

Kde jsou hranice „nebezpečné změny klimatu“?

Jan Hollan

CzechGlobe –

Centrum výzkumu globální změny

AV ČR, v.v.i.

Stabilizovat „na úrovni, která zamezí nebezpečnému lidskému zásahu do klimatického systému“

**United Nations
Framework Convention on Climate Change
(1992)**

Aim:

to stabilize greenhouse gas concentrations...

“...at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system.”

Rozdílné pojmy

- nebezpečný zásah do klimatického systému
- nebezpečná změna klimatu

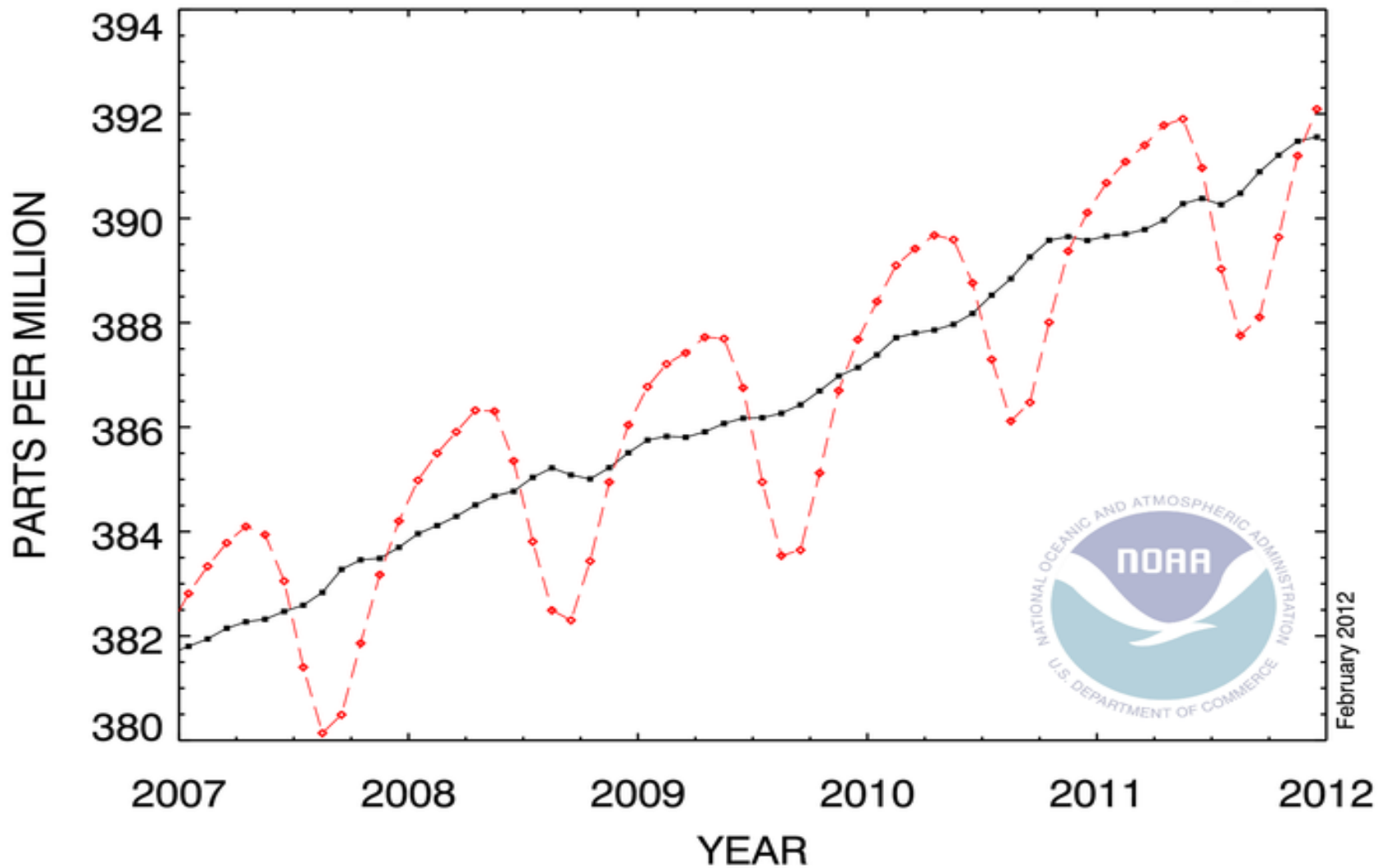
Zásahem je již samotné narušení vyrovnanosti mezi tepelným příkonem a výkonem Země.

Tepelný přebytek téměř 1 W/m^2 nebezpečný je, klima se jím již změnilo a bude se měnit ještě dlouho.

1. Příčiny

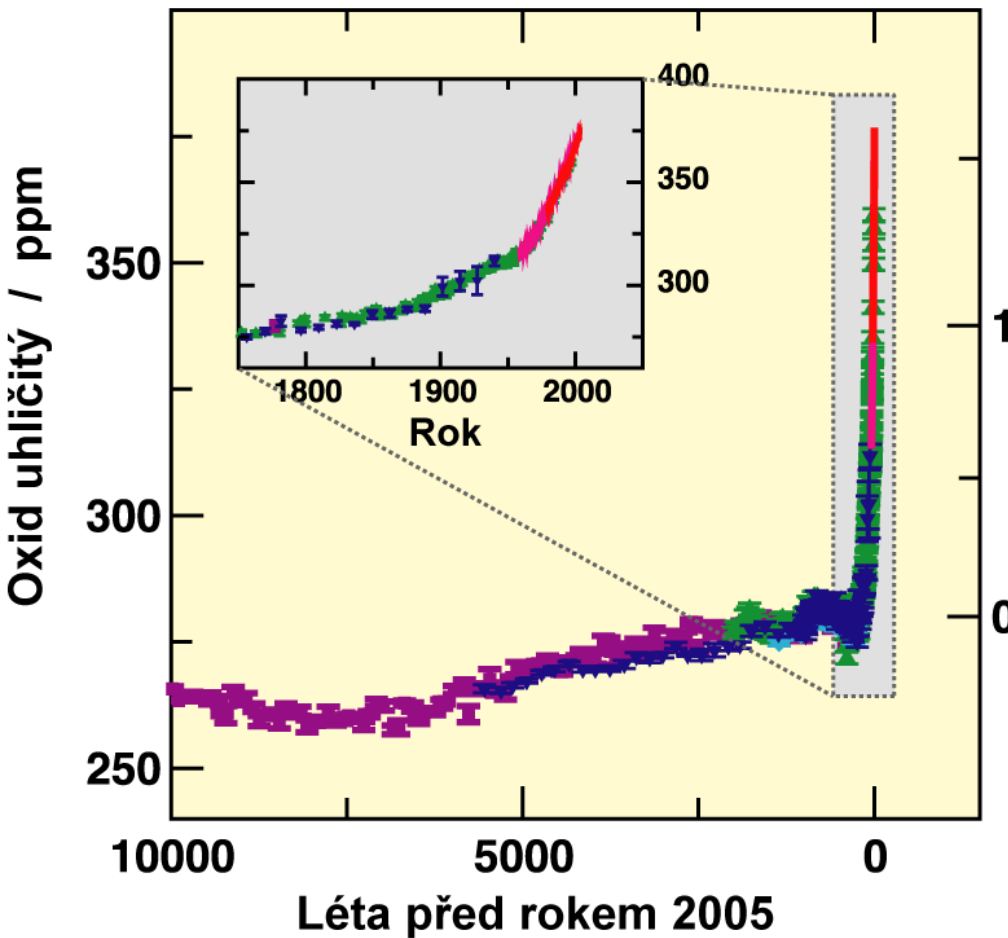
Rostoucí koncentrace skleníkových plynů. Jejich vliv je zatím do značné míry maskován síranovými aerosoly

RECENT GLOBAL MONTHLY MEAN CO₂

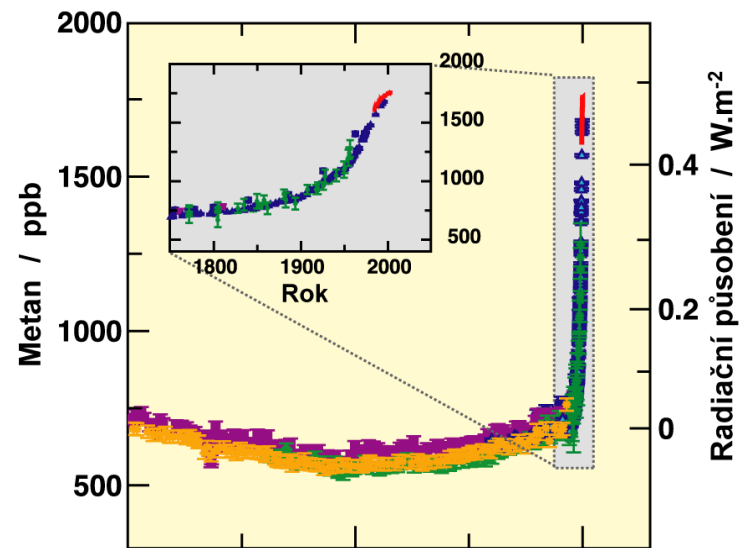


Zdroj: <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/global.html>

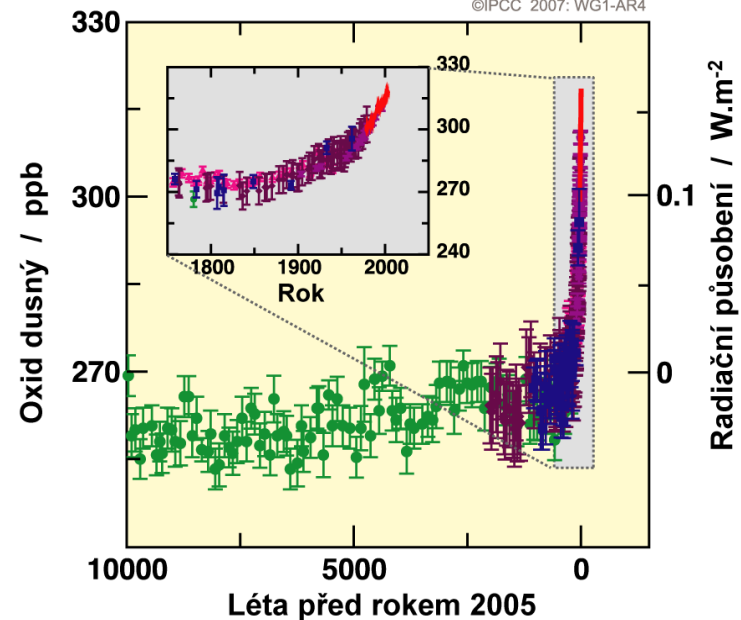
Změny koncentrací oxidu uhličitého dle rozboru ledových vrtných jader a přímých měření složení ovzduší



Radiační působení / $W \cdot m^{-2}$

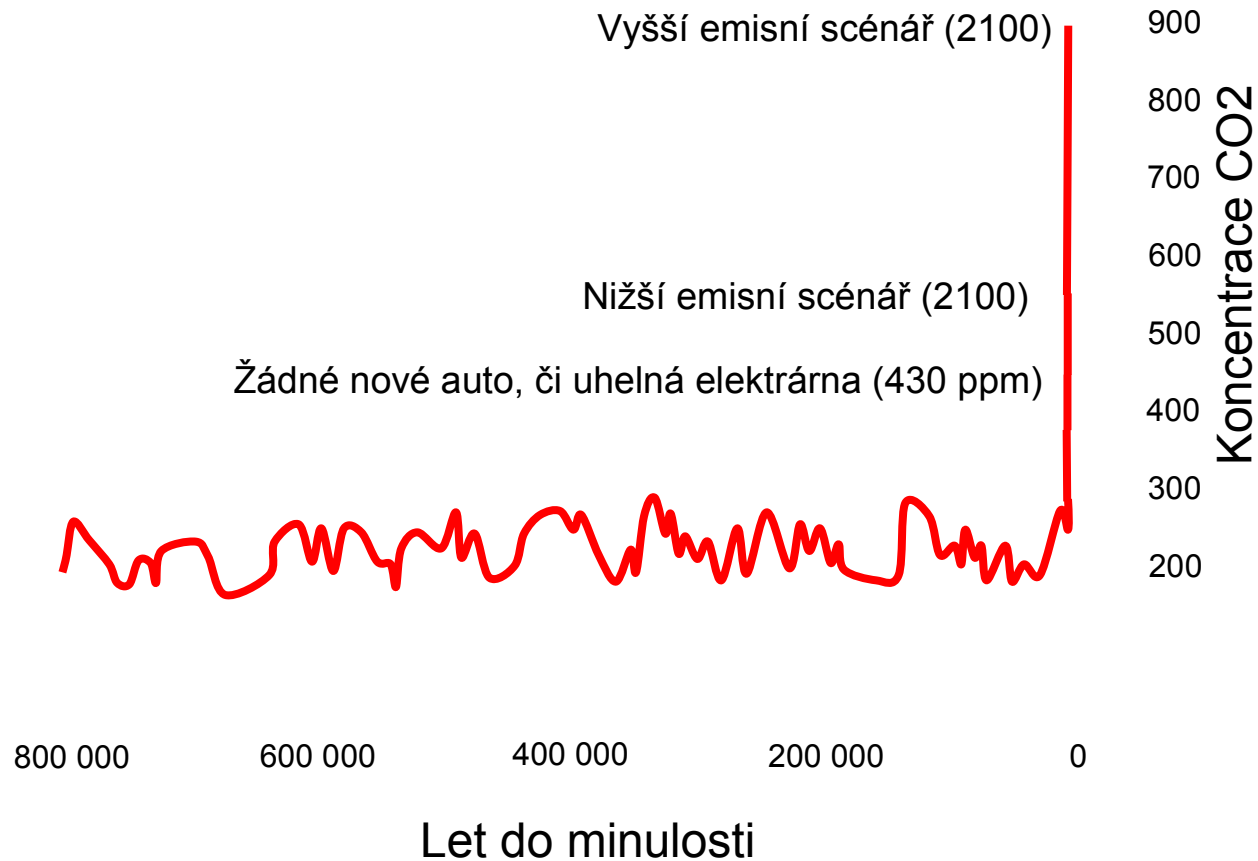


©IPCC 2007: WG1-AR4

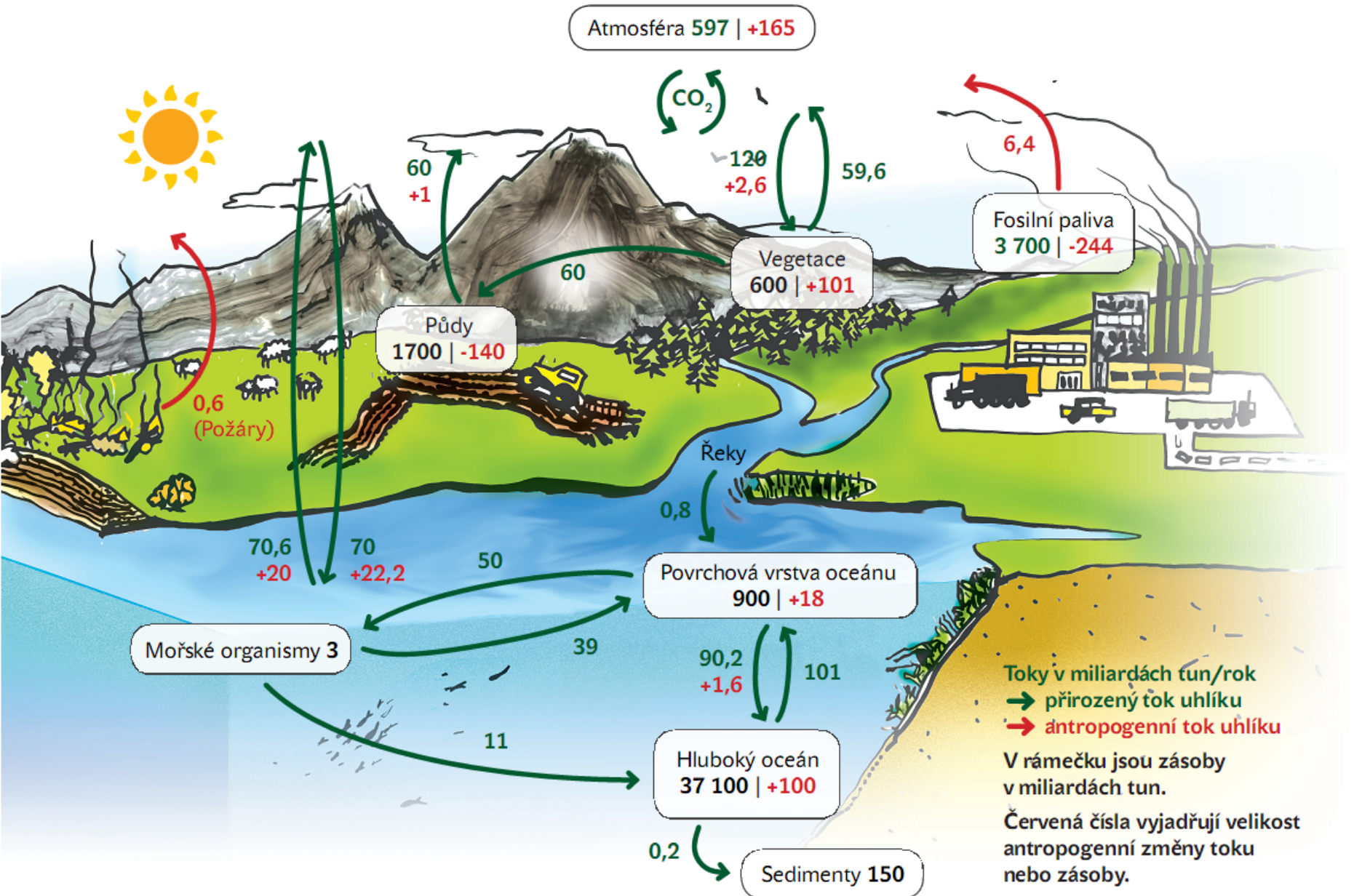


Zdroj: [Čtvrtá hodnotící zpráva IPCC, 2007](#)

Trochu historické perspektivy

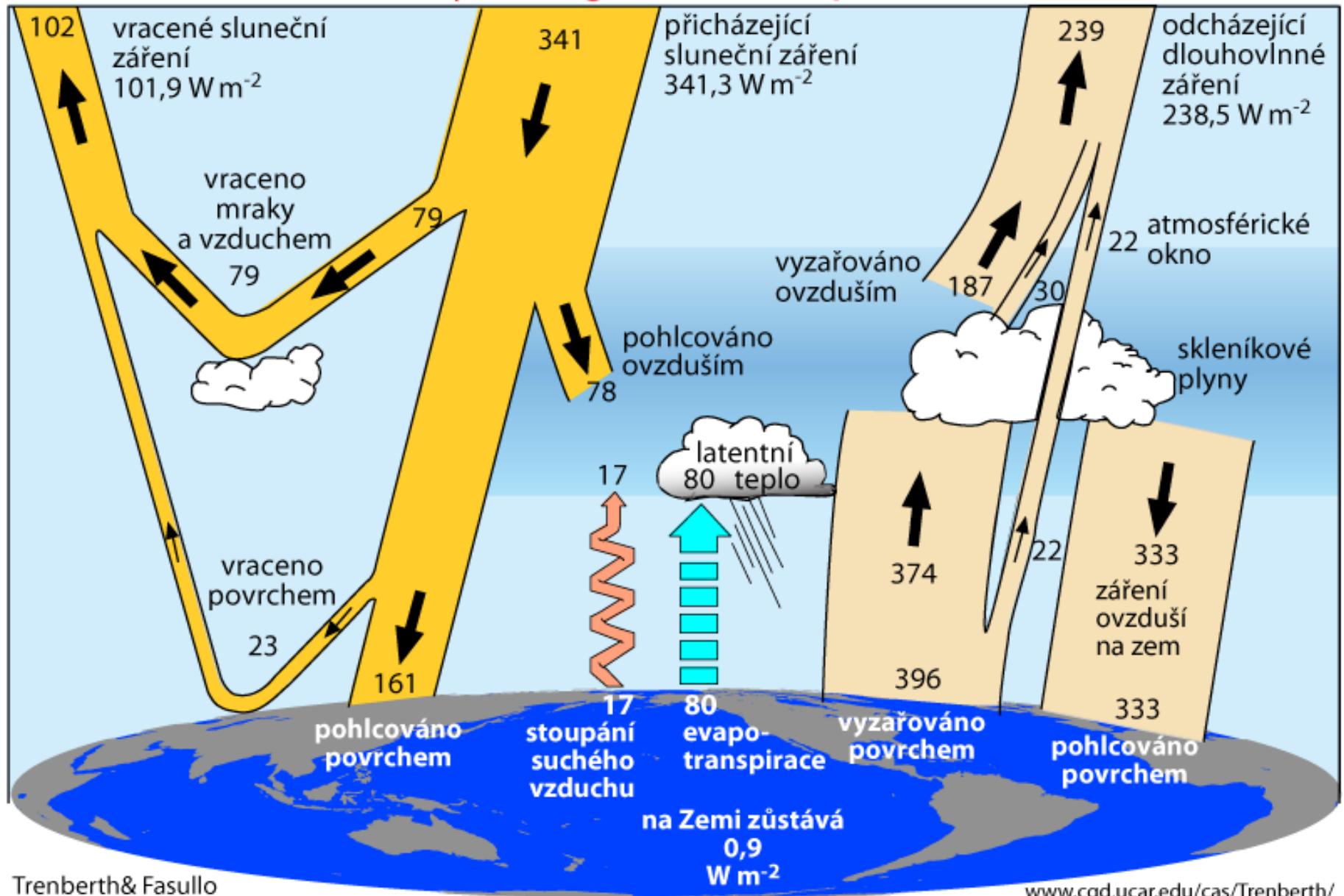


Toky uhlíku v 90. letech 20. století

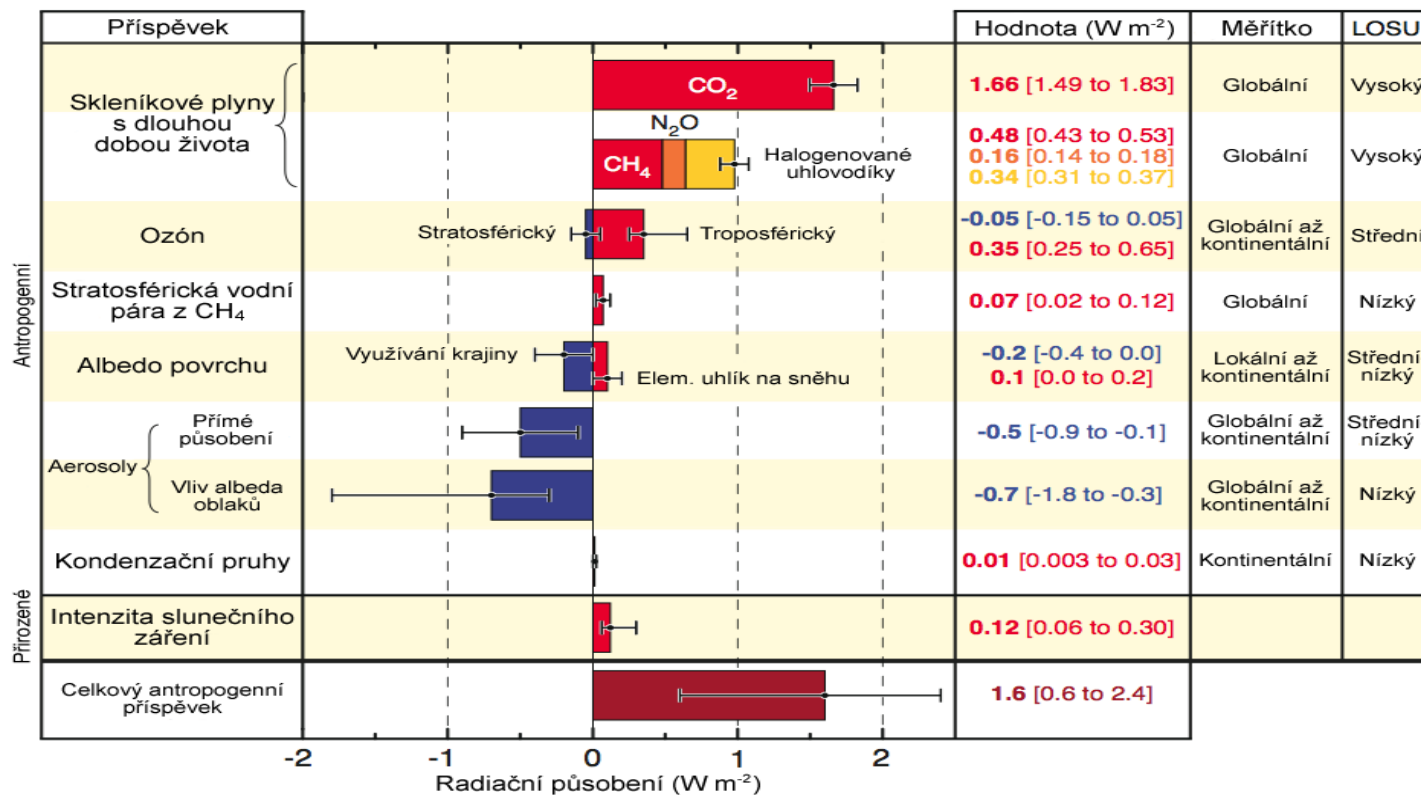


zdroj: Veronica, výstava [Prima Klima](#)

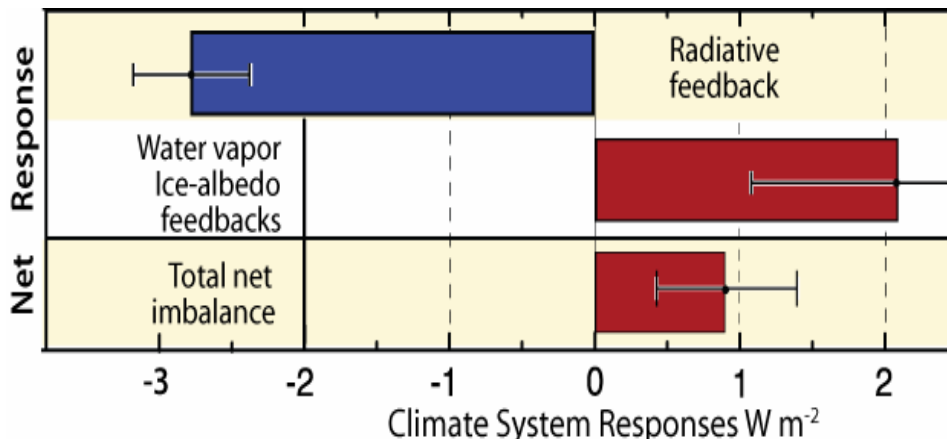
Globální toky energie / $W \cdot m^{-2}$ (pro léta 2000-2005)



Příspěvky k radiálnímu působení



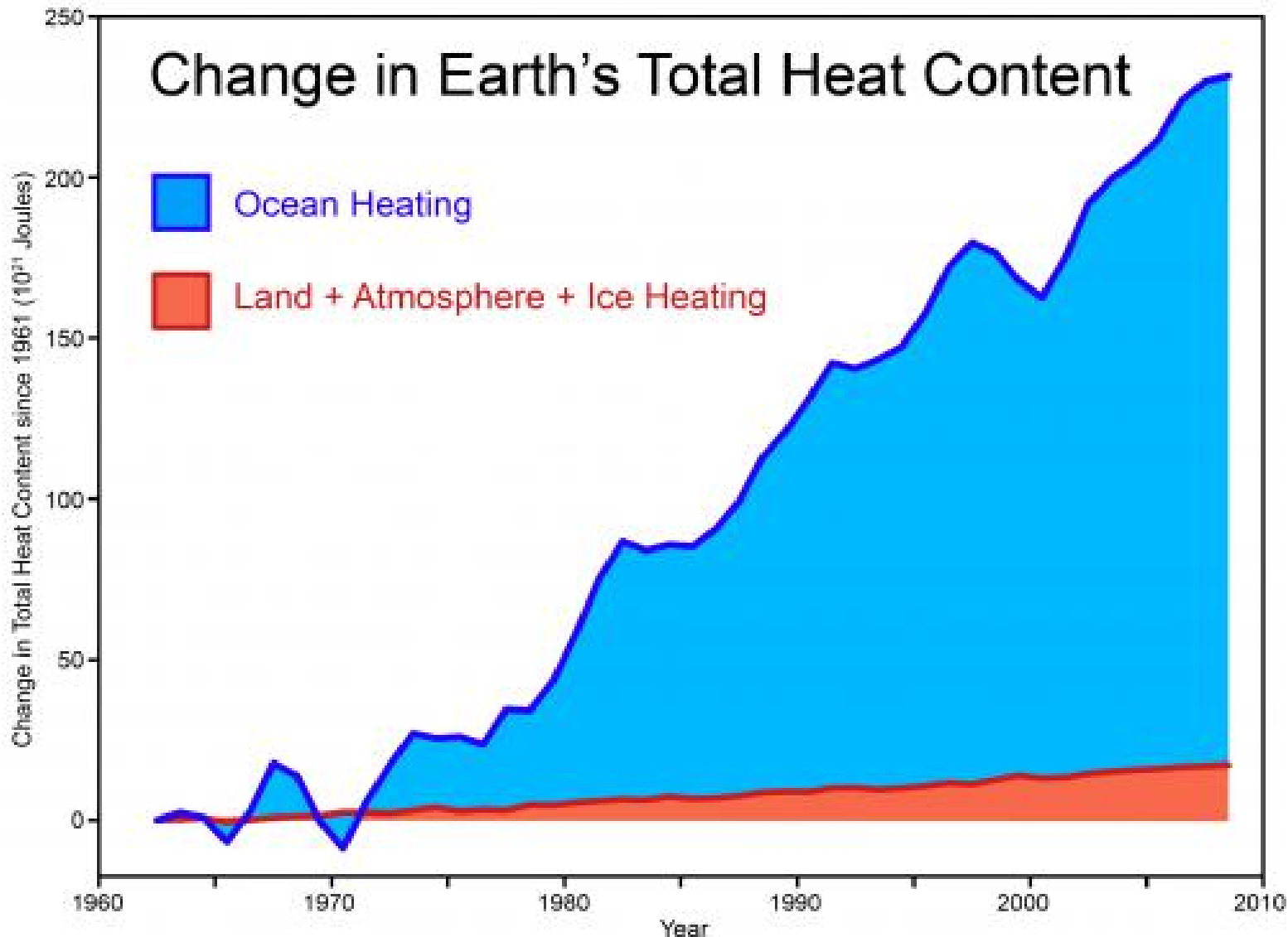
©IPCC 2007: WG1-AR4



Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné [v seznamu autorových publikací](#)

Nárůst entalpie Země v exajoulech

dle dat z Church et al 2011. Obrázek vytvořil John Cook,
<http://skepticalscience.com/going-down-the-up-escalator-part-2.html>



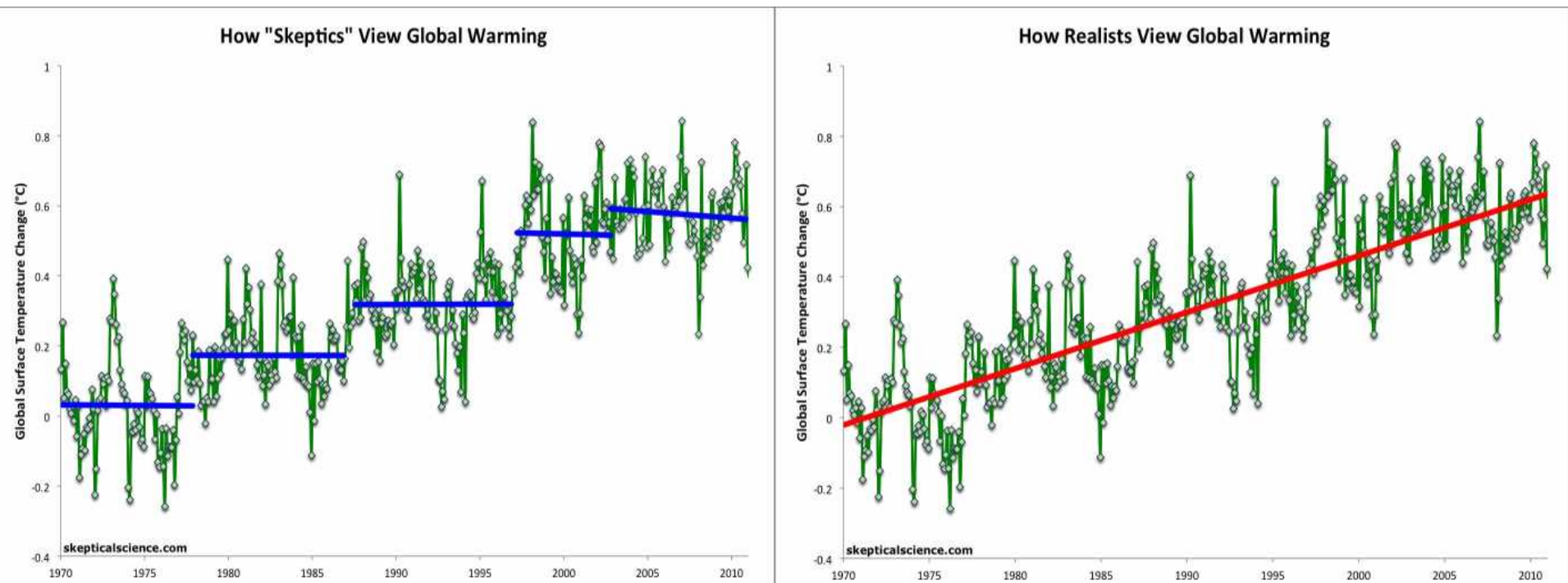
2. Projevy

Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli,

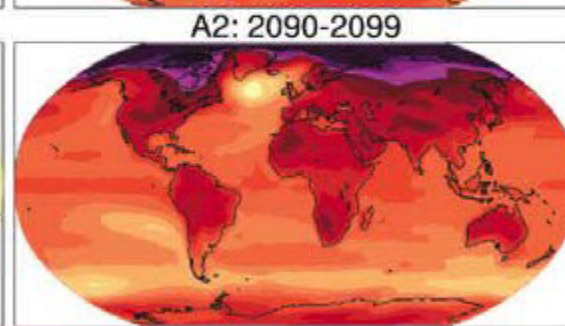
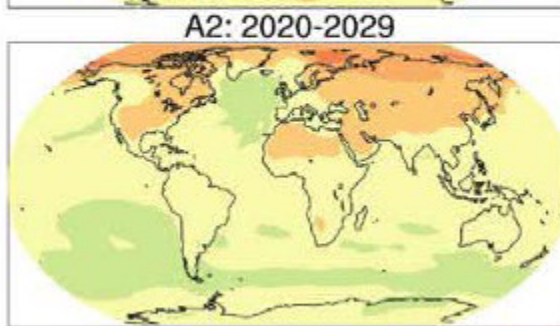
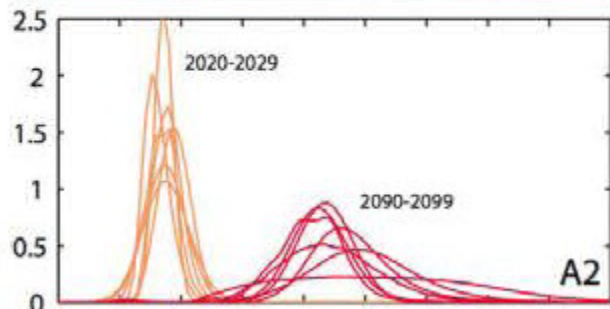
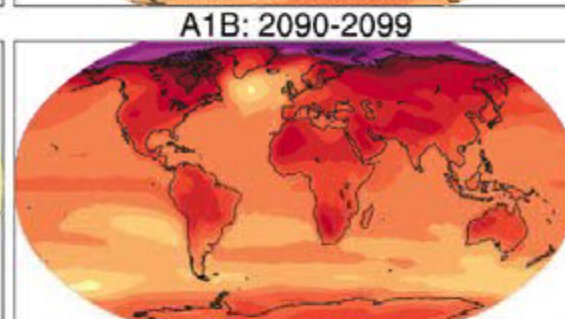
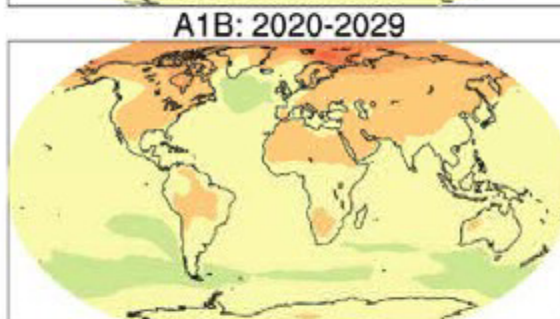
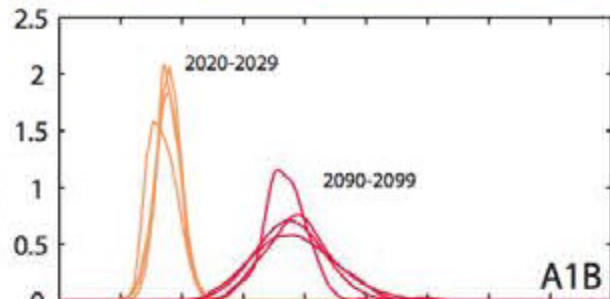
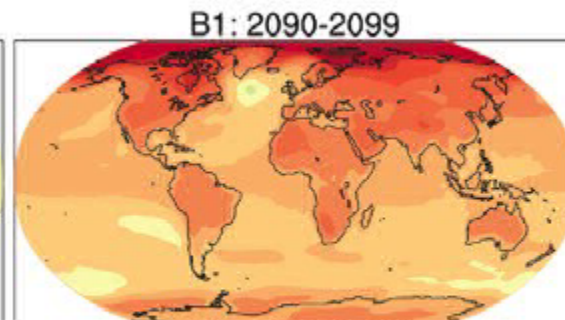
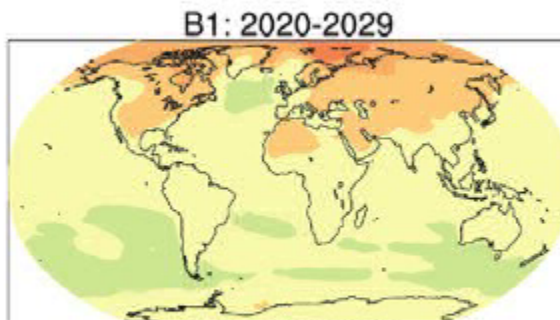
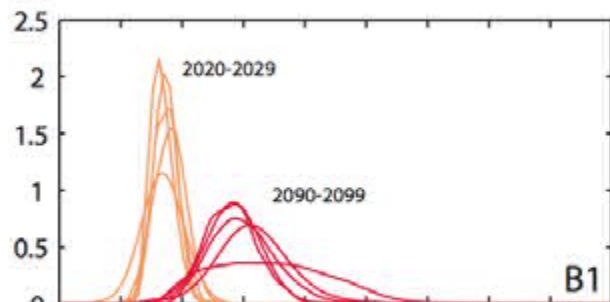
<http://www.skepticalscience.com/still-going-down-the-up-escalator.html>

(samotný animovaný graf pak viz

http://www.skepticalscience.com/pics/NCDC_Escalator.gif)



AOGCM projekce povrchových teplot



Globální průměrná změna povrchové teploty (°C)



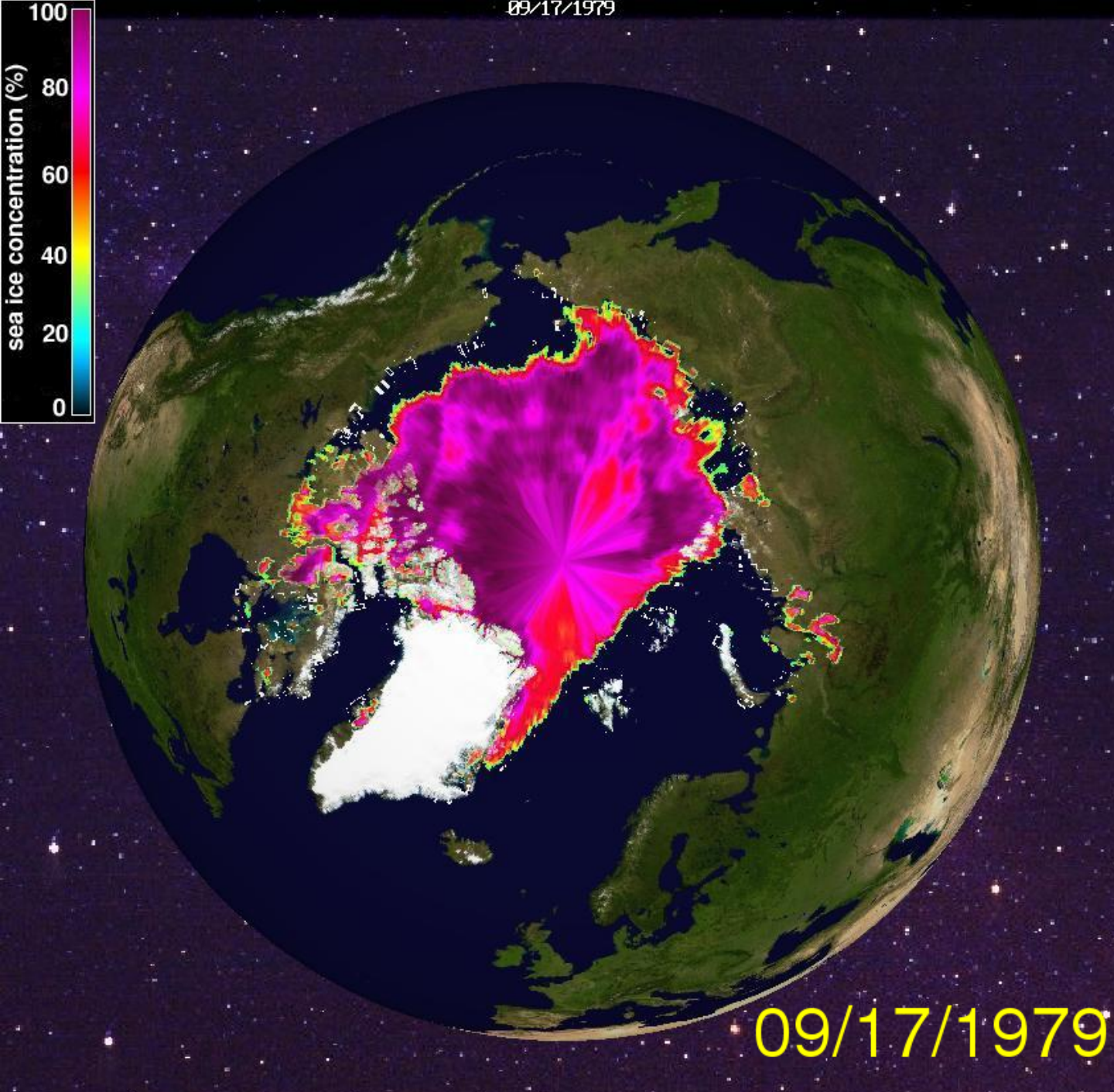
Ledovec Rongbuk



Ledovec v roce 1968 (nahore) a 2007. Největší ledovec na severním svahu Mount Everestu napájí řeku Rongbuk.

Ztmavnutí povrchu

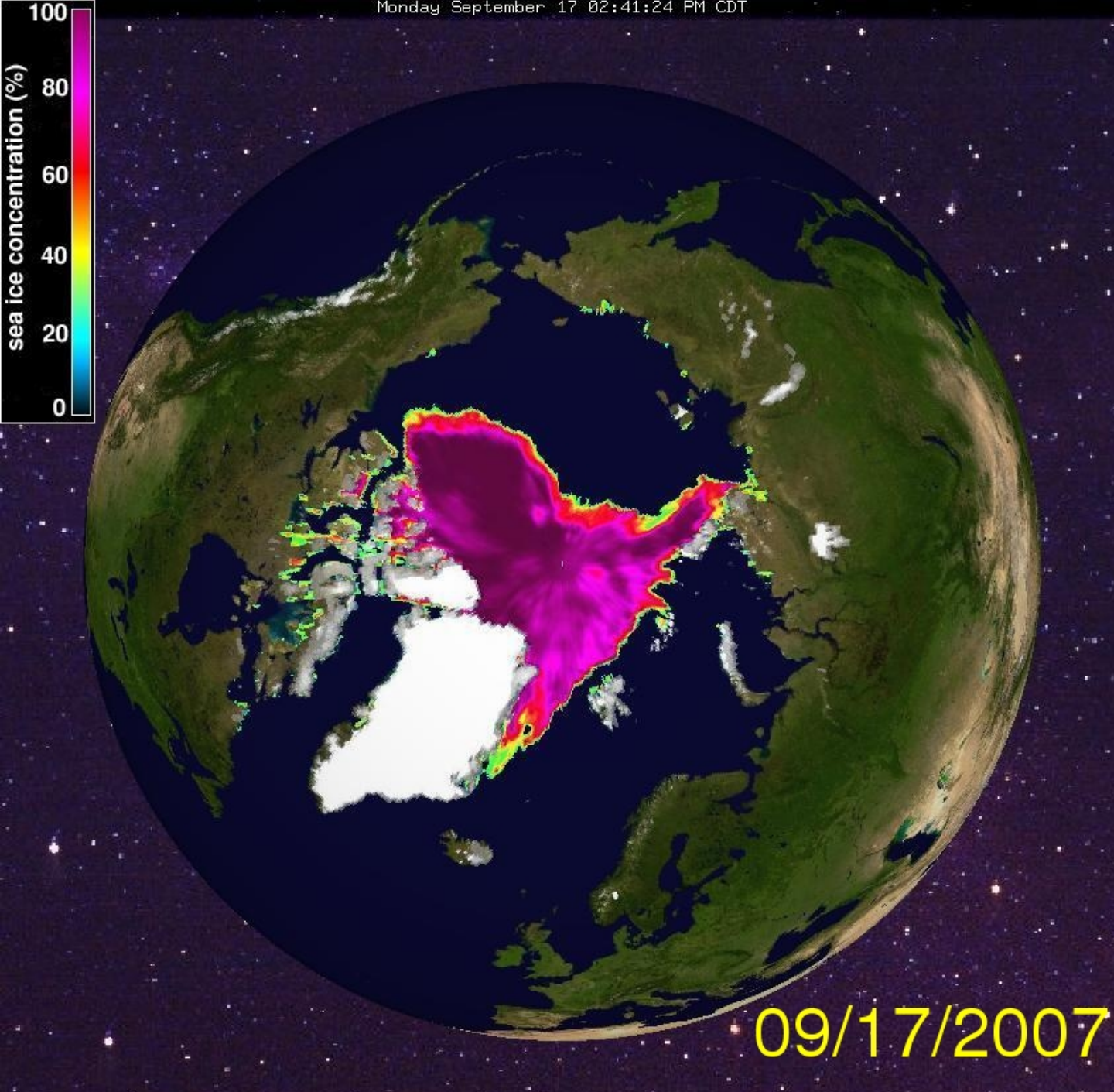
velká zesilující zpětná vazba



1979
17. září

Arktický
mořský led

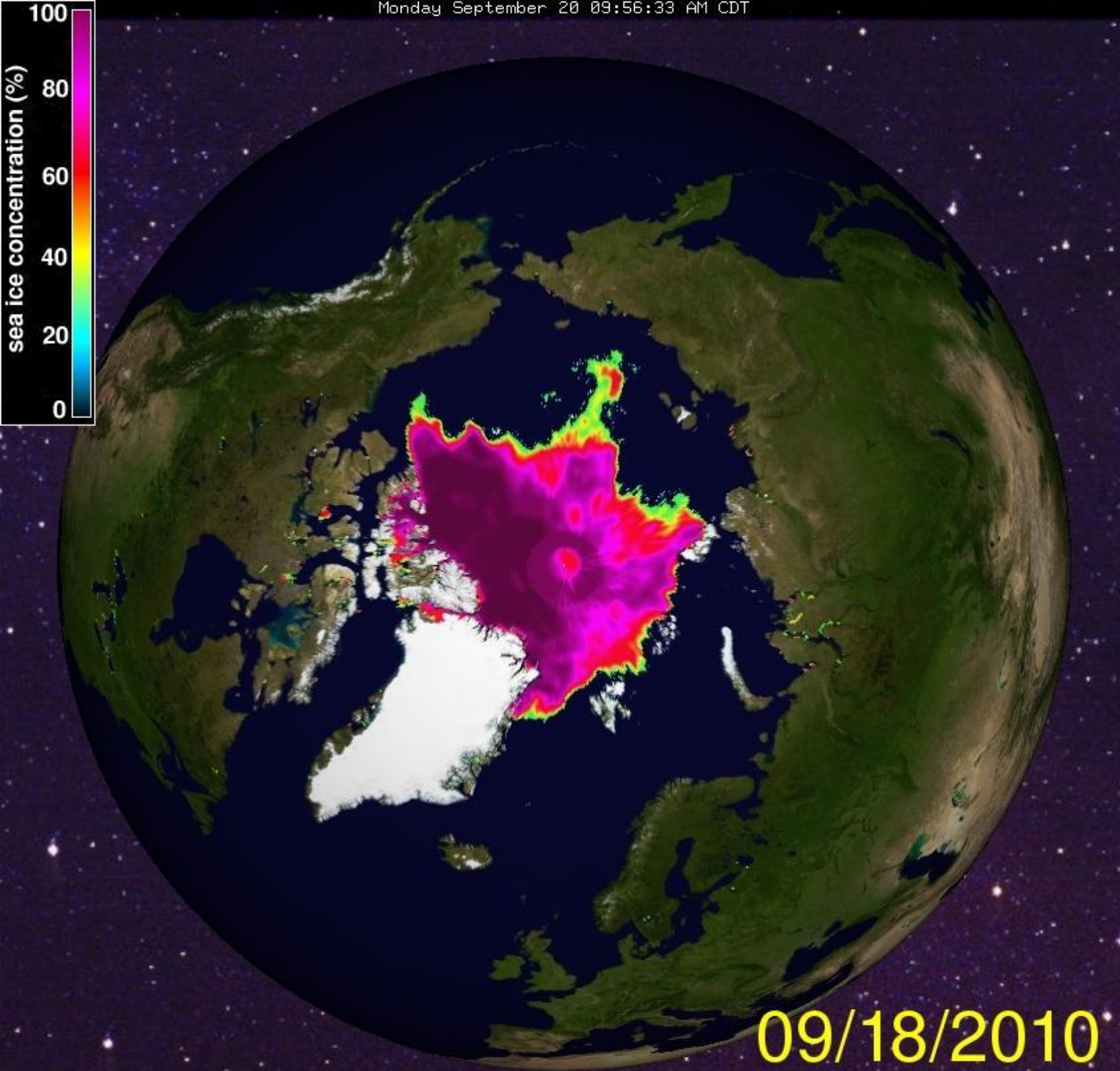
09/17/1979



2007
17. září

Arktický
mořský led

09/17/2007



2010

18. září

Arktický
mořský led
(Zdroj: [The
Cryosphere
Today](#))

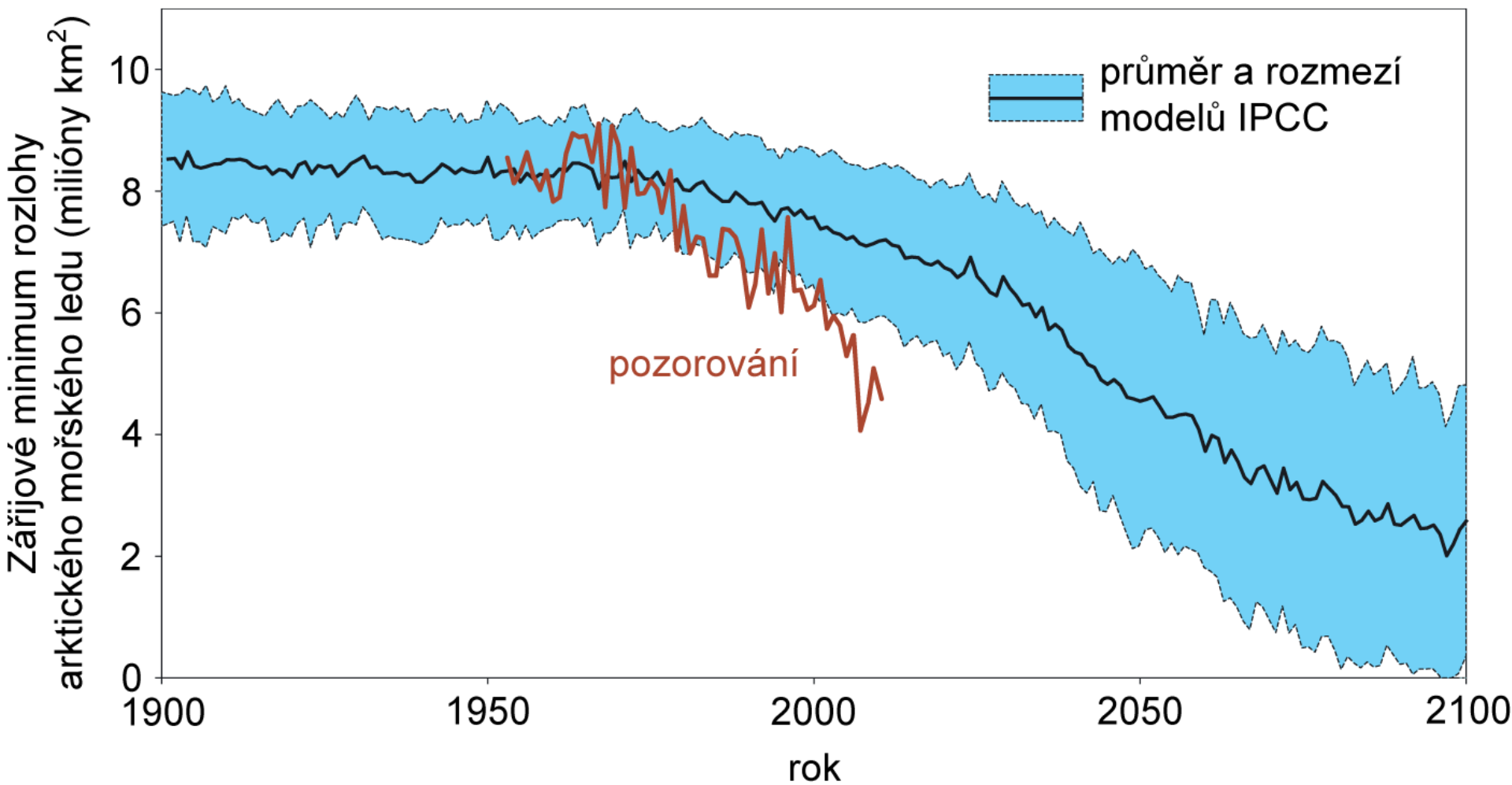
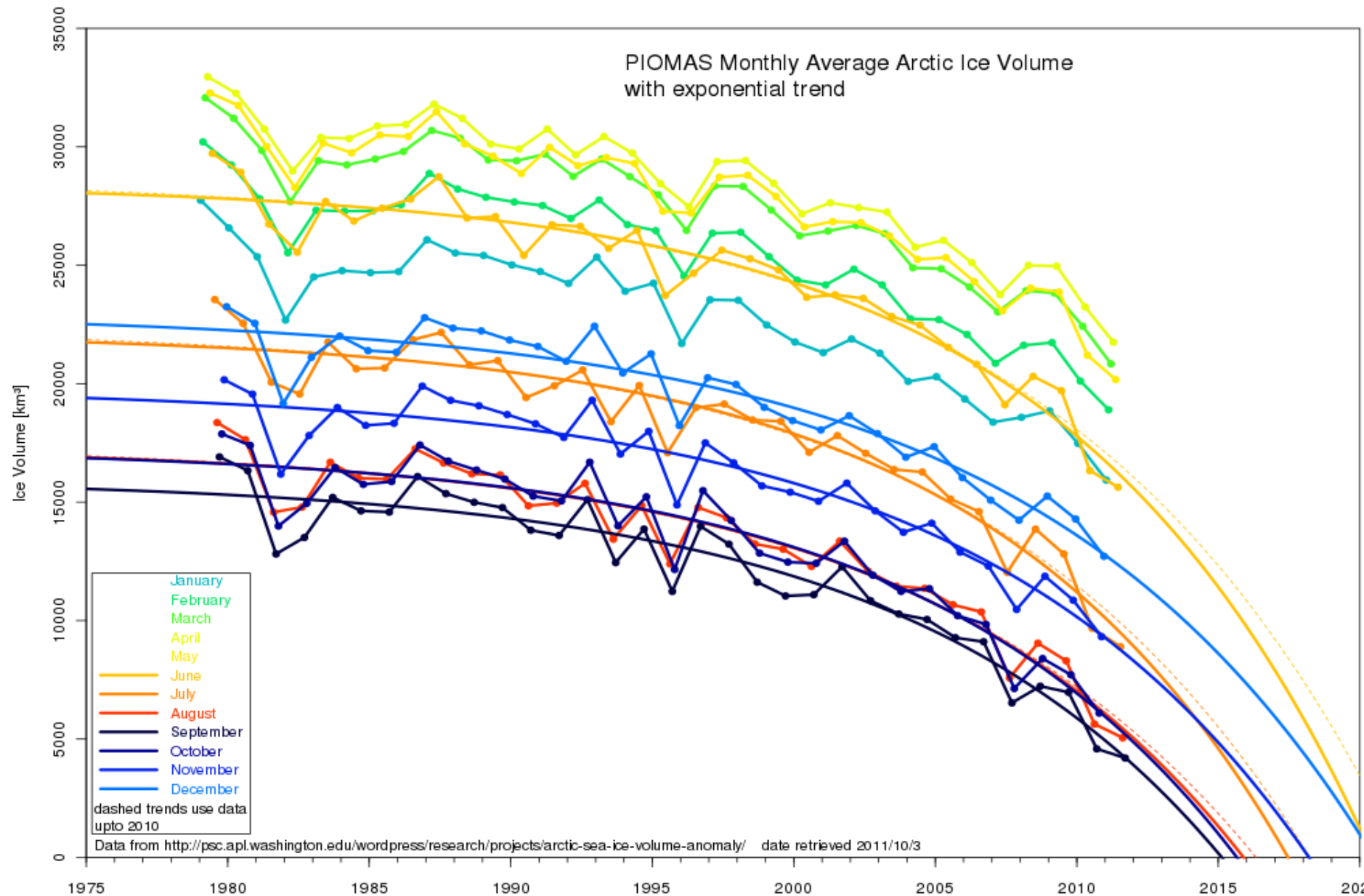


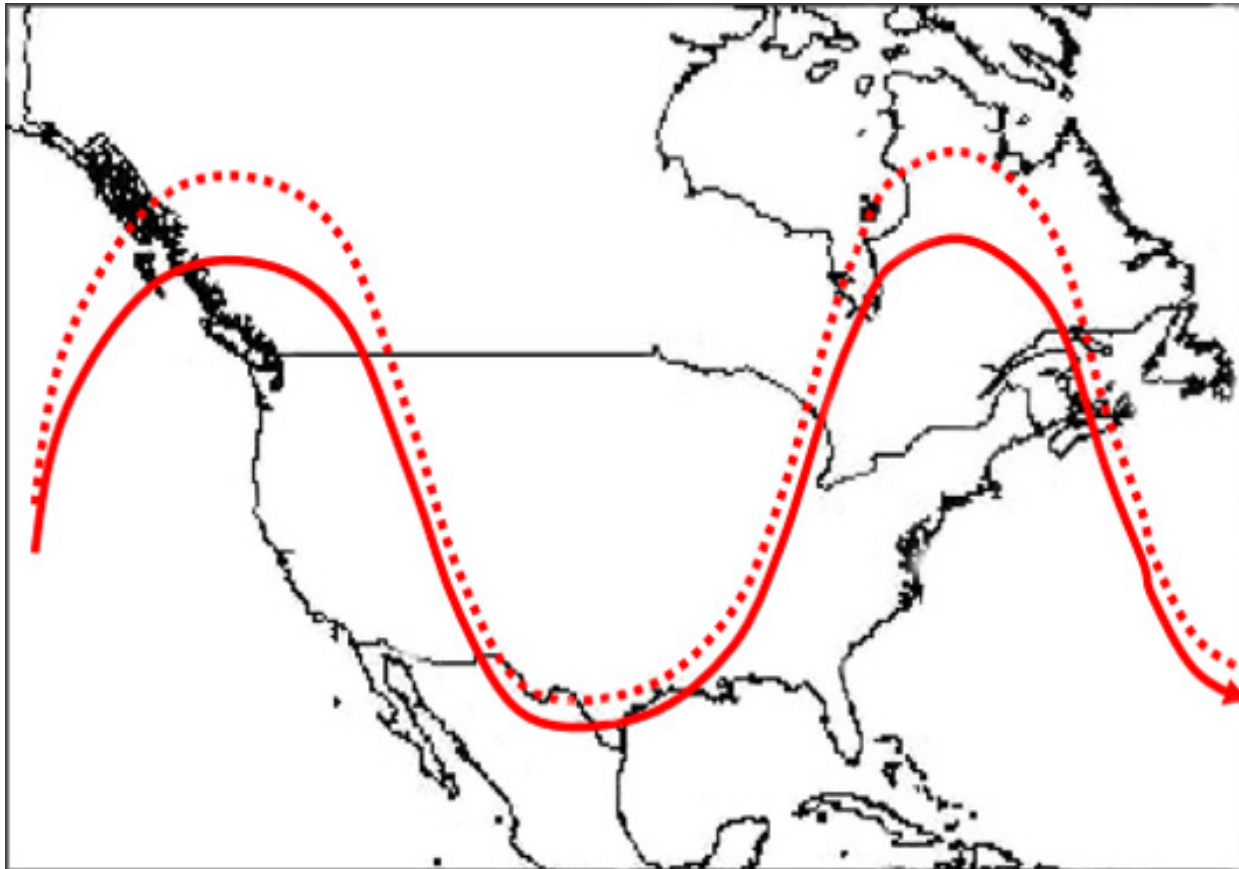
Figure 13: Pozorované a modelované změny rozlohy mořského ledu v Arktidě

Objem arktického mořského ledu exponenciálně klesá



Teplejší Arktida vede k pomalejšímu **jet streamu**, s většími vlnami a pomalejším posunem (**Jennifer Francis, 2012**)

Francis, J. A. and S. J. Vavrus (2012), Evidence linking Arctic amplification to extreme weather in mid-latitudes, *Geophys. Res. Lett.*, 39, L06801, doi:10.1029/2012GL051000.



Tání na povrchu Grónska

Vody klesající do „mlýna“, svislé šachty vedoucí na dno ledového příkrovu



*Zdroj: Roger Braithwaite,
University of Manchester (UK)*

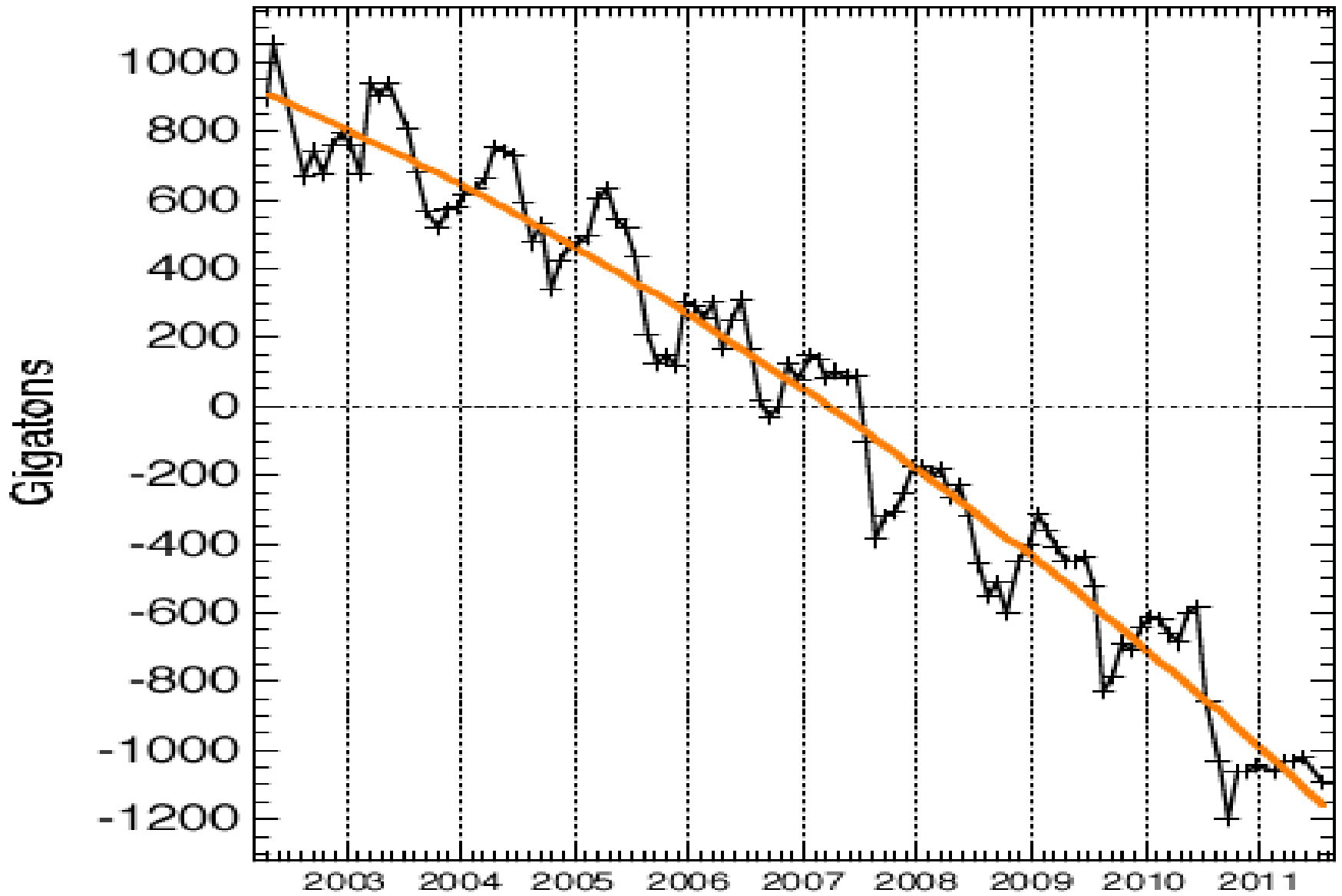
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

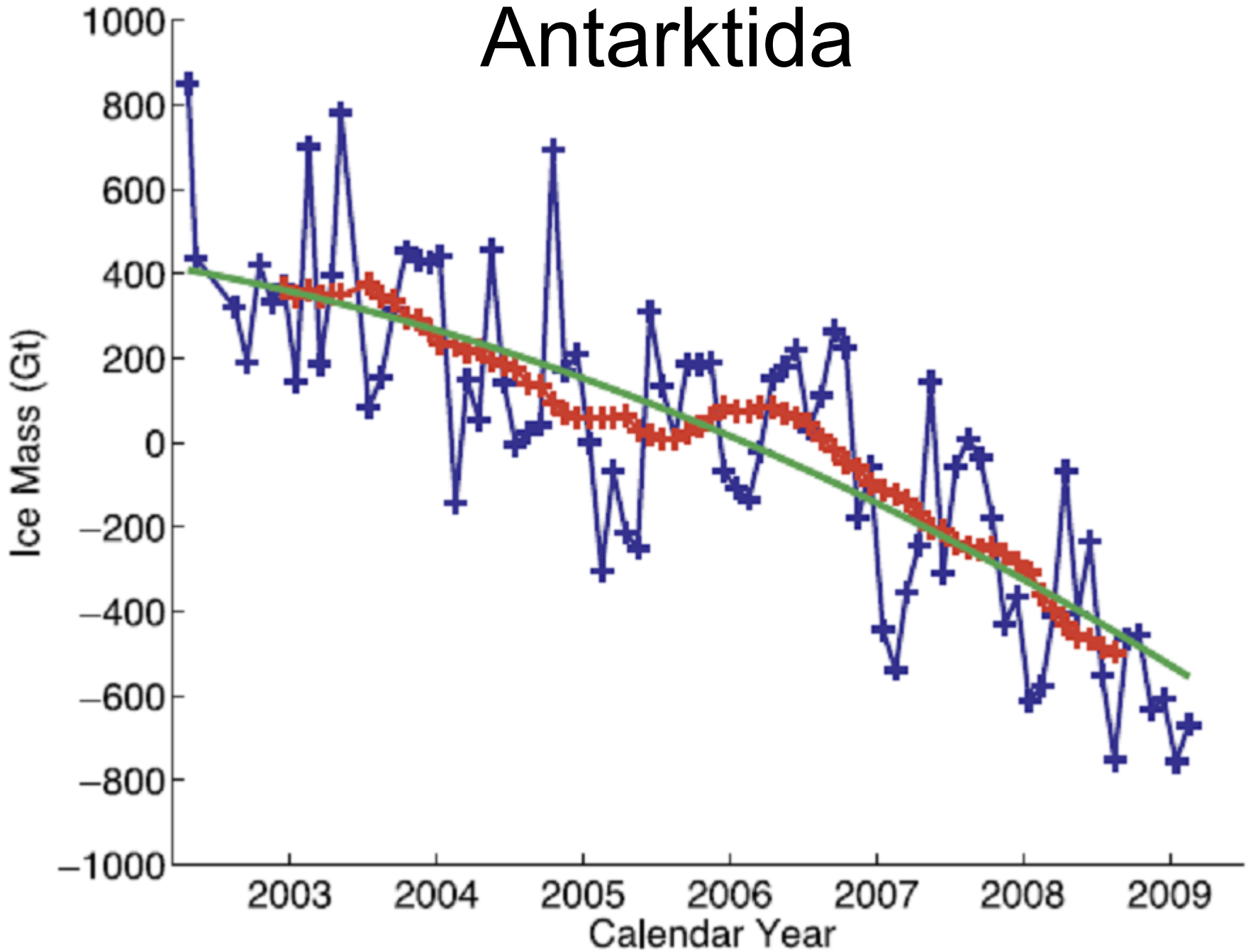


*Zdroj: Prof. Konrad Steffen,
Univ. of Colorado*

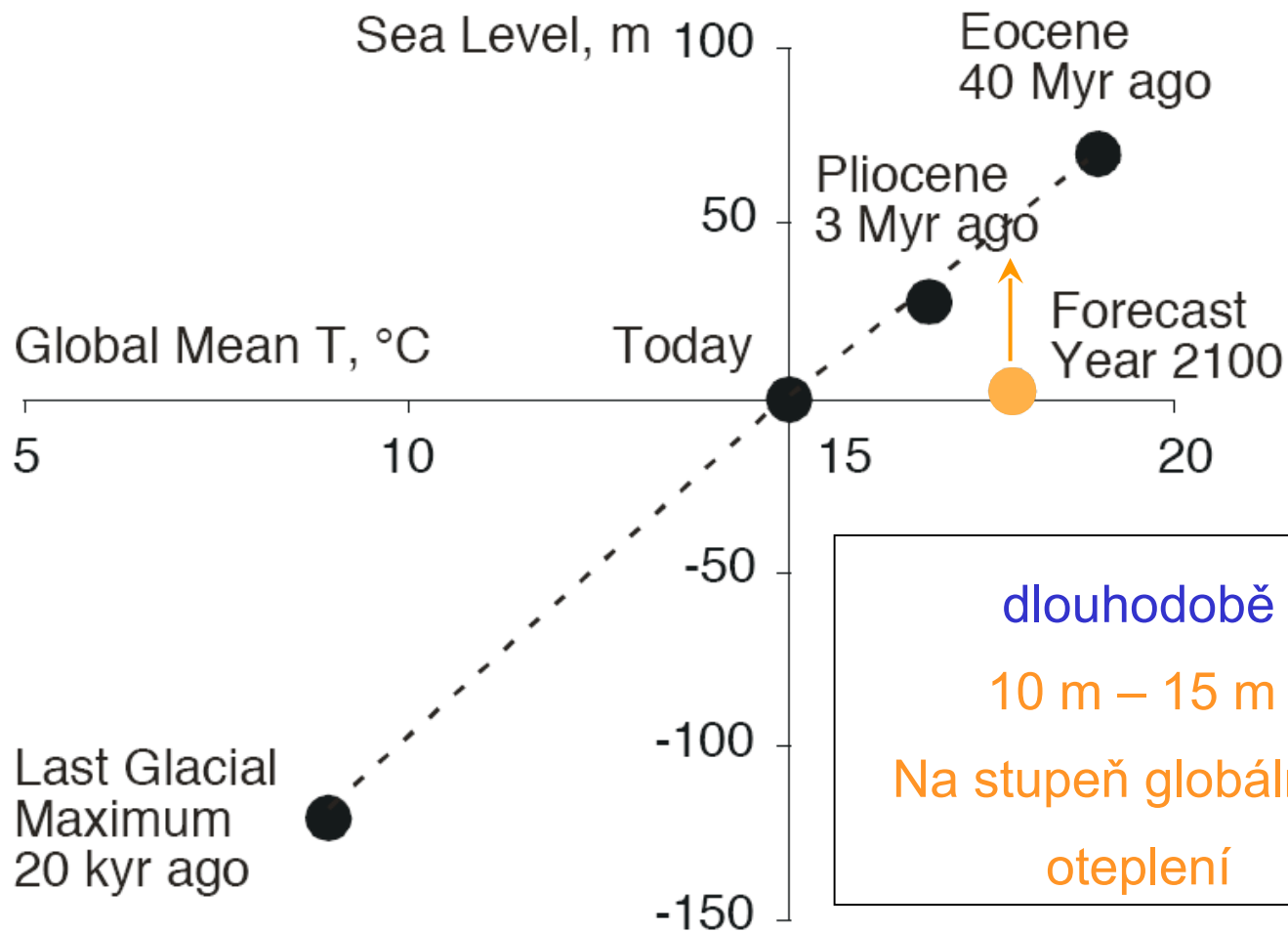
Greenland



Antarktida



Minulé odchylky mořské hladiny



Rozměry „nebezpečné“ změny

Vyhynutí živočišných a rostlinných druhů

vyhynutí polárních a alpských druhů
neudržitelná tempa migrace

Rozpad ledových příkrovů: hladina oceánu

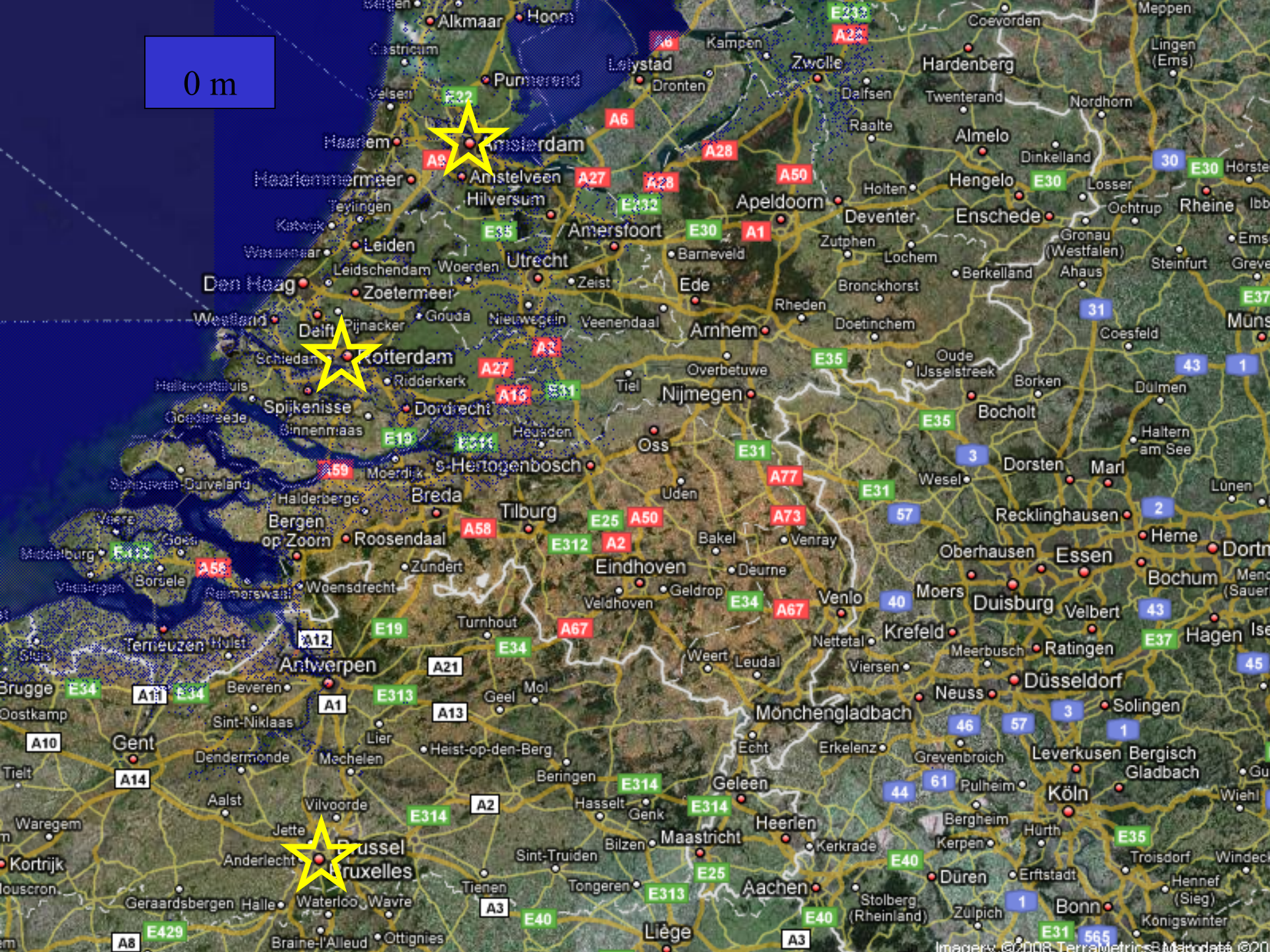
Regionální poruchy klimatu

častější extrémní události
posun vegetačních pásem / nouze o vodu

... stabilita klimatu v *holocénu* umožnila trvalé osídlení a rozvoj civilizace

... ztráta její stability v *antropocénu* - ztráta obyvatelnosti mnoha území a úživnosti Země

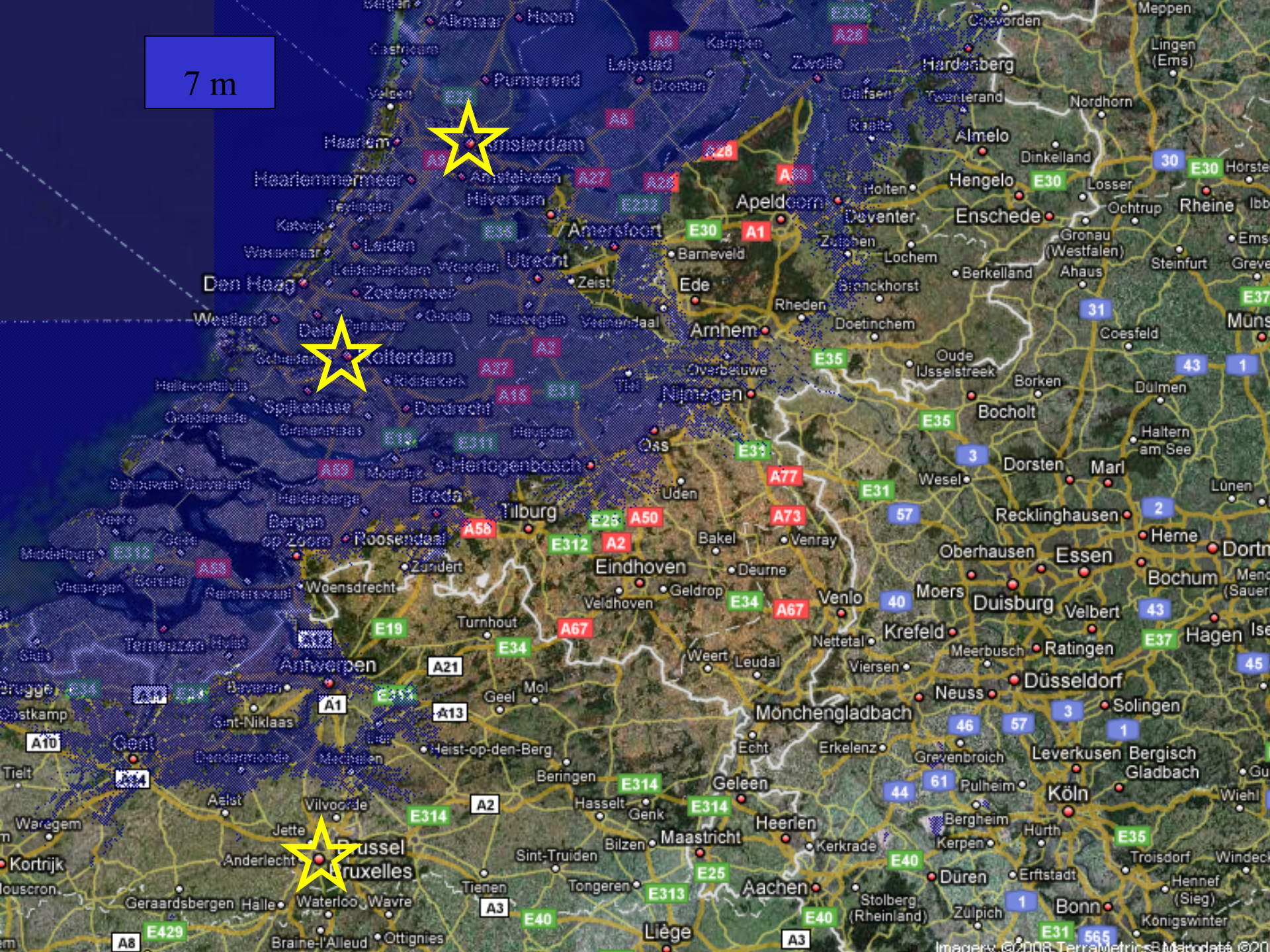
0 m



1 m

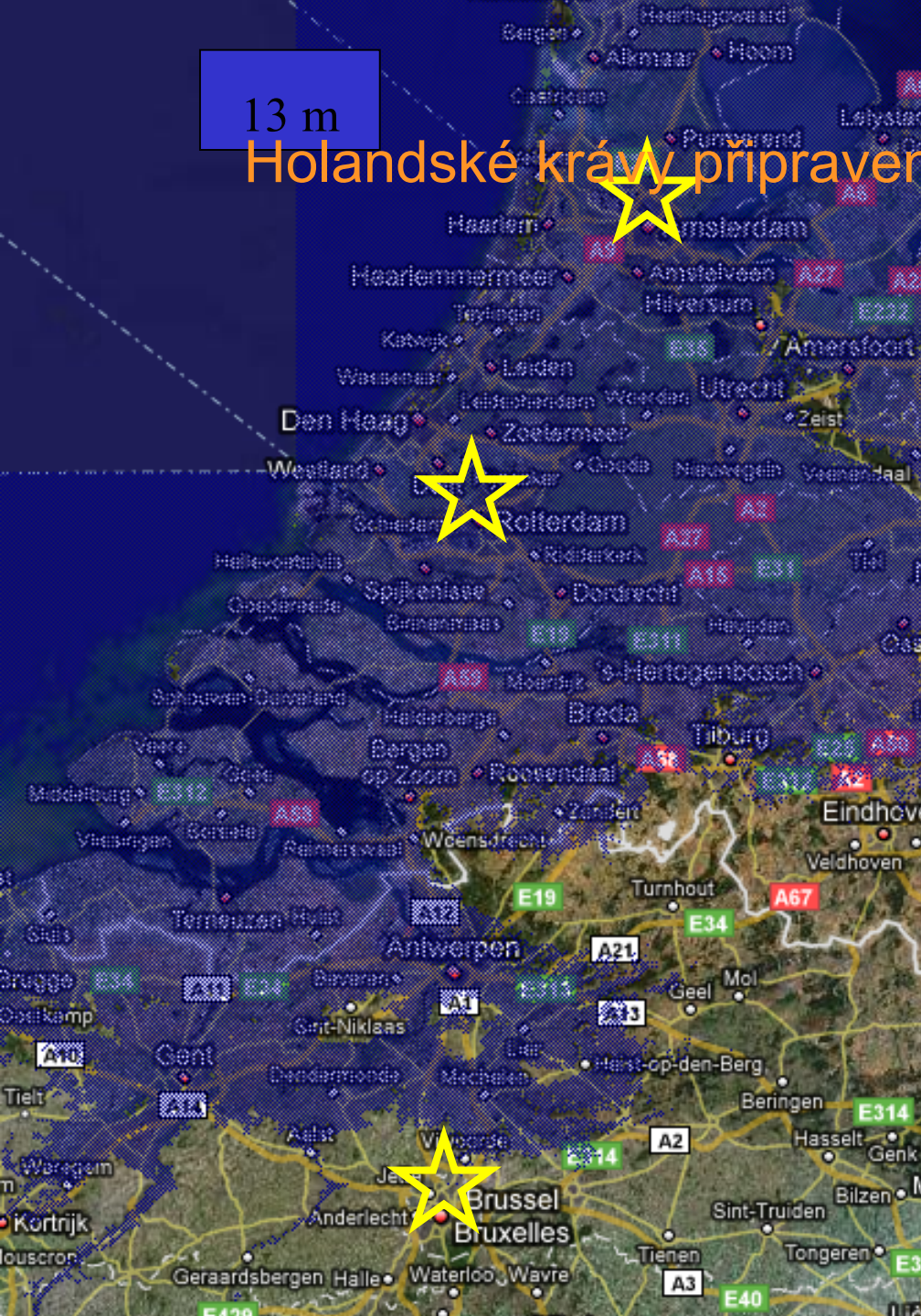


7 m



13 m

Holandské krávy připravené na globální oteplení!



Meze adaptace?

©Bill Hare



Oceány jsou již velmi poškozeny

a jejich stav se dál zhoršuje vlivem:

- okyselování přebytkem CO_2 z ovzduší
(pH kleslo v průměru již o 0,1, čili volných protonů přibylo o třetinu; kromě organismů s karbonátovými schránkami to poškozuje i rozmnožování ryb)
- oteplování
- nedostatku kyslíku (anoxií) vlivem jeho vyšší spotřeby i zmenšeného promíchávání

(viz <http://www.stateoftheocean.org/>)

povodně



Tepější atmosféra pojme více
vlhkosti
(~7%/°C)

➤ Větší srážky v přívalech !

➤ více povodní ?

➤ více such ?



Increase in Mean Temperature and Variance

Probability of Occurrence

— Old Climate
— New Climate

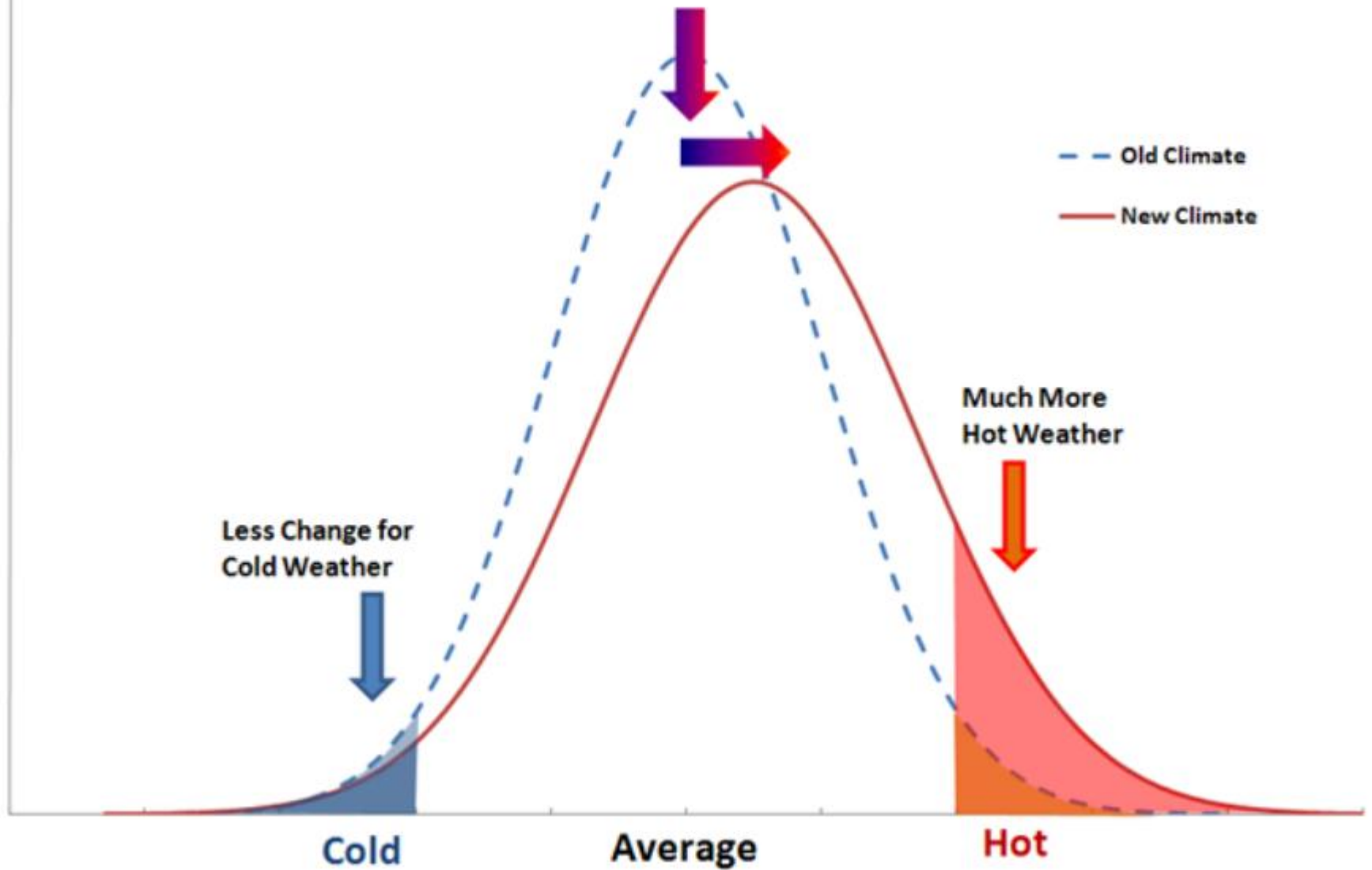
Less Change for Cold Weather

Much More Hot Weather

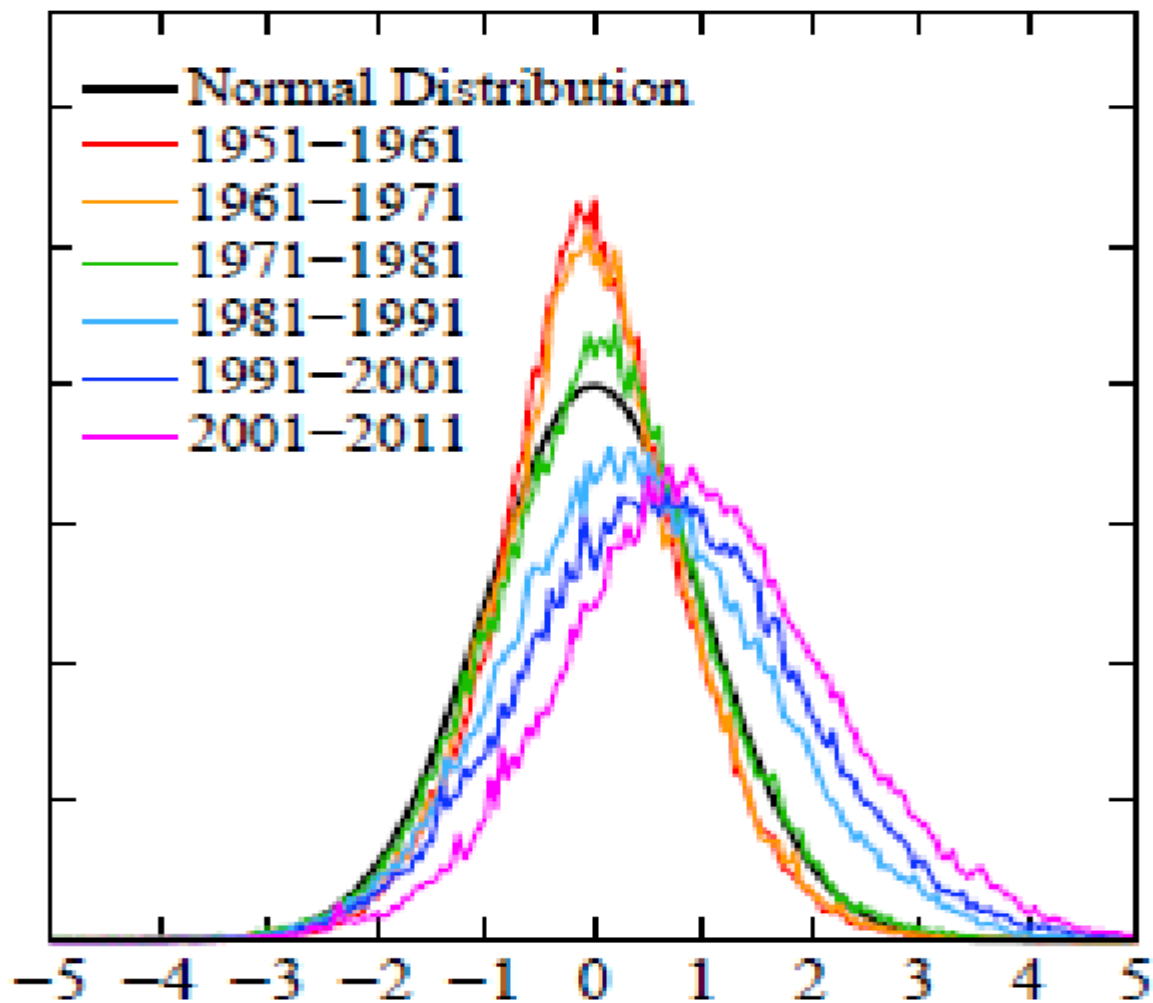
Cold

Average

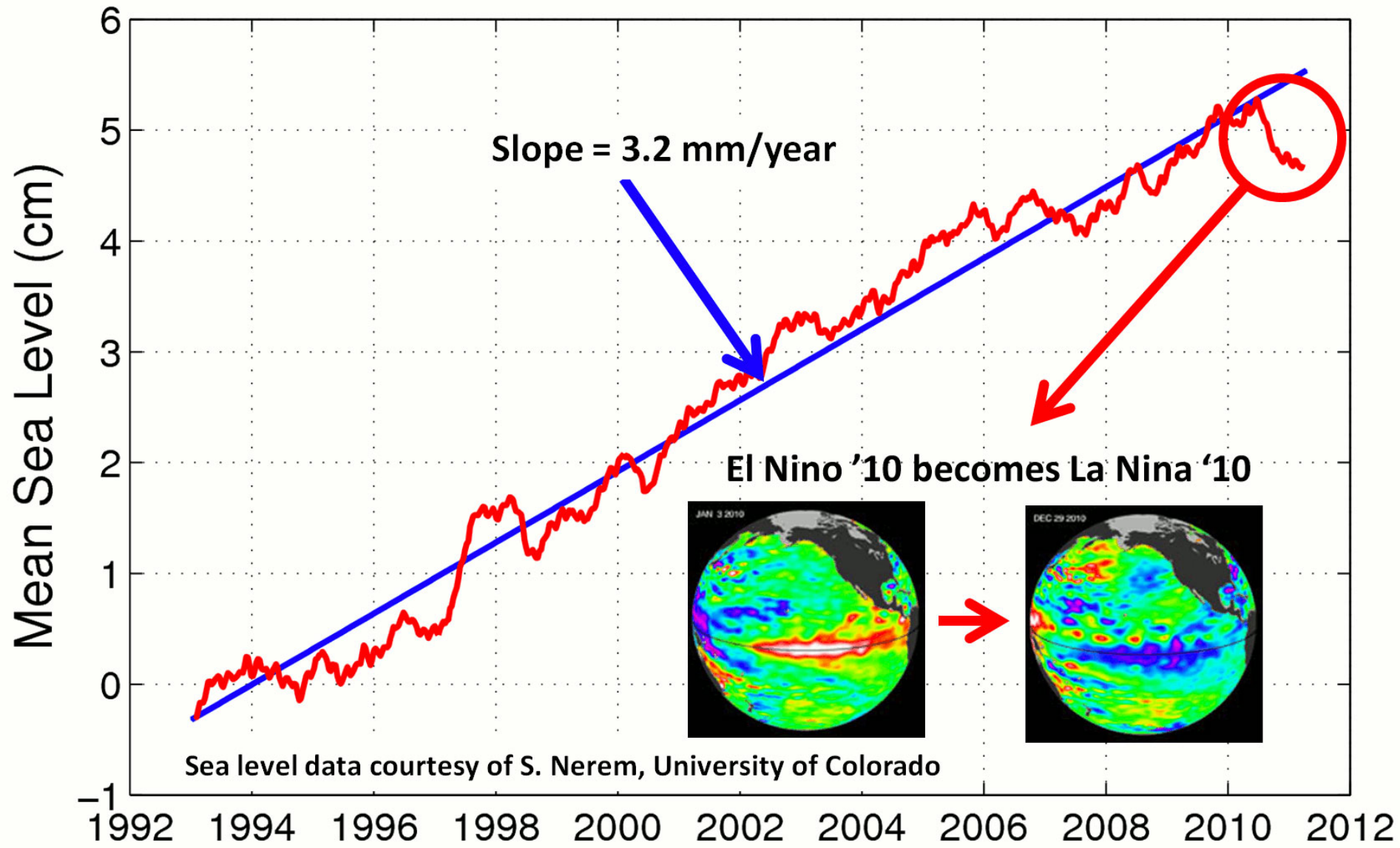
Hot



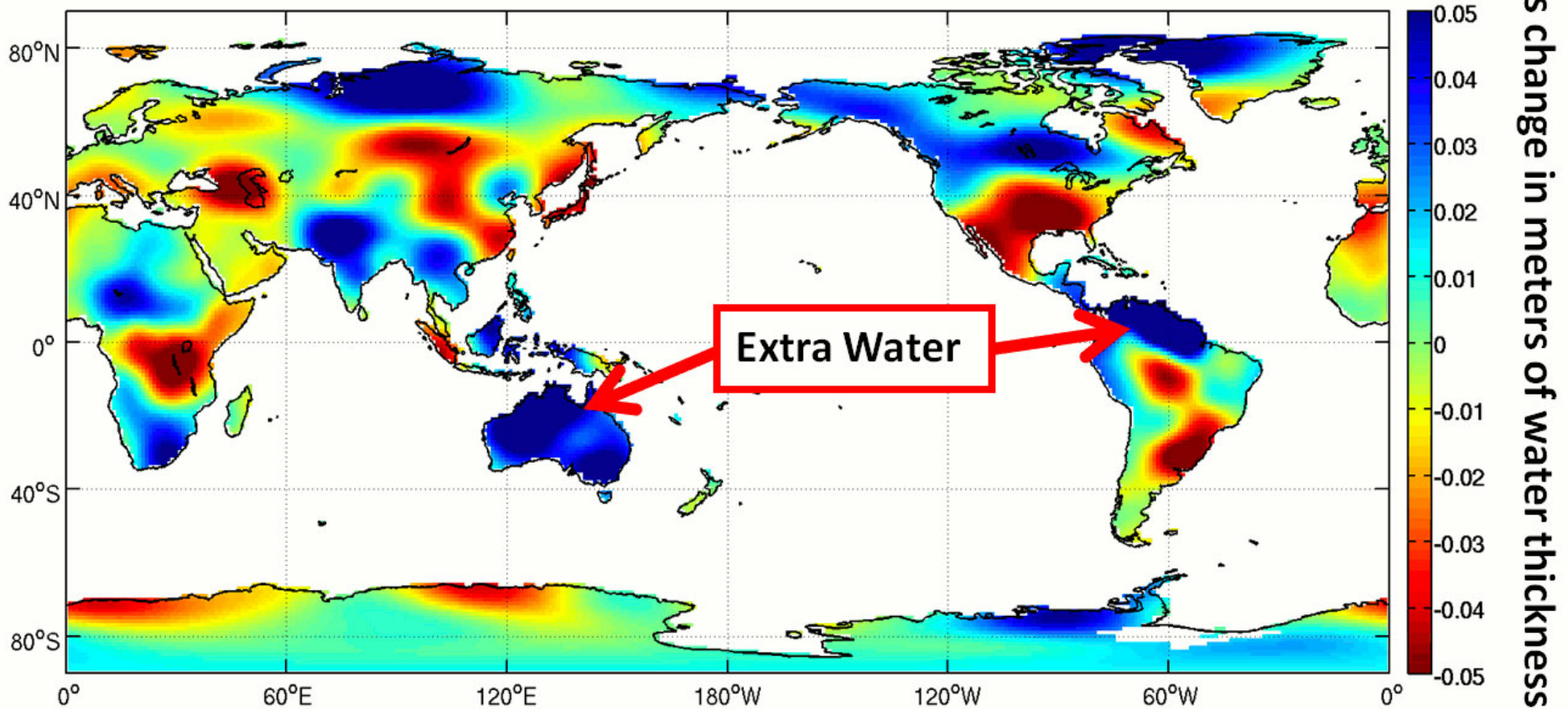
Četnost výskytu (osa Y) místních teplotních odchylek. Vodorovná osa udává teplotní odchylku podělenou standardní deviací pro danou lokalitu, jaká platila v období 1951-1980. Plocha pod každou křivkou je táž. Zdroj: James Hansen, M. Sato and R. Ruedy: Perceptions of Climate Change: The New Climate Dice ([koncept práce](#) o vlivu globálního oteplování na teplotní extrémny).



Global Sea Level Drops 6 mm in 2010



GRACE Shows Change in Water from March 2010 to March 2011

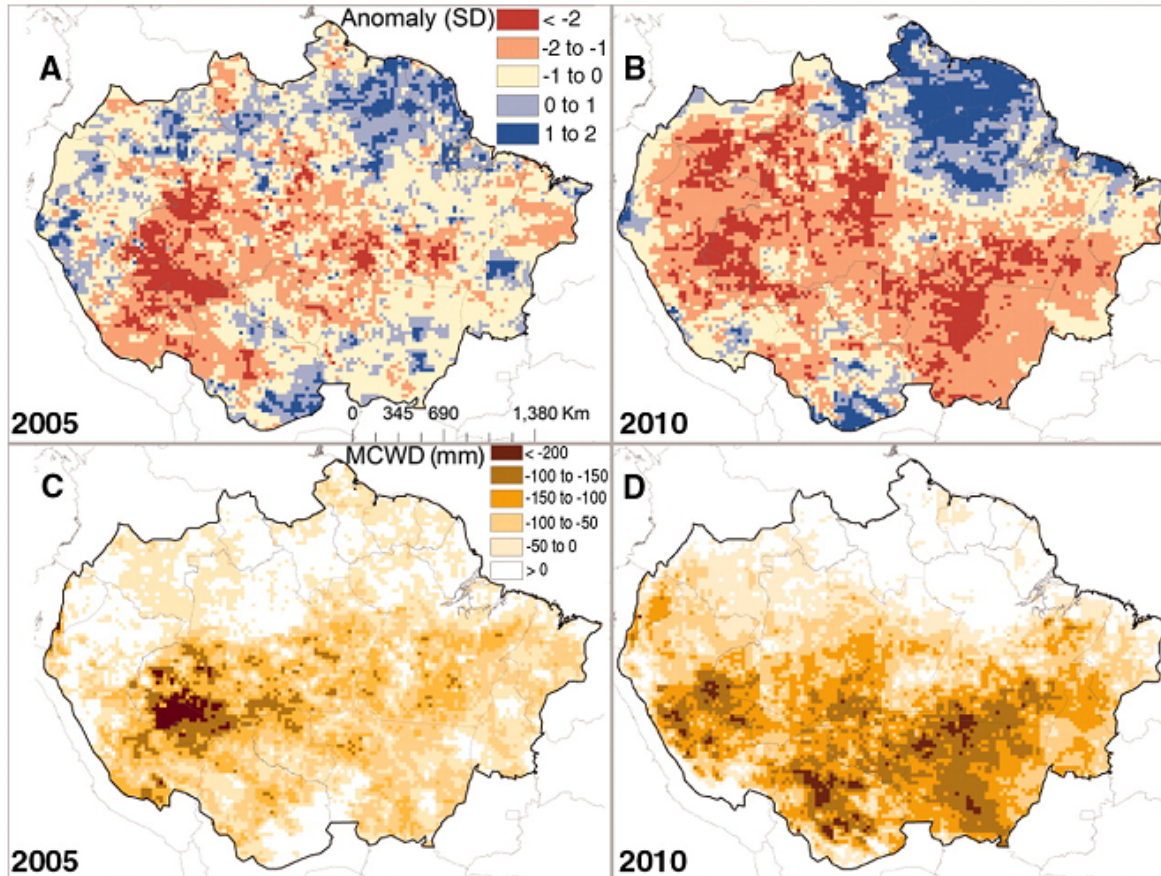




Wild fires in Greece, August 2007

Source: spiegel.de

Amazon – from carbon sink to carbon source? - the 2005 & 2010 droughts



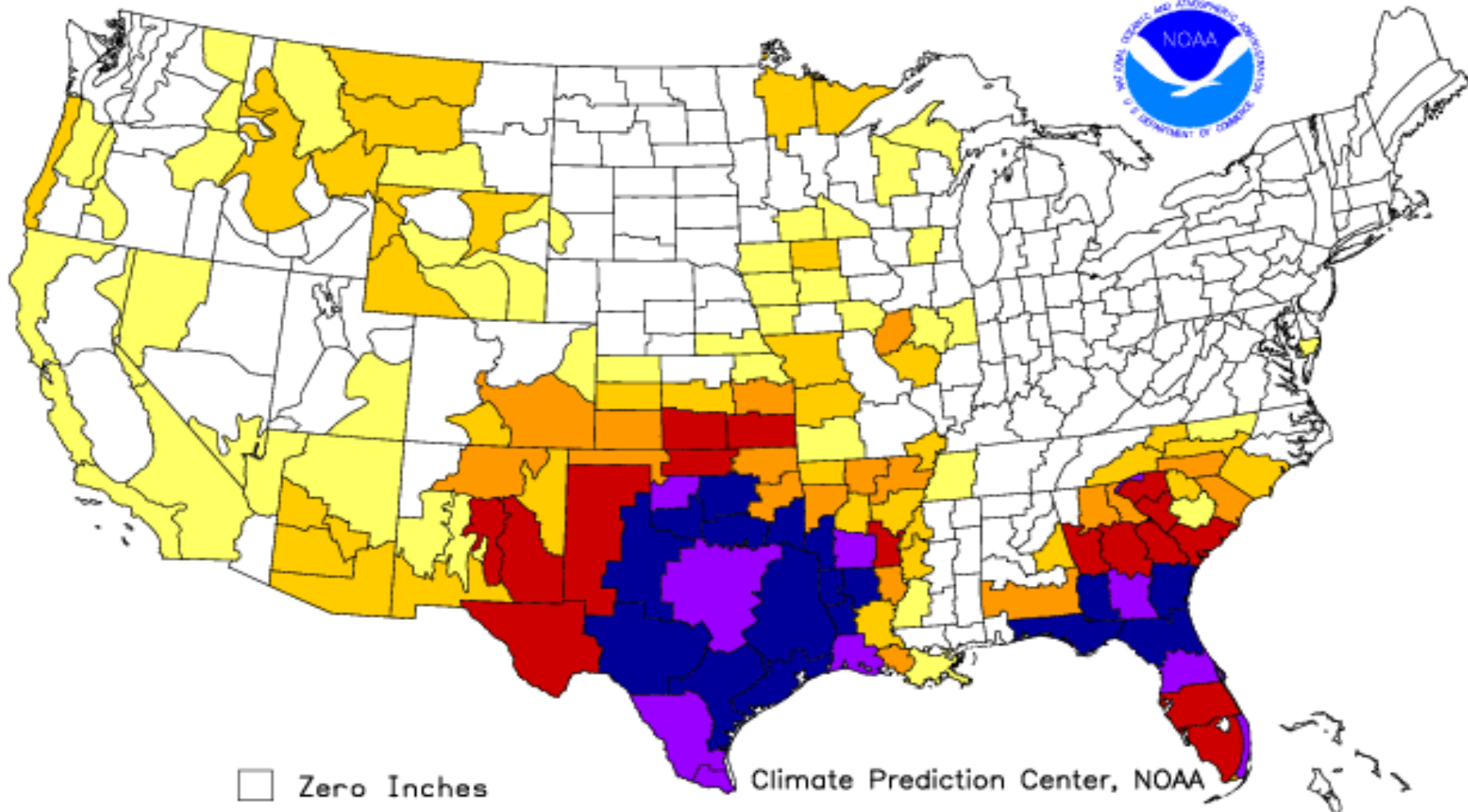
A & B = anomaly of dry season rainfall from decadal mean

C & D = maximum climatological water deficit from decadal mean

2010 emissions release due to drought may have been in excess of 5 billion tonnes CO₂

= US total annual fossil-fuel emissions

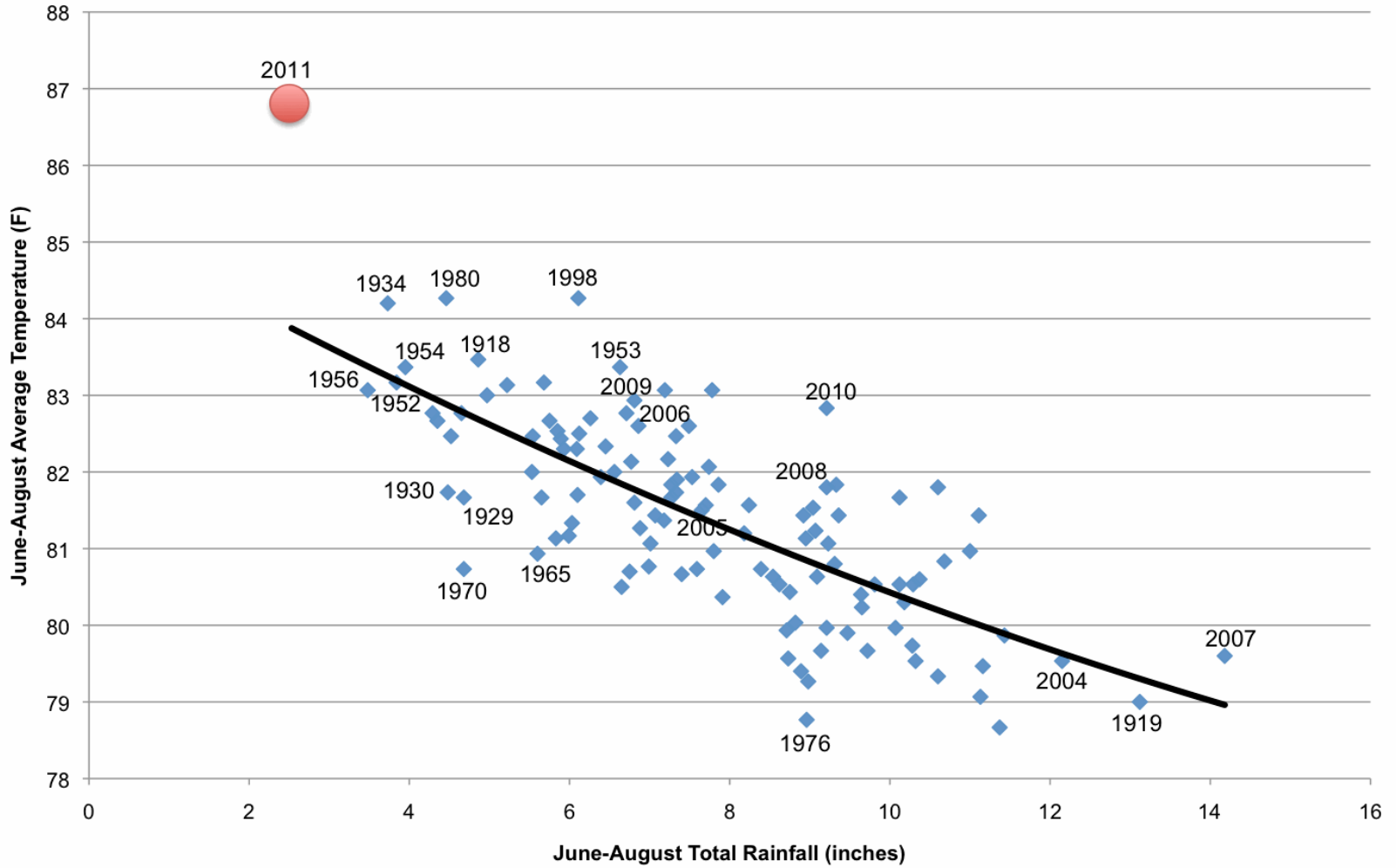
Additional Precip. Needed (In.) to Bring PDI to -0.5
Weekly Value for Period Ending OCT 1, 2011
Long Term Palmer Drought Severity Index (PDI)



- | | |
|---|---|
|  Zero Inches |  9 to 12 Inches |
|  Trace to 3 Inches |  12 to 15 Inches |
|  3 to 6 Inches |  Over 15 Inches |
|  6 to 9 Inches | |

Climate Prediction Center, NOAA

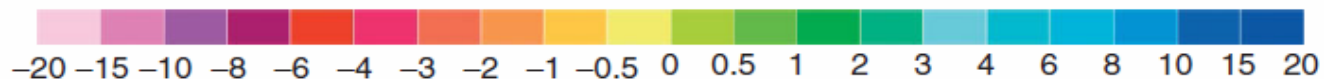
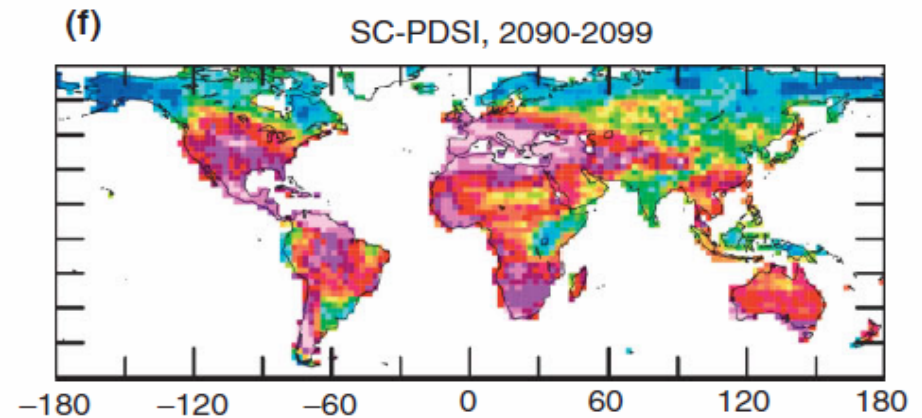
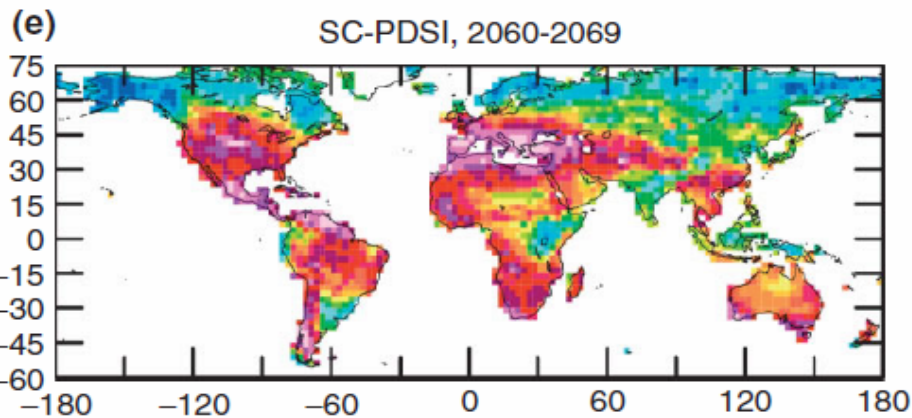
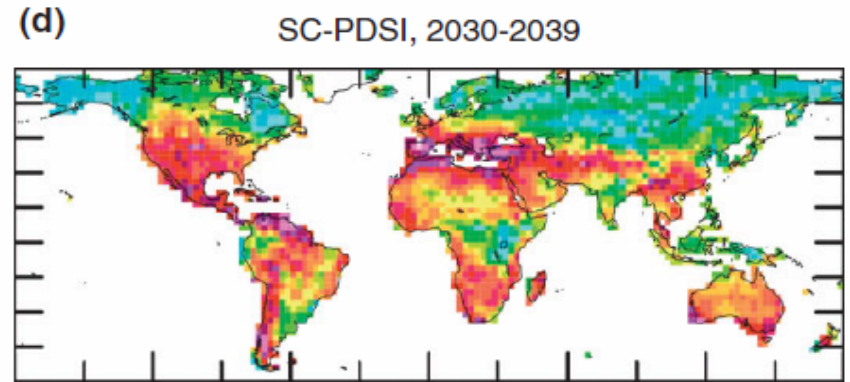
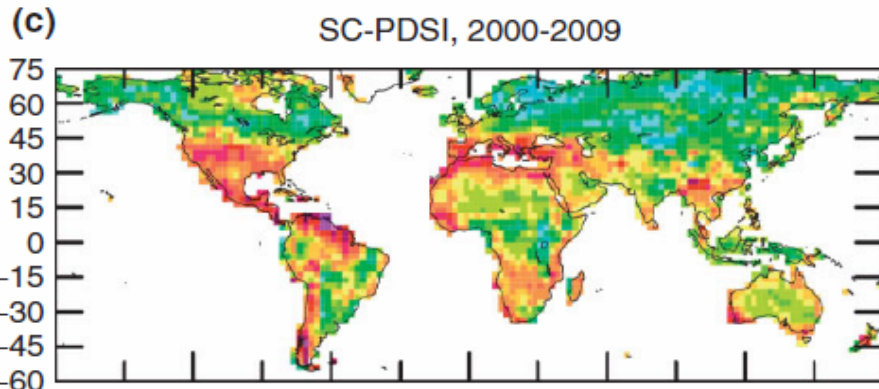
Texas Summers



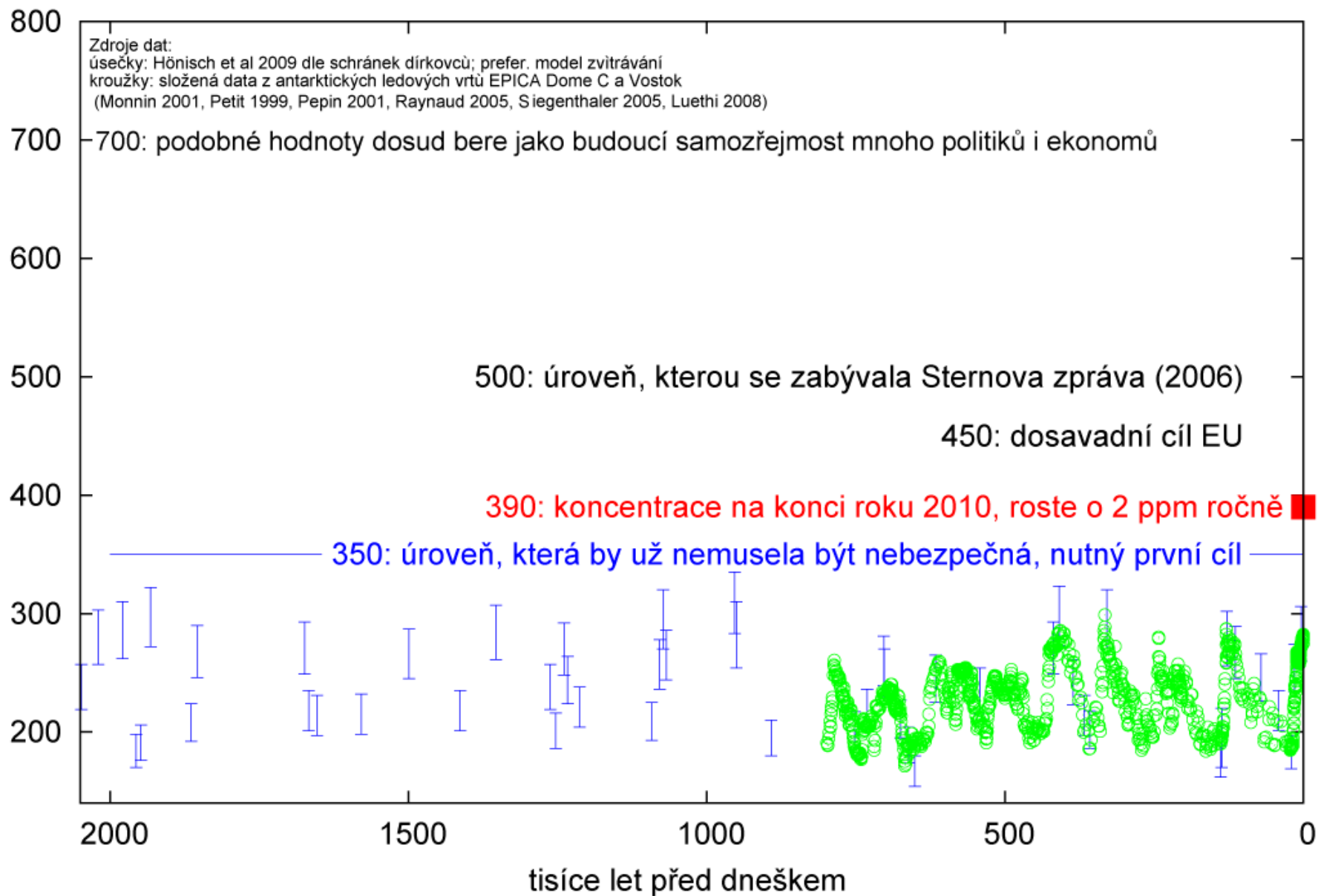
Index vážnosti sucha (již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)

(Dai, 2010: Drought under global warming: a review)



Koncentrace CO₂ během čtvrtohor, dnes a ...zítra?



Globální teplota vzhledem k období 1800-1900 (°C)

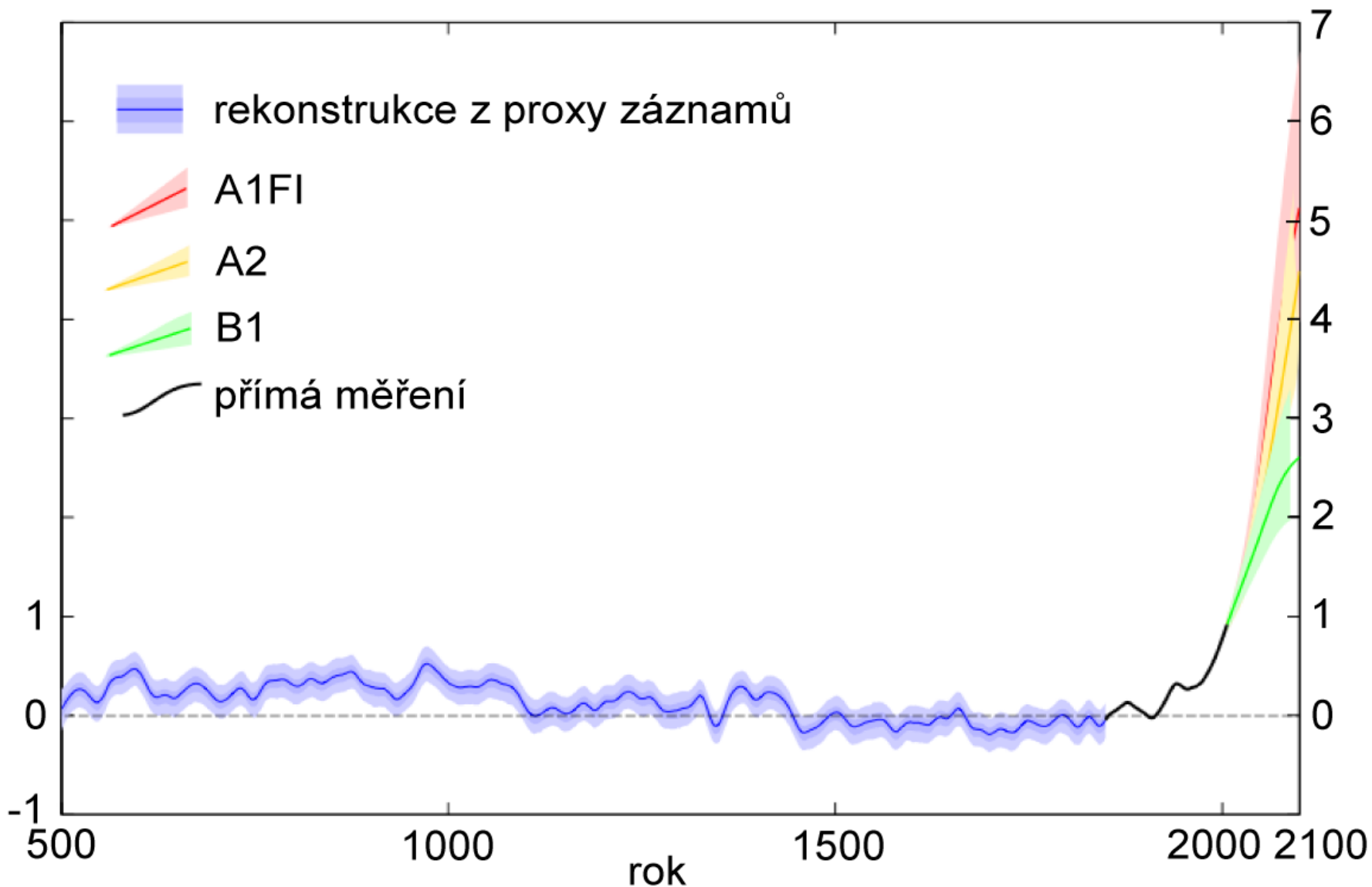
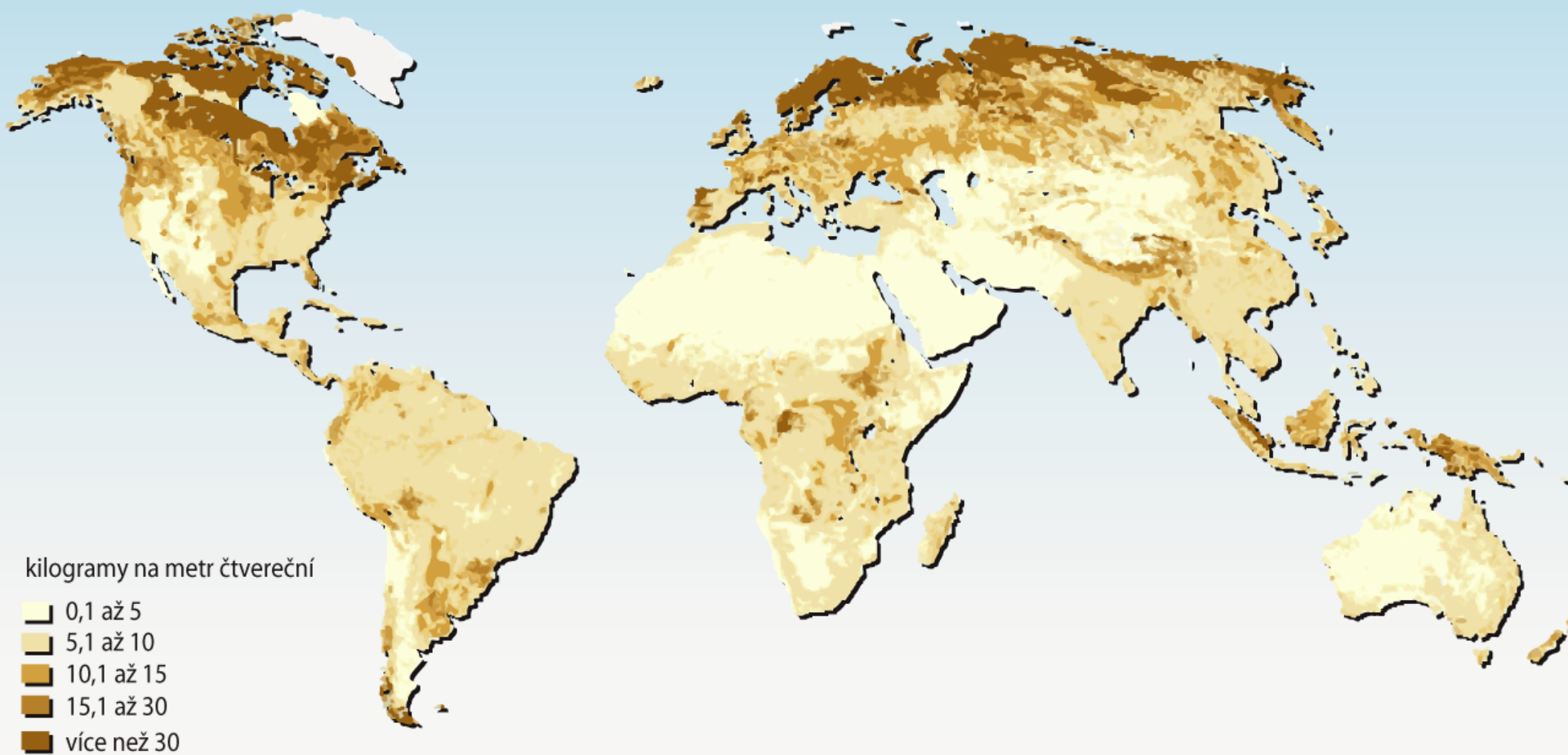
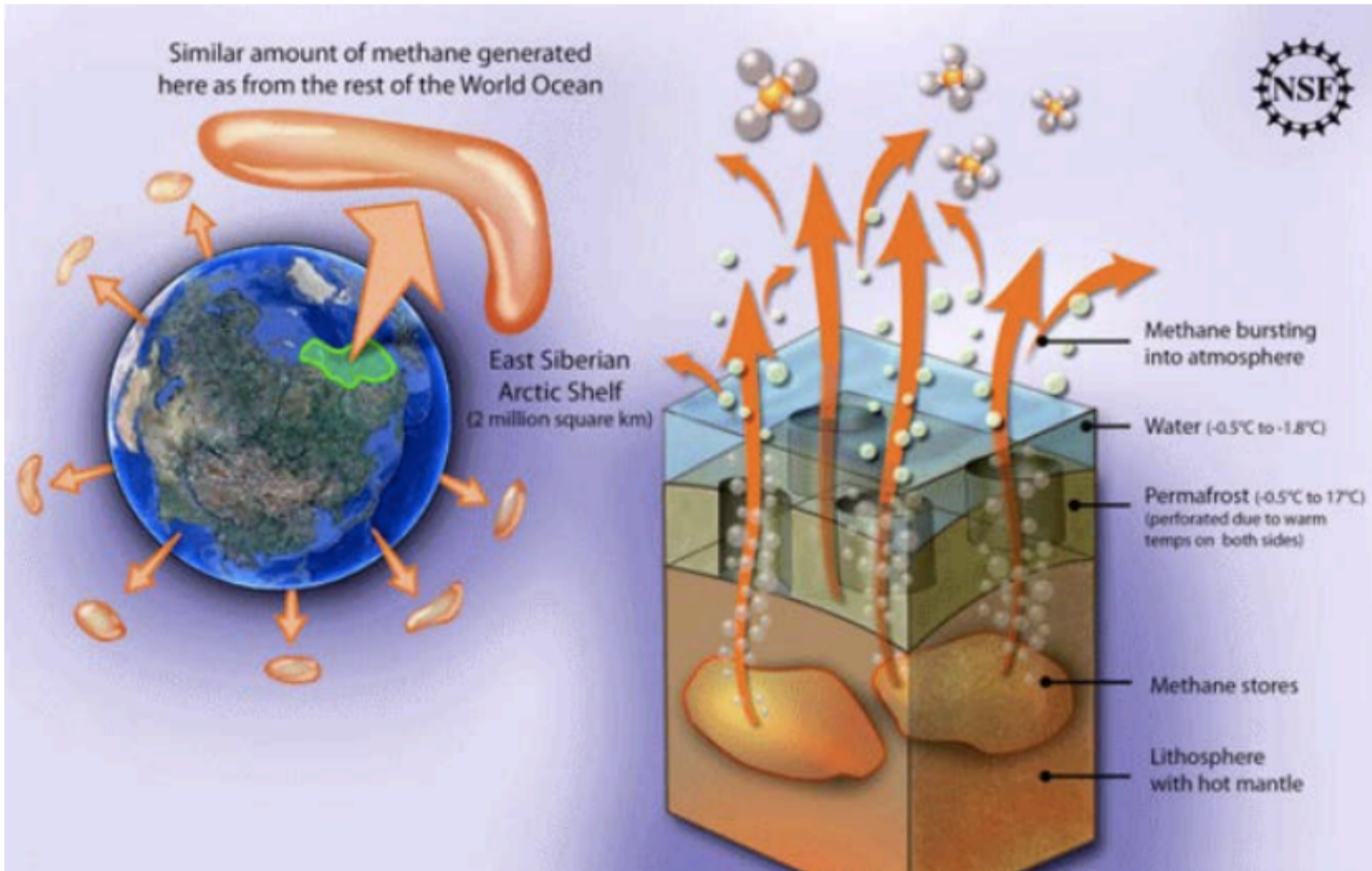


Figure 21: Rekonstruované a pozorované změny teplot a projekce do budoucna

Obsah uhlíku ve světových půdách



Arctic Methane Emissions



Recent evidence shows that methane emissions are increasing from Arctic permafrost and seabed clathrates

Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

**Pro záchranu planety v podobě,
ve které se vyvinula civilizace**

Cíl ubrat CO₂ pod 350 ppm

Technicky splnitelný

(ale ne v případě „business-as-usual“)

Kritický je rychlý ústup od uhlí

(dlouhá životnost CO₂ v ovzduší)

(nutno zastavit budování nových uhelných elektráren, které CO₂ nezachycují a neukládají)

Odkazy

- www.veronica.cz/klima
- www.zmenaklimatu.cz
- <http://amper.ped.muni.cz/gw>
 - www.ipcc.ch



Zdroje obrázků a textů

Alexander Ač

James Hansen, NASA Goddard Institute for Space Studies

NASA JPL

Kevin Trenberth, National Center for Atmospheric Research

John Wahr

Ian Dunlop

Yvonna Gailly

Anders Levermann, Potsdam-Institut für Klimafolgenforschung (PIK)

Mezivládní panel pro změnu klimatu (IPCC)

The Copenhagen Diagnosis, 2009

John Holdren

Jan Hollan

a původně i jiné (viz údaje u obrázků)