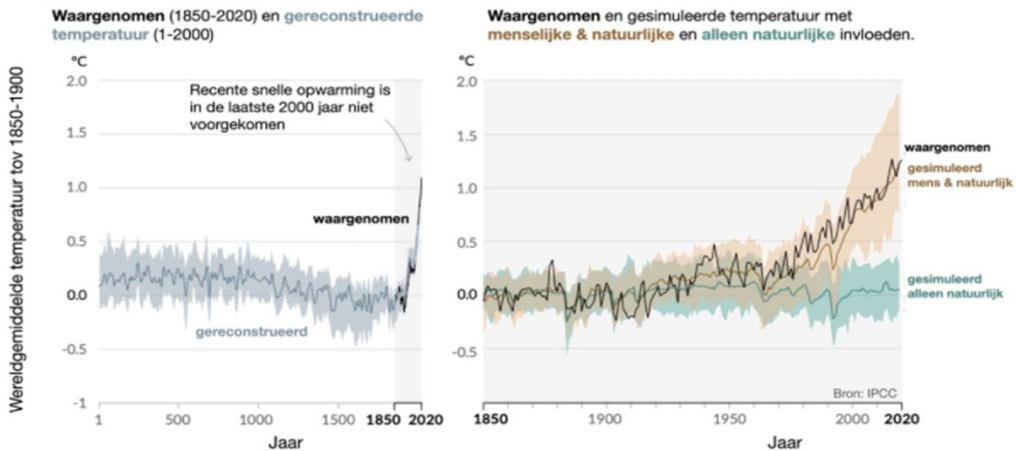
Climate sensitivity



29

Menselijke activiteiten veroorzaken een snelle opwarming van de aarde die in de laatste 2000 jaar niet is voorgekomen

Verandering in de wereldgemiddelde temperatuur ten opzichte van 1850-1900



30

De opwarming ontleed

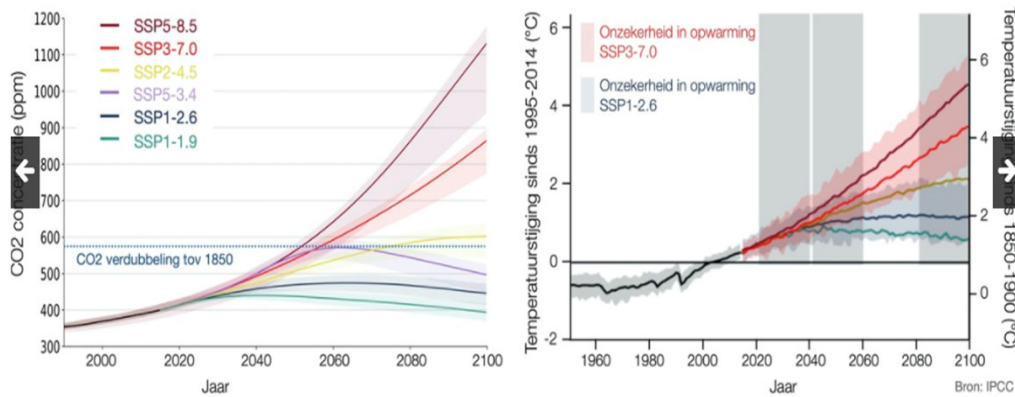
Waargenomen opwarming en aerosolen door de mens deels gecompenseerd met



31

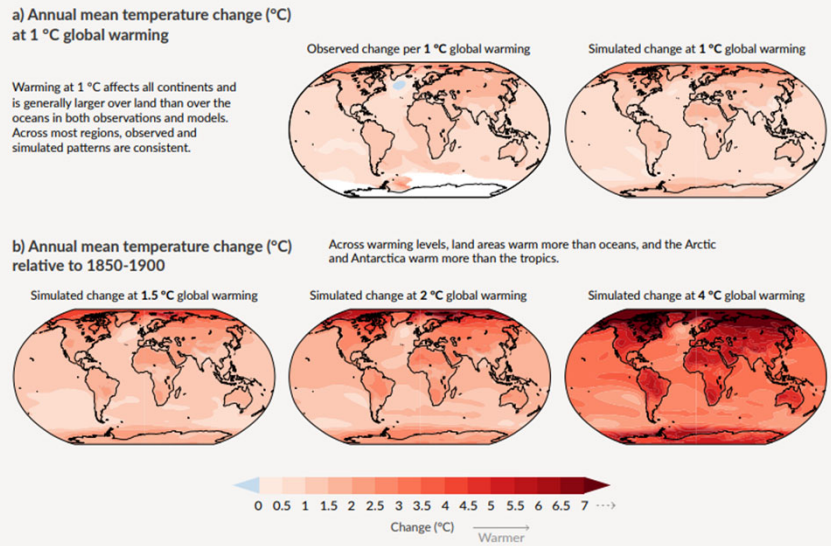
CO₂ en temperatuur tot 2100

Scenario's voor toekomstige CO2 concentratie en bijbehorende berekende mondiale opwarming



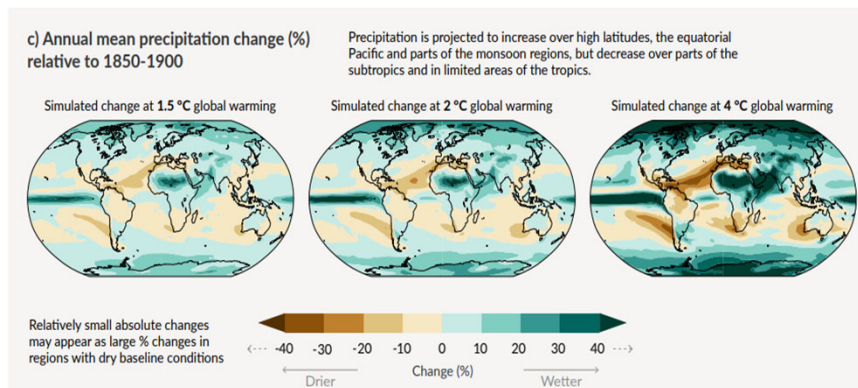
32

Temperatuurotoename in komende tijd



33

Neerslagverandering in komende tijd



34

KNMI '14-klimaatscenario's

Verandering van luchtstromingspatroon

G_H

Hoge waarde

W_H

Warm

G_L

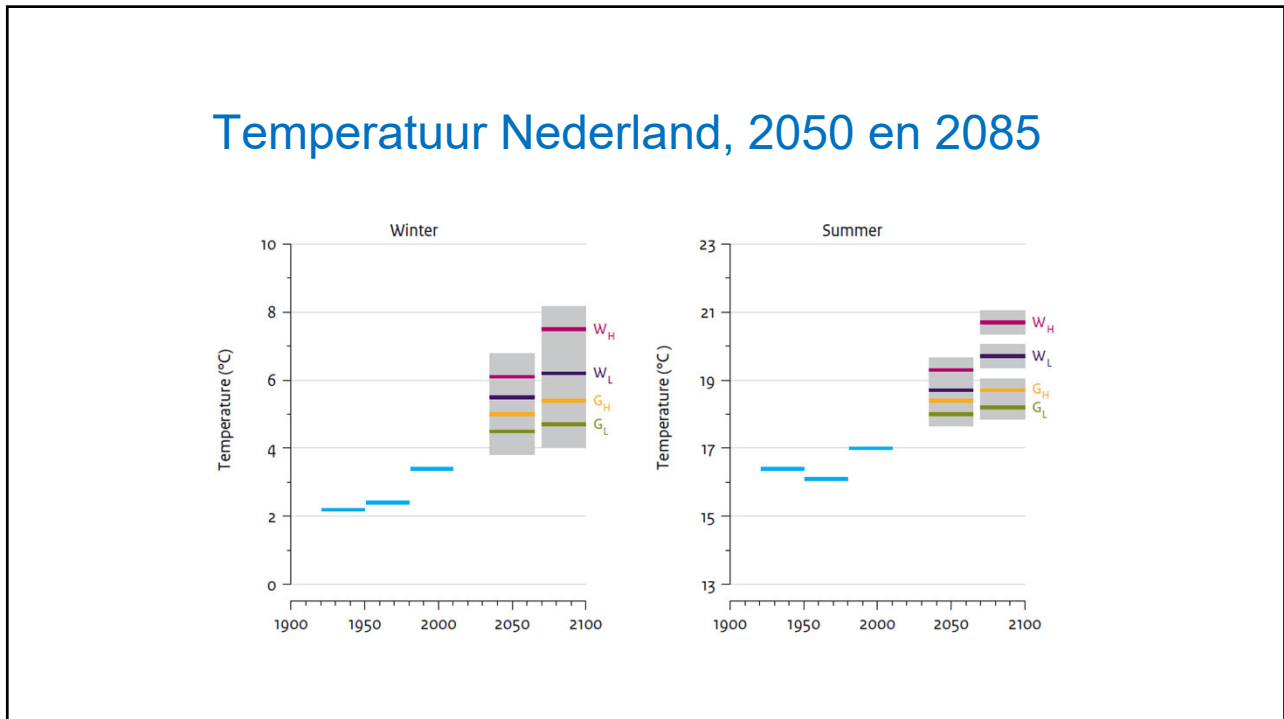
Gematigd

W_L

Lage waarde

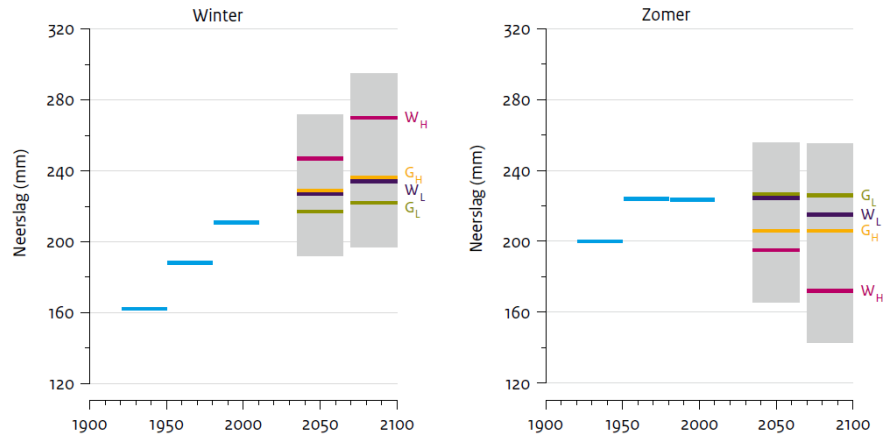
Wereldwijde temperatuurstijging

35



36

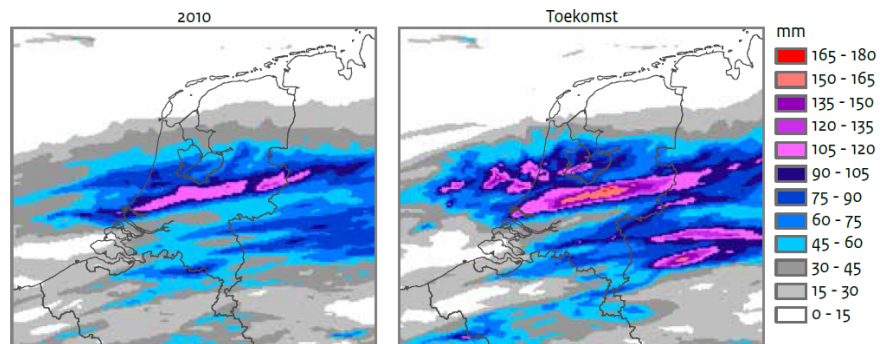
Neerslag Nederland, 2050 en 2085



37



Meer extreme buien door opwarming (+2 graden Celsius)

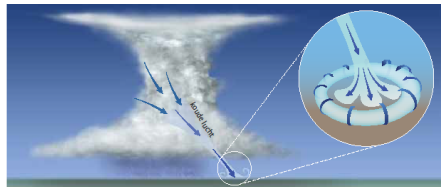


38

Valwinden, hagel, onweer

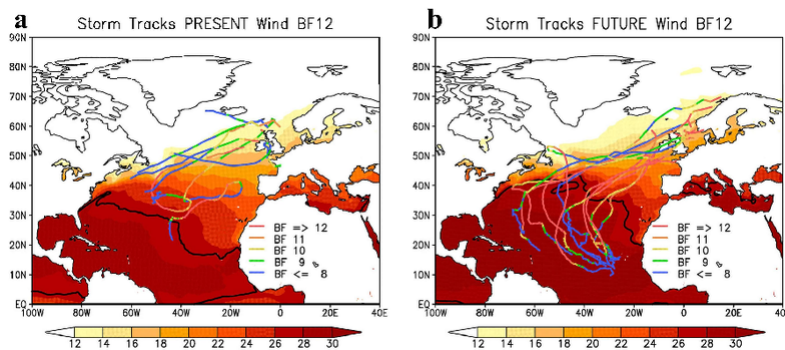
In komende decennia waarschijnlijk:

- Meer valwinden, door afname van relatieve vochtigheid
- Meer hagel en onweer, door toename van temperatuur en vocht



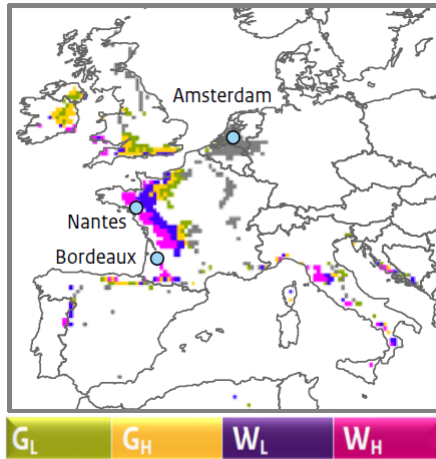
39

Orkaanbanen in de toekomst



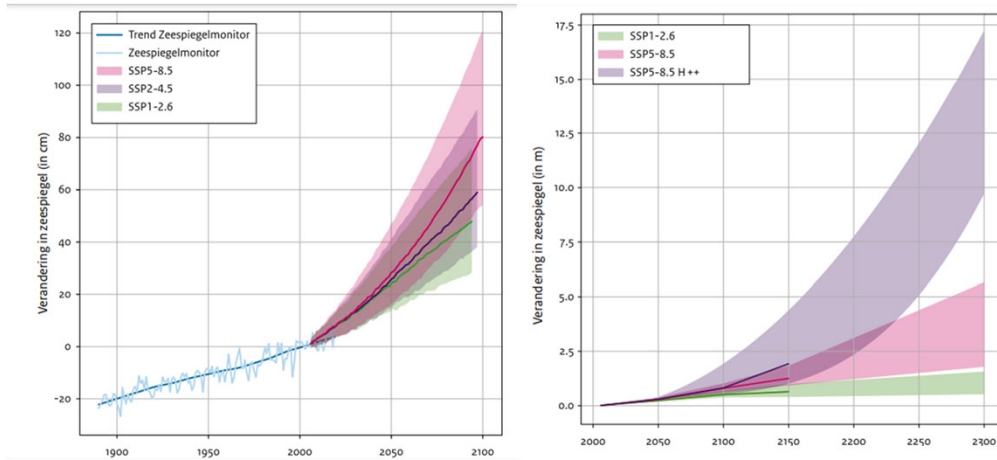
40

Winter in Arnhem in 2050 lijkt op die van Bordeaux nu



41

Zeespiegelstijging Nederland



42

42



43