

Klimatická změna ve světle vědeckých poznatků

Jan Hollan

Centrum výzkumu globální změny AV ČR



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

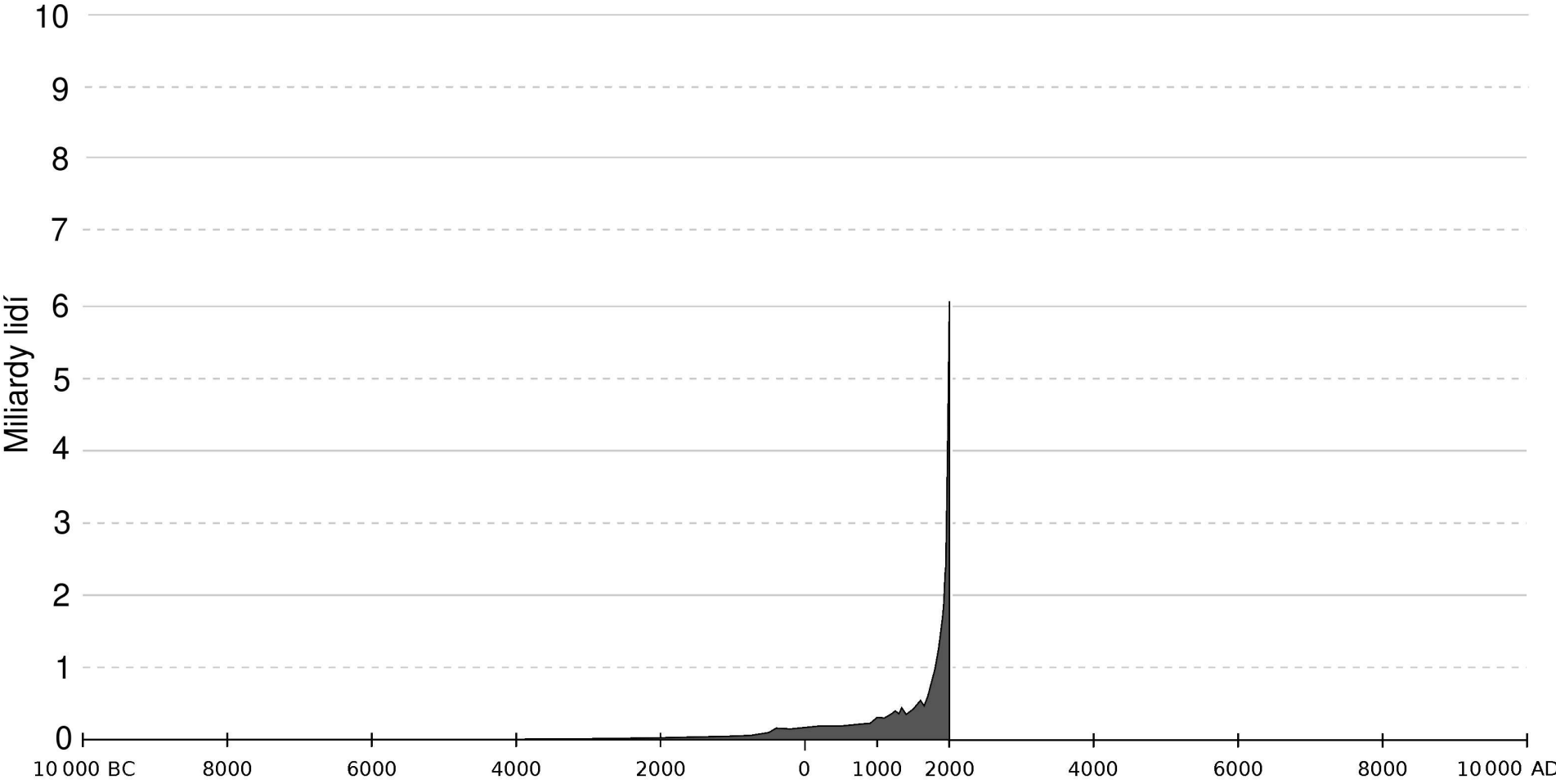
Globální změna

„Změny v globálním životním prostředí (zahrnující proměny klimatu, produktivity krajiny, oceánů nebo jiných vodních zdrojů, chemie ovzduší a ekologických systémů), které mohou pozměnit schopnost Země podporovat život“

- viz více na http://amper.ped.muni.cz/gw/Glob_zmena.html

Jde o celek, jehož složky jsou provázány, nelze je zcela oddělit

Světová populace (horizont 20 000 let)



nyní už 7 miliard

Překročení 1 miliardy umožnila...

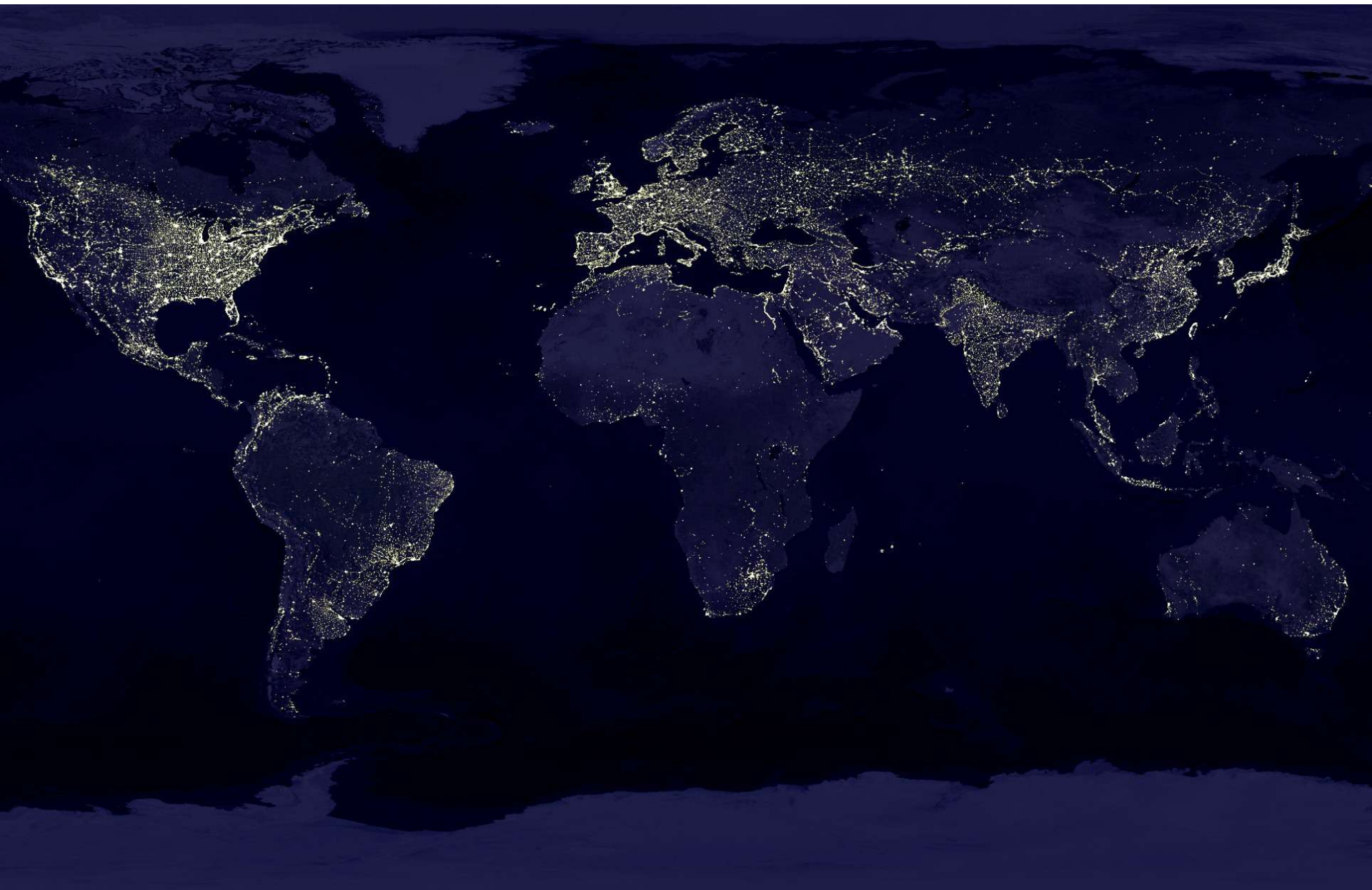
až civilizace opřena o fosilní paliva

a z ní pocházející

růst zemědělské produkce

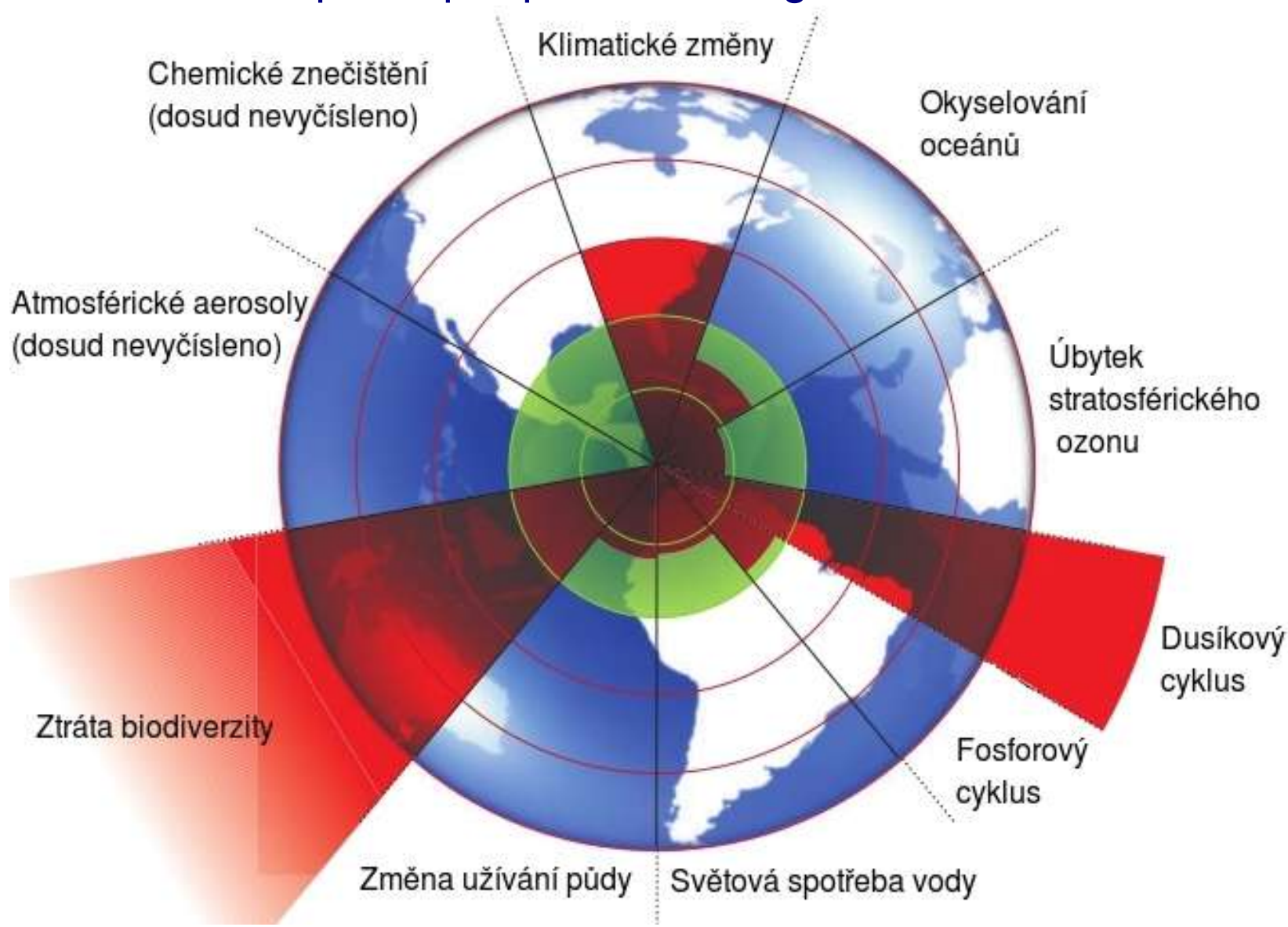
lékařská péče

očkování



Planetární meze a jejich překročení

<http://amper.ped.muni.cz/gw/boundaries>



Ovzduší, které silněji tepelně izoluje

- globální oteplení (... korektní, říká: trend)
- změna klimatu (... to nikoho nepoplaší)
- klimatická změna (... mění se i jiné věci)

- **globální klimatický rozvrat** (... výstižné)
- klimatická krize (... dtto)
- **dramatická klimatická změna** (... jemnější)

Termín „globální oteplování“ není dost výstižný, ba je matoucí

Vzbuzuje dojem něčeho, co je

- rovnoměrné po celé Zemi,
- týká se vlastně jen teploty,
- pozvolné
- a dost možná neškodné

Jenže změny jsou doopravdy

- velmi nerovnoměrné,
- týkají se zdaleka ne jen teplot
- rychlé ve srovnání s možností přizpůsobení
- v mnoha případech a místech škodlivé

Průměrná teplota je jen nejprostší ukazatel stavu klimatu

Klima je charakterizováno i extrémny, dobou výskytu, prostorovým uspořádáním

- horka a zimy,
- nebe zataženého a jasného,
- vlhka a sucha,
- sněžení, sněhové pokrývky a tání,
- vánků, vánic, tornád a tajfunů.

Změna klimatu znamená rozvrat doposud existujících charakteristik.

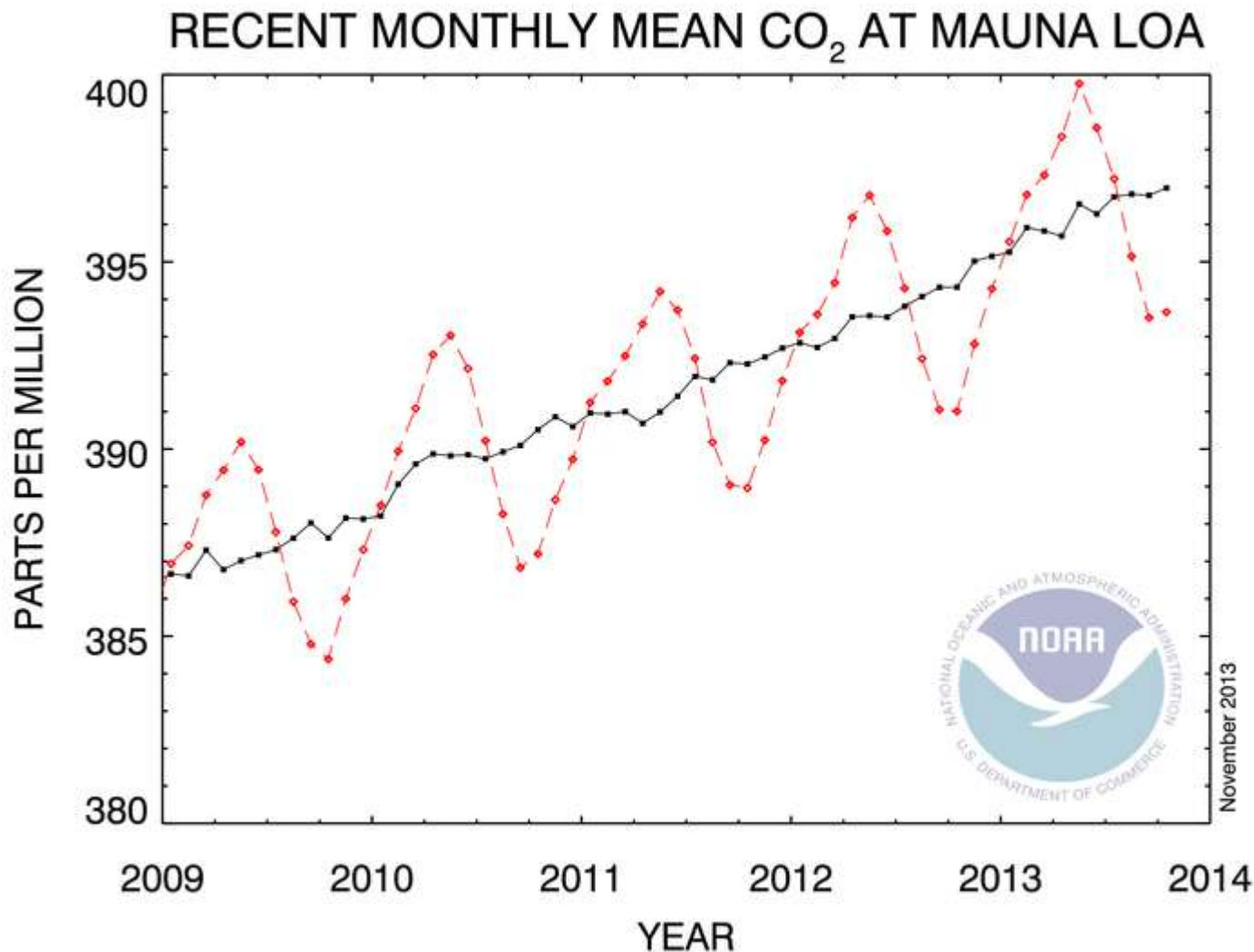
Malá změna ukazatele (globálních odchylek od dřívějších teplot) znamená velké změny výskytu různých typů počasí.

Příčiny oteplování

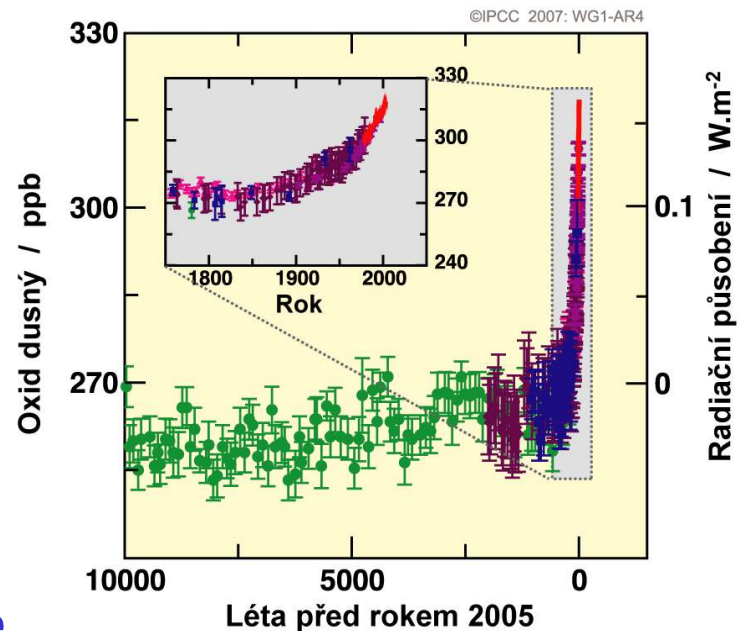
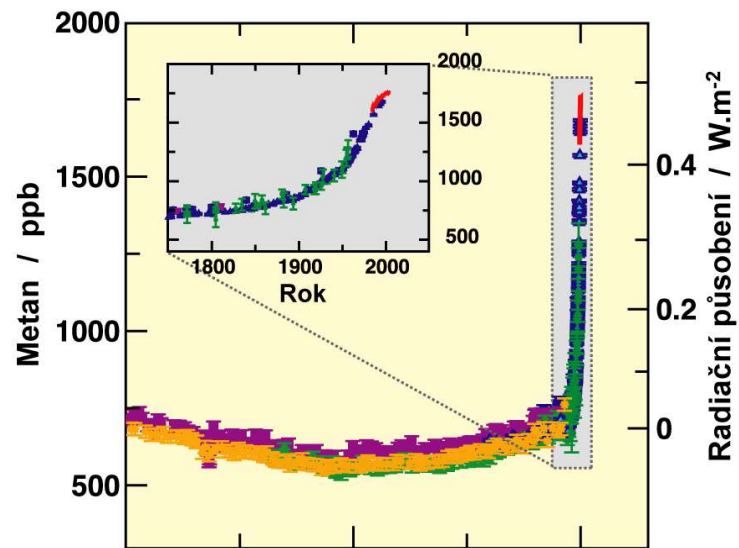
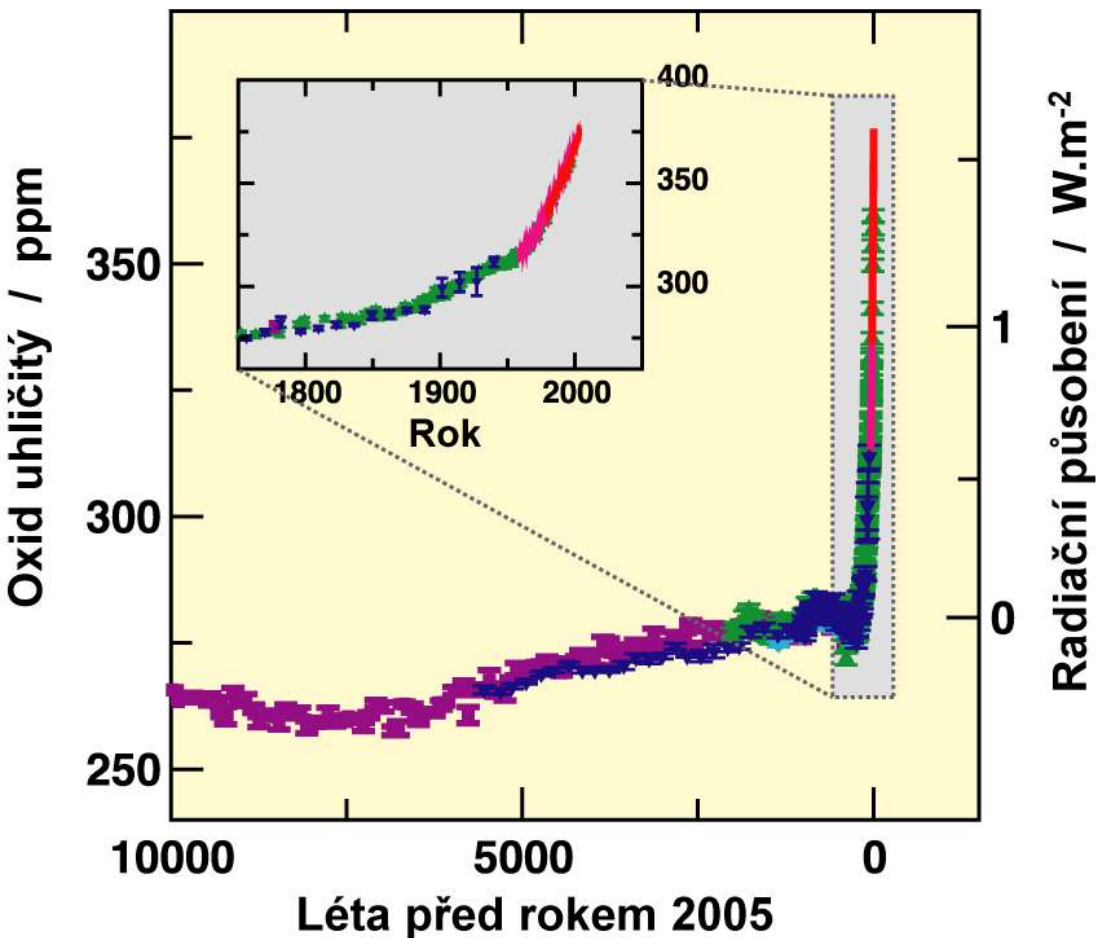
Rostoucí koncentrace skleníkových plynů vinou využití fosilních paliv. Tento vliv je zatím do značné míry maskován síranovými aerosoly ze spalování uhlí a nafty.

Roční cyklus a trend koncentrace CO₂

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

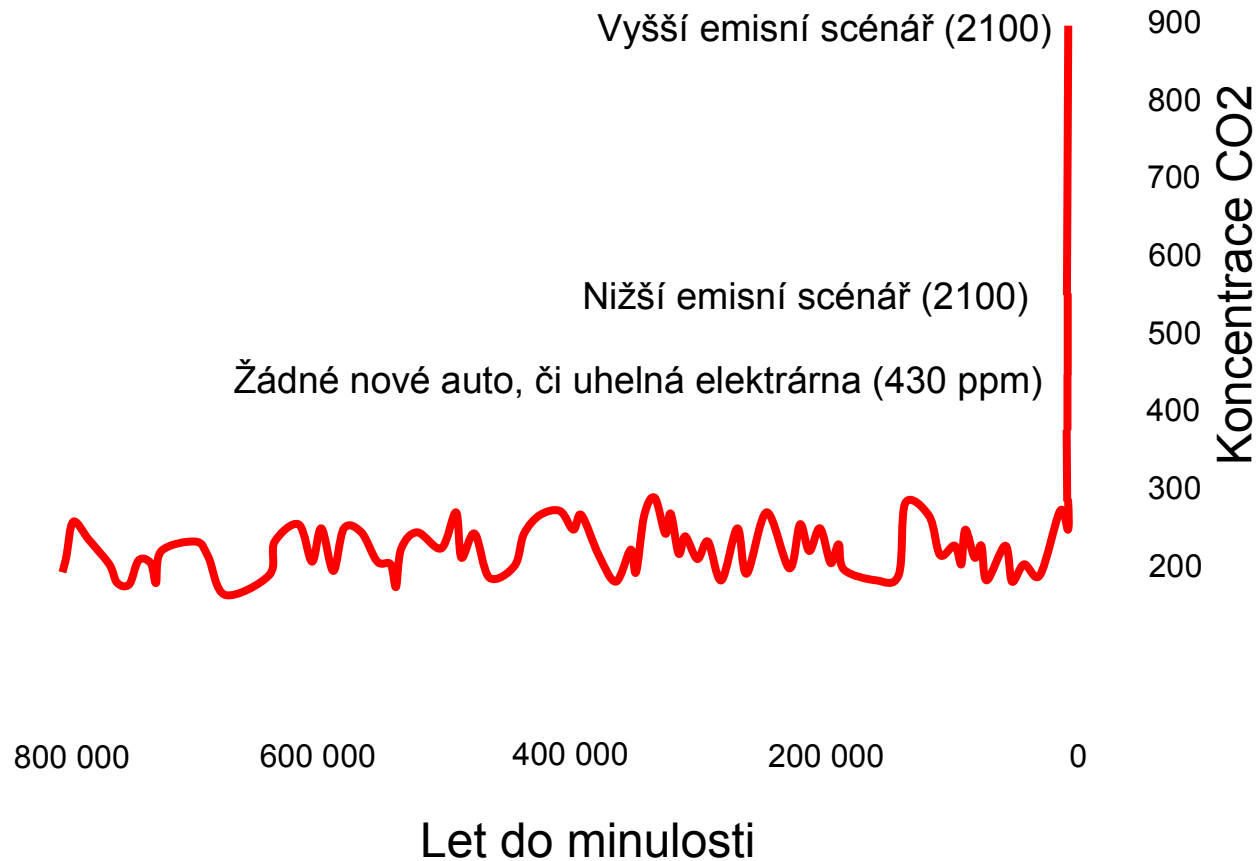


Změny koncentrací oxidu uhličitého dle rozboru ledových vrtných jader a přímých měření složení ovzduší



*Intergovernmental Panel on Climate Change
4th Assessment Report (IPCC AR4, Feb. 2007)*

Trochu historické perspektivy

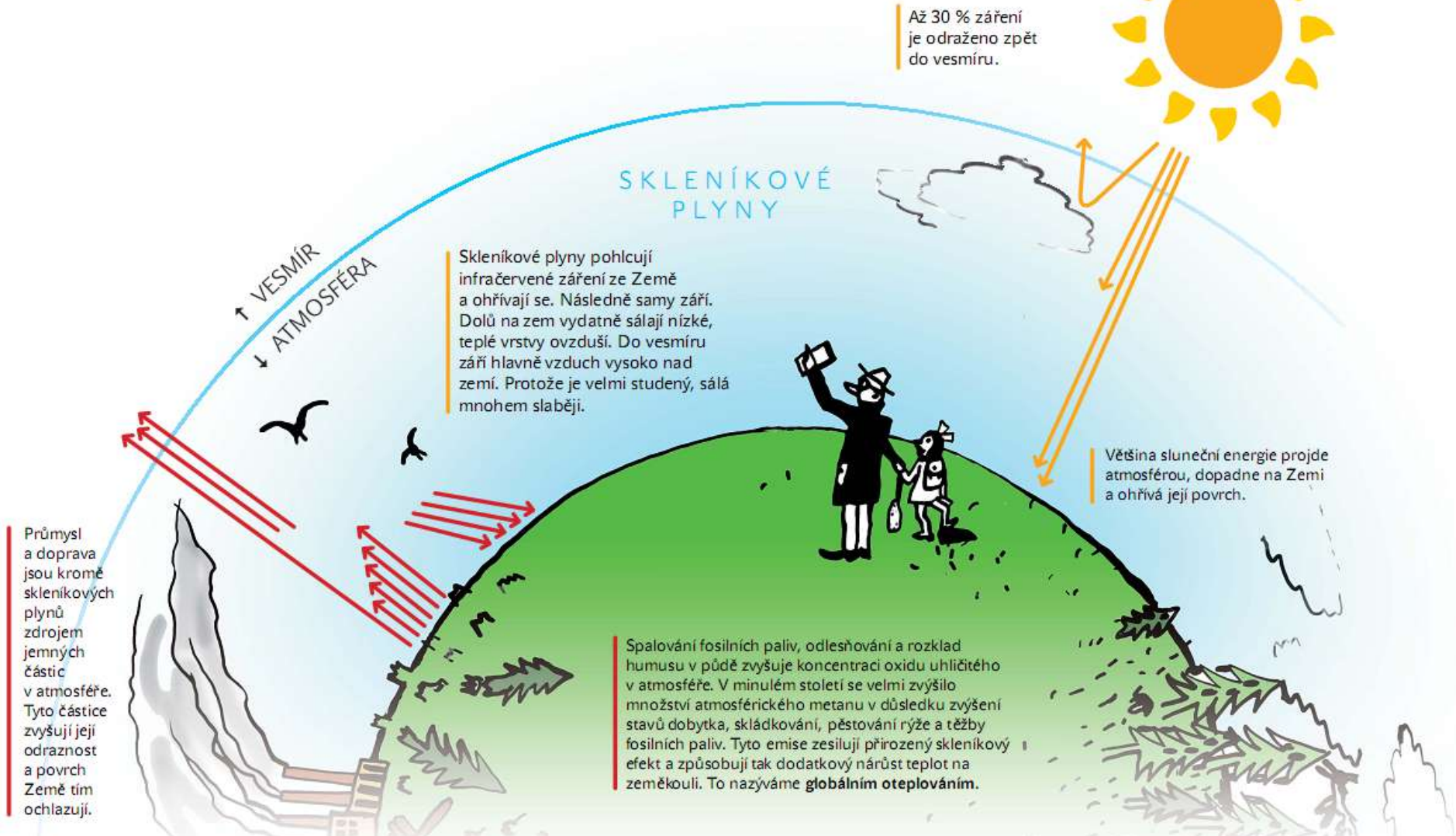


Jak člověk přidává uhlík do atmosféry a jak s tím přestat



Popis ve výstavě [Prima Klima:](#)

podobně jako ve skleníku. Platí přitom jednoduchá závislost - čím více je v atmosféře skleníkových plynů, tím více tepla dokáží zachytit.



Skleníkový jev (Venuše, Země, Mars)

Fyzikální proces, kdy **na povrch planety sálá kromě Slunce též její ovzduší.**

Podstatou skleníkového jevu je vyšší propustnost ovzduší pro sluneční sálání (záření vlnových délek převážně pod $3\ \mu\text{m}$) než pro sálání zemského povrchu a ovzduší samého (převážně nad $3\ \mu\text{m}$).

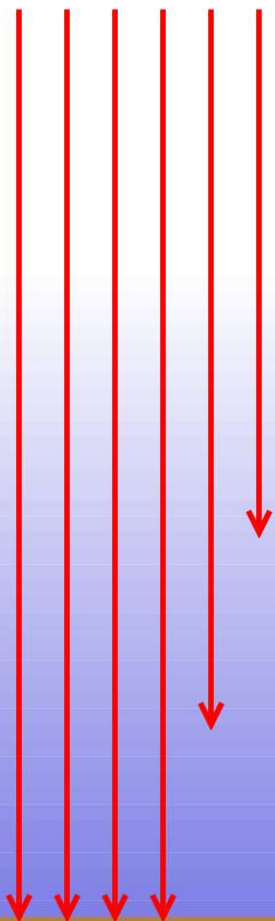
V případě skleníku apod. pak místo ovzduší sálá na zem sklo či jiný materiál propustný pro sluneční záření, kterým je zakryt.

Nebo jinak: kdy **do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu**, pevného či kapalného.

Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40

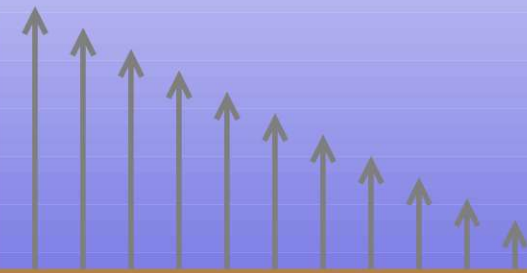
Sluneční záření

235



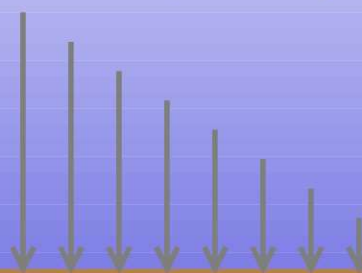
168

Dlouhovlnné záření zpět do vesmíru
235 před r.1900, ale jen 232 nyní: více než 1% změna!

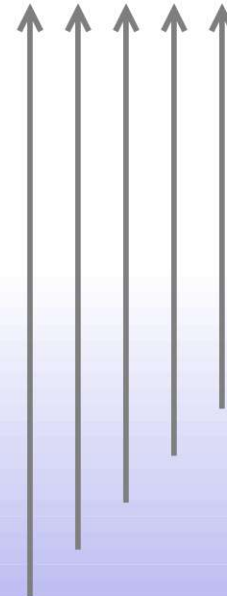


Tok z povrchu Země
(většinou pohlcen ovzduším)

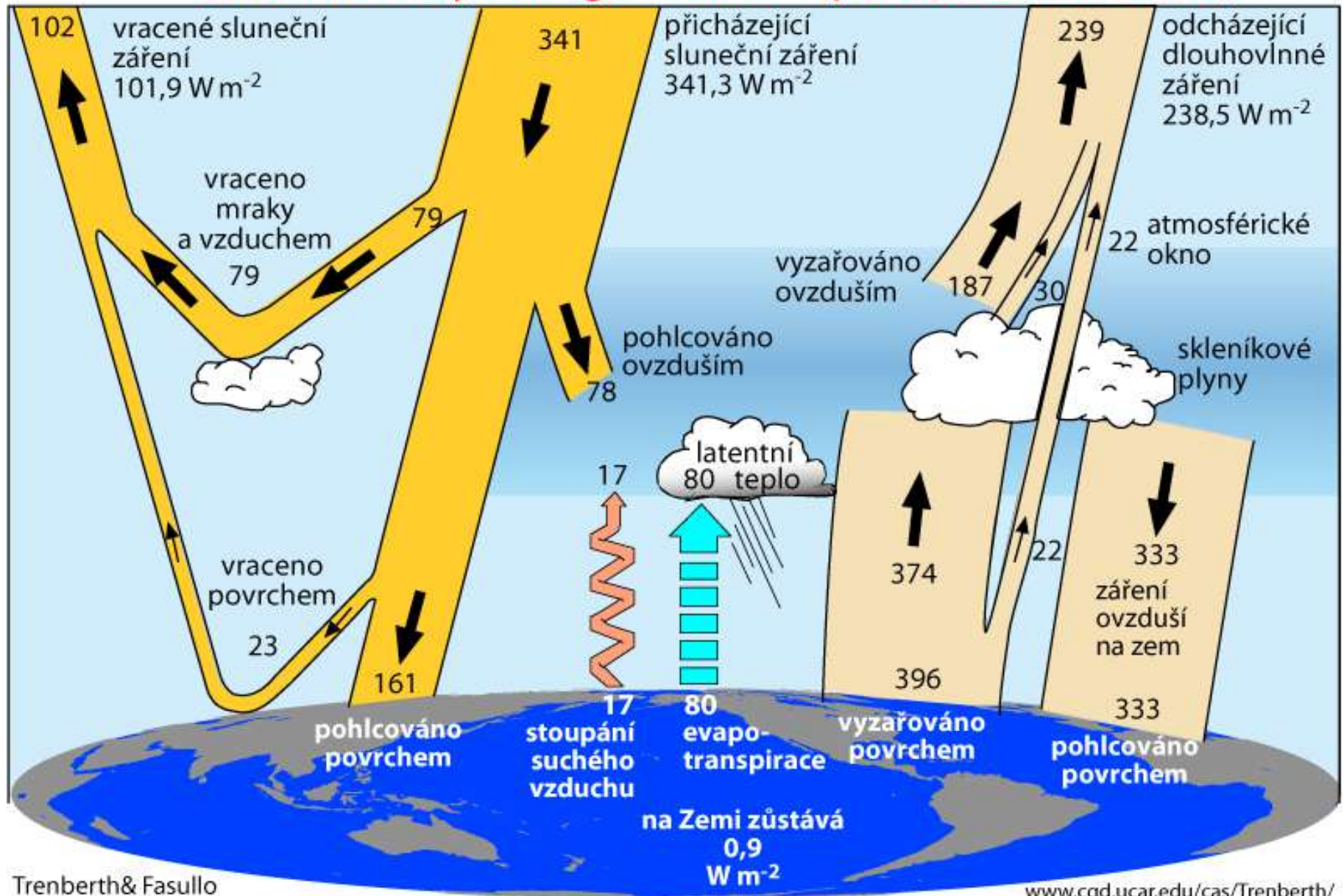
324 dřív, 327 nyní



Dlouhovlnné záření z ovzduší



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

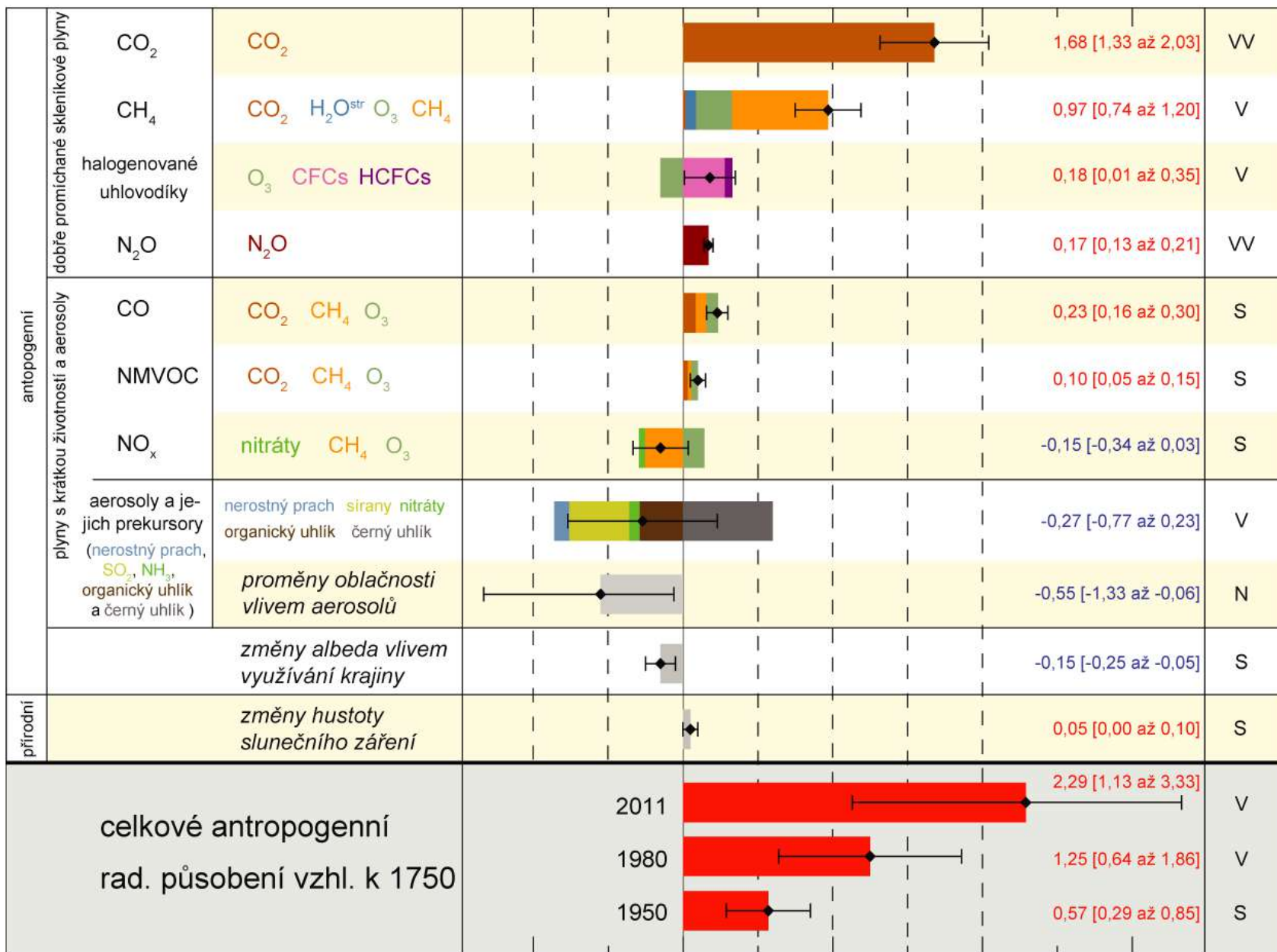


sloučenina

v ovzduší

Radiační působení dle emisí a domněnky o letech

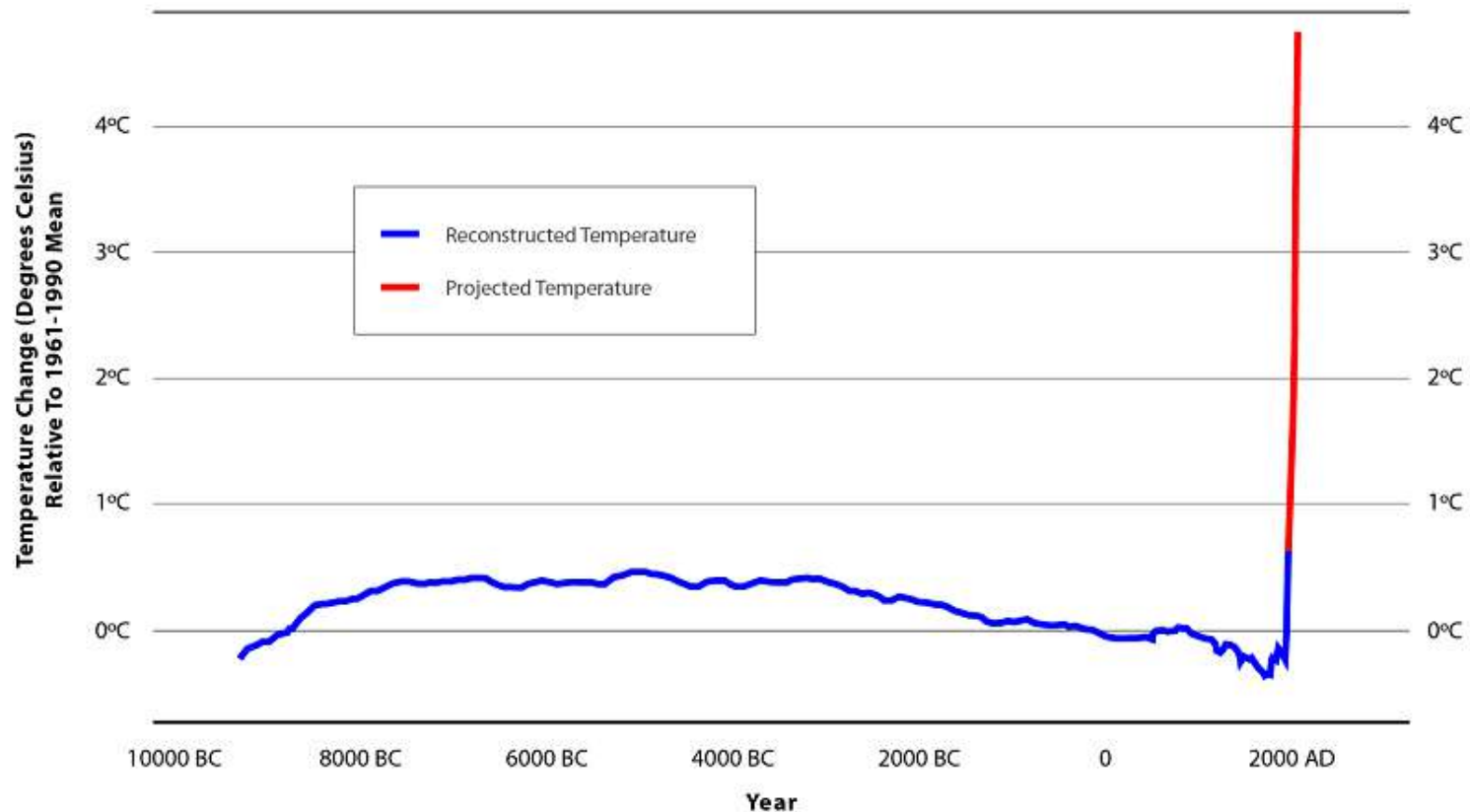
jistoty



-1 0 1 2 3
Radiační působení oproti r. 1750 / W m⁻²

Globální teplota se v holocénu měnila pomalu, nyní úprkem

Carbon Pollution Set To End Era Of Stable Climate

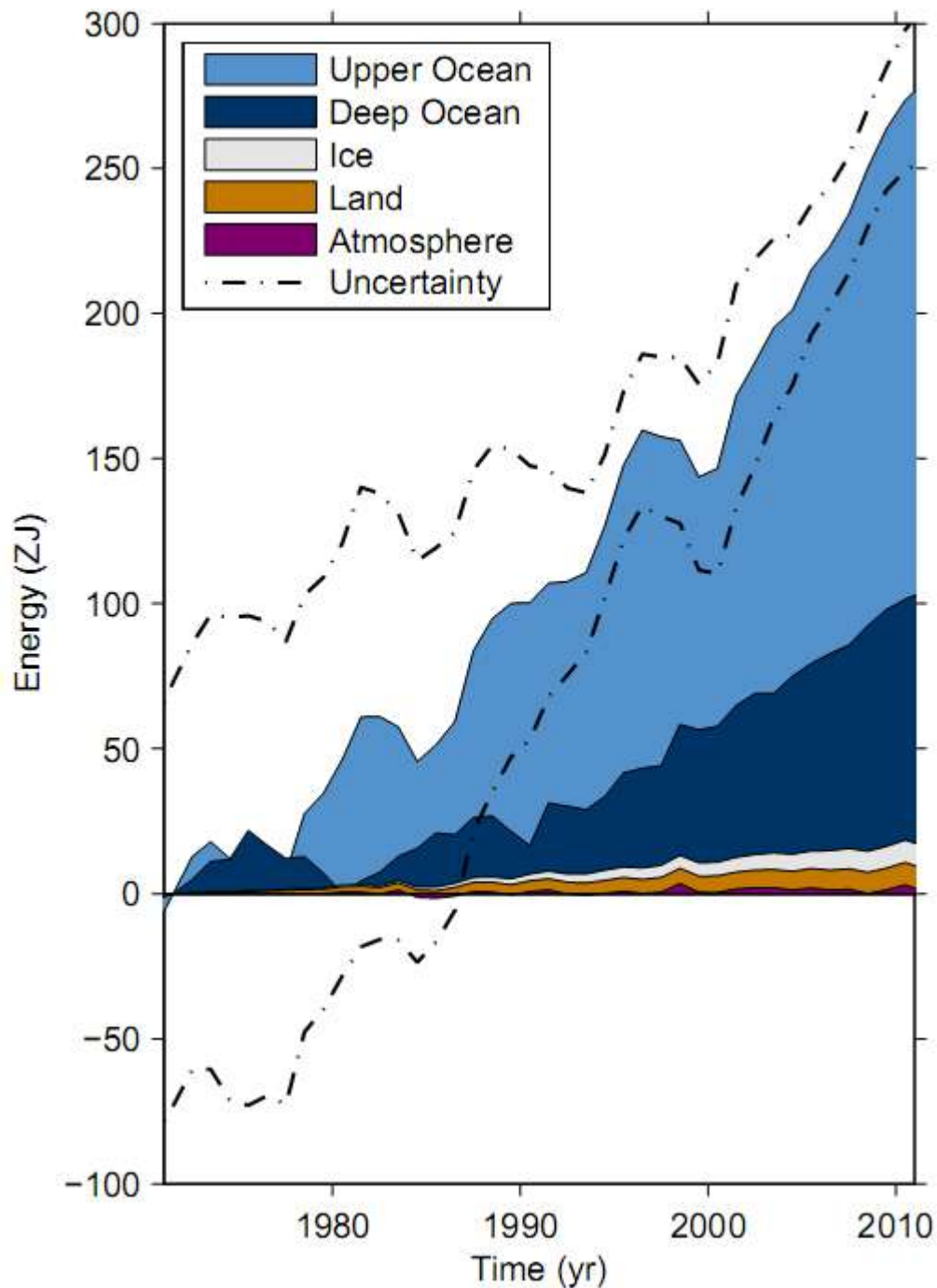


Source: Science & ClimateProgress.org

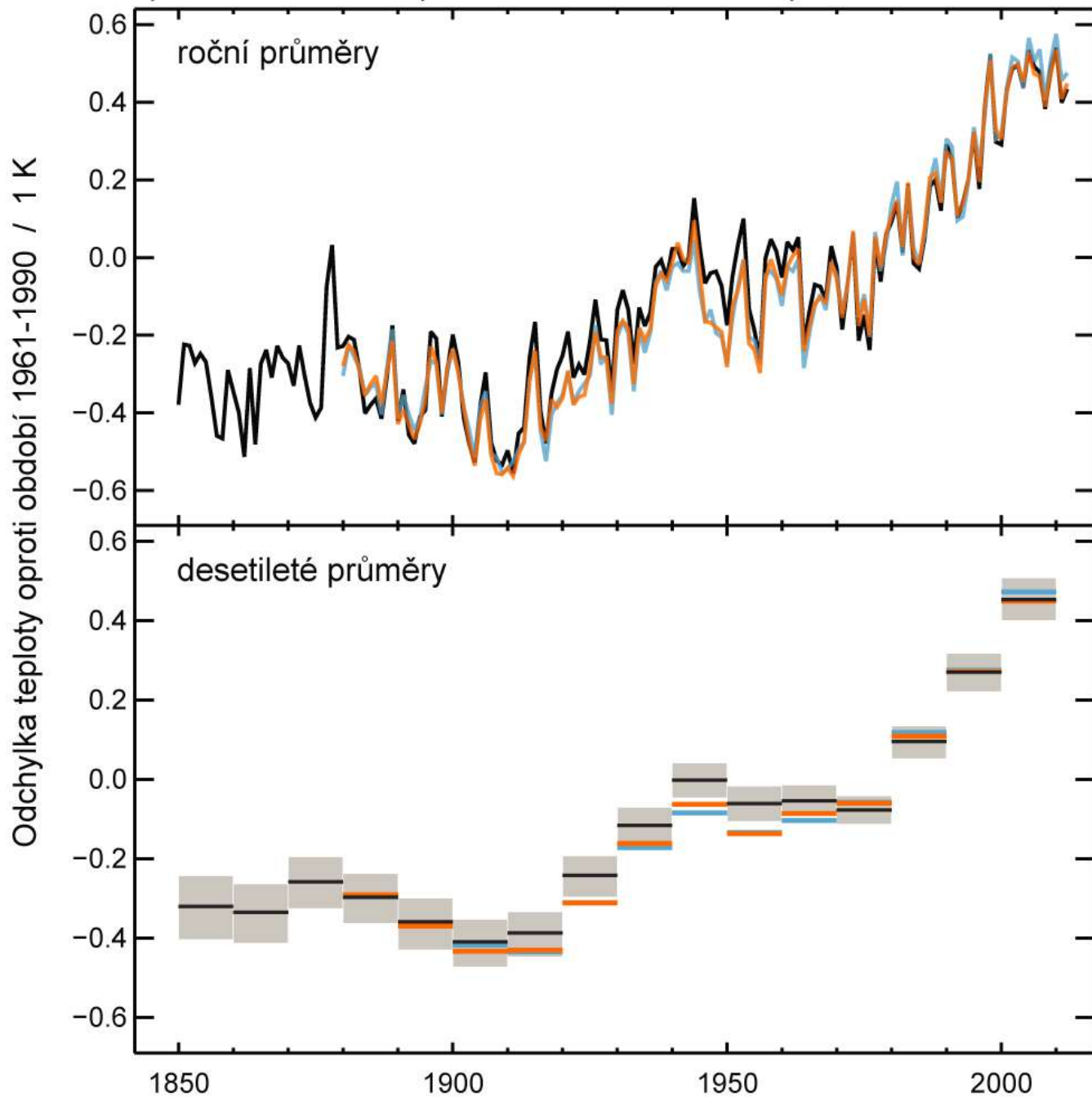
Nárůst entalpie Země, pomineme-li hloubky větší než 2000 m

(v zetajoulech,
1 ZJ = 1000 EJ = 10^{21} J)

zdroj:
IPCC, AR5, první díl – The
Physical Science Basis;
Box 3.1, Figure 1

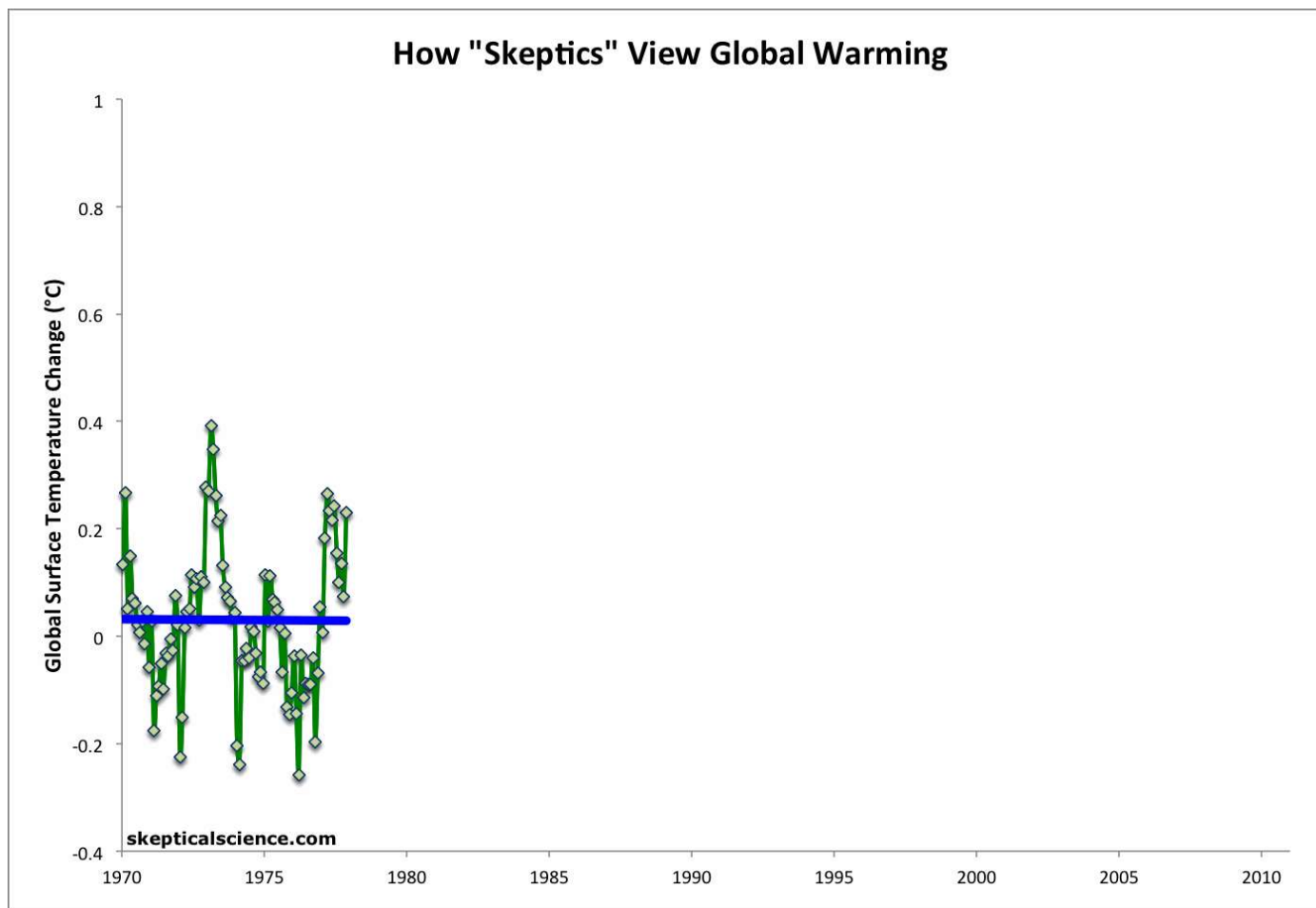


Pozorovaná globálně zprůměrovaná teplotní odchylka
povrchu oceánů a přízemního vzduchu nad pevninou 1850-2012



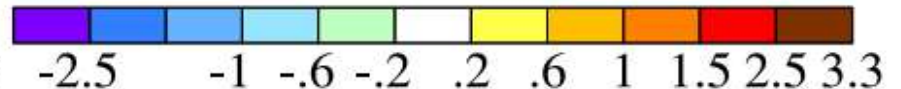
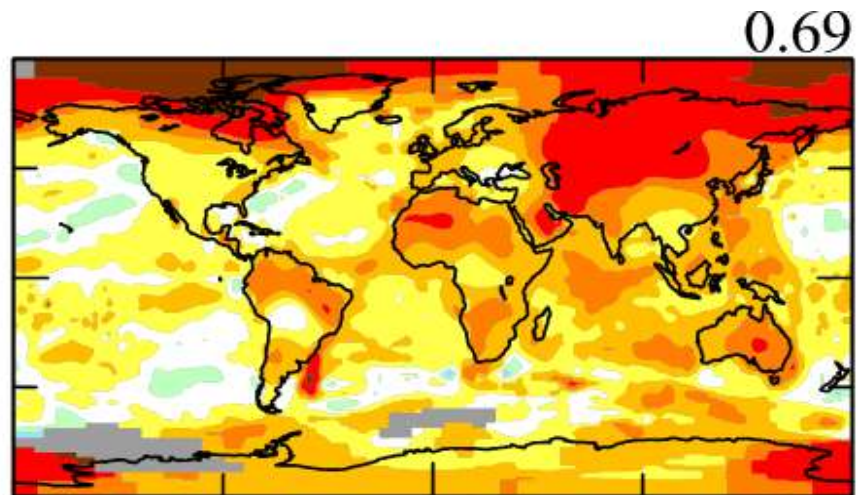
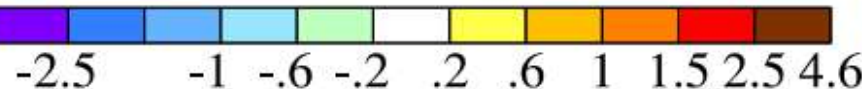
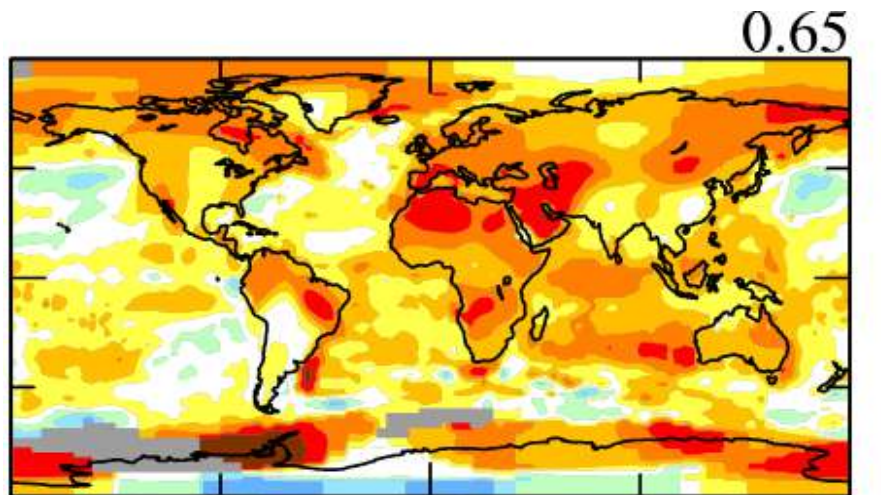
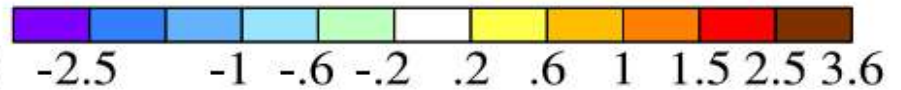
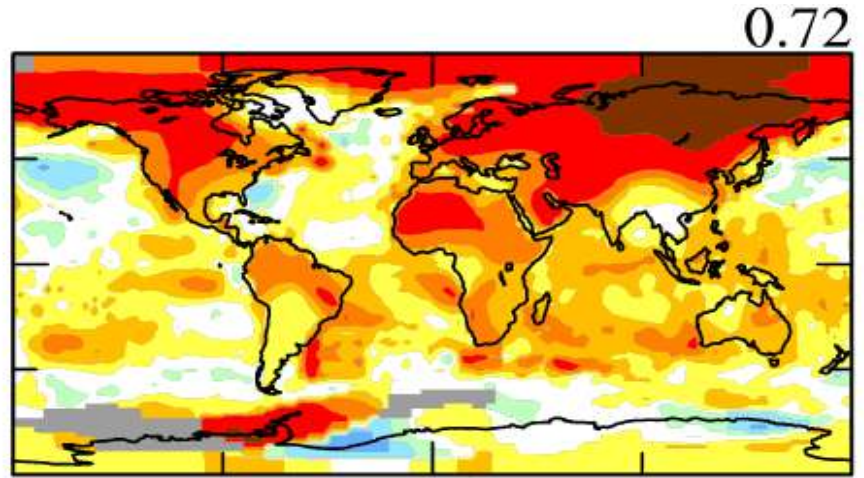
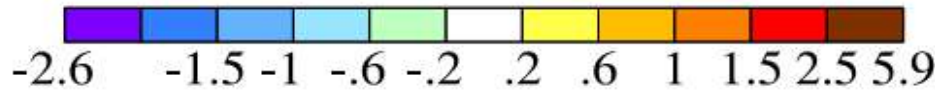
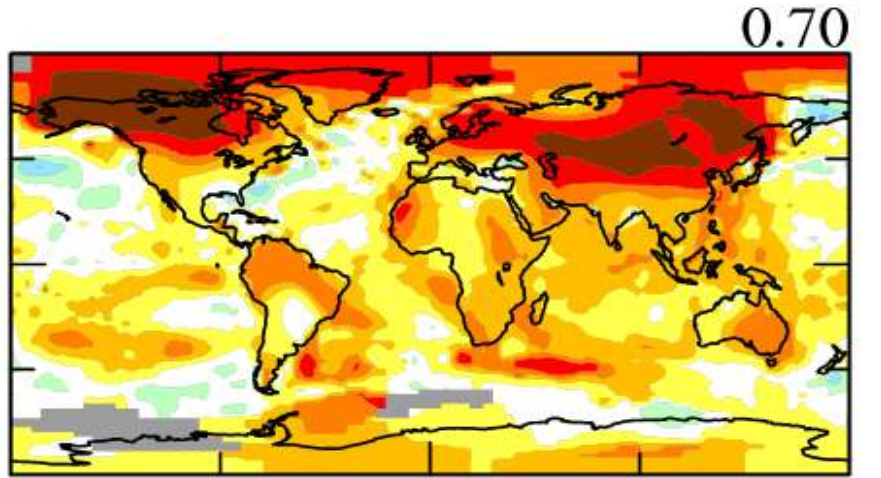
Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli,

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

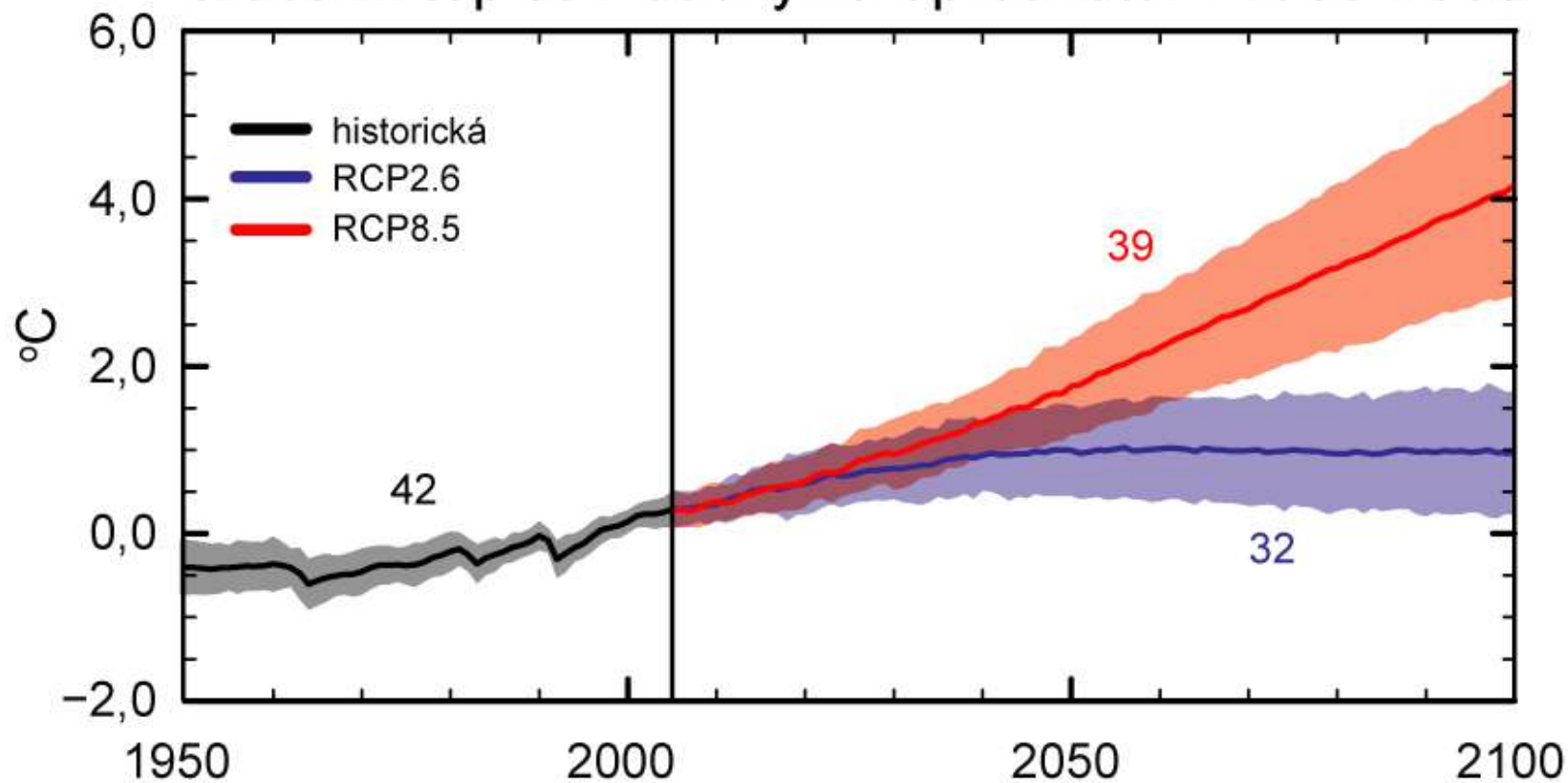


Změny teplot od r. 1950 pro trojice měsíců - bráno dle ročních období severní polokoule jako zima (tj. prosinec, leden, únor), jaro, léto a podzim. Zdroj: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/>

1950-2011



Globální teplotní odchylna oproti letům 1986-2005



Okyselování oceánů

Pohlcováním CO_2 ve vodě vzniká kyselina uhličitá H_2CO_3 .

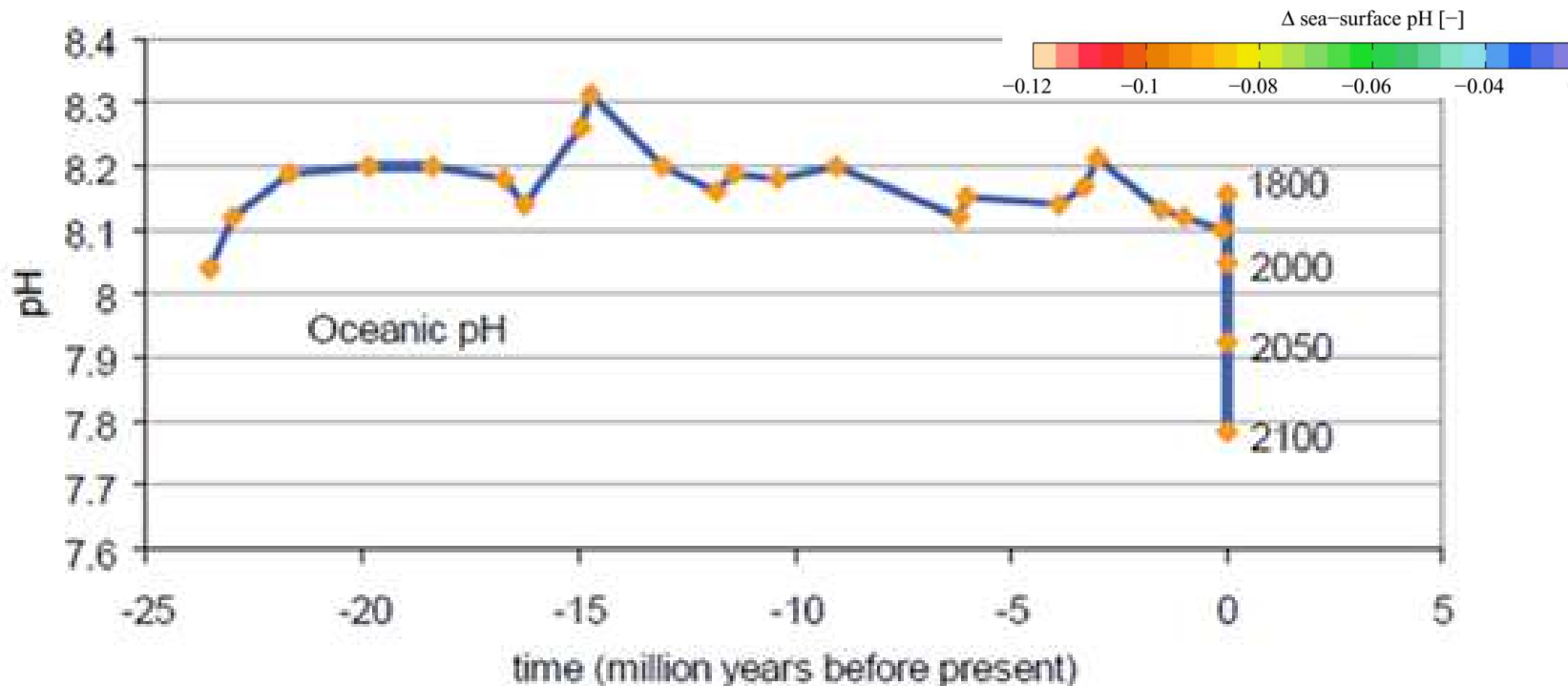
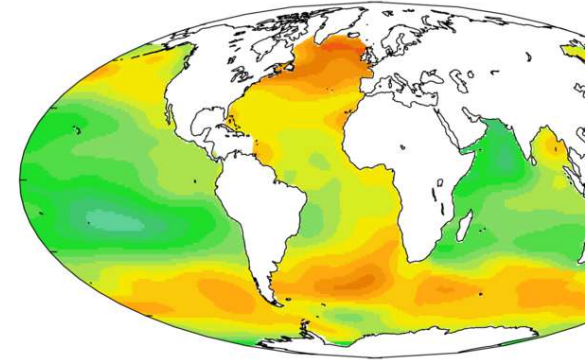
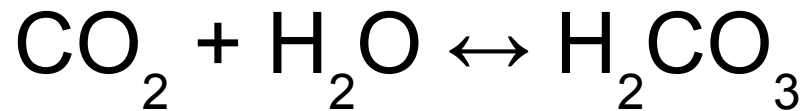


Figure 1. Past and contemporary variability of marine pH. Future predictions are model derived values based on...

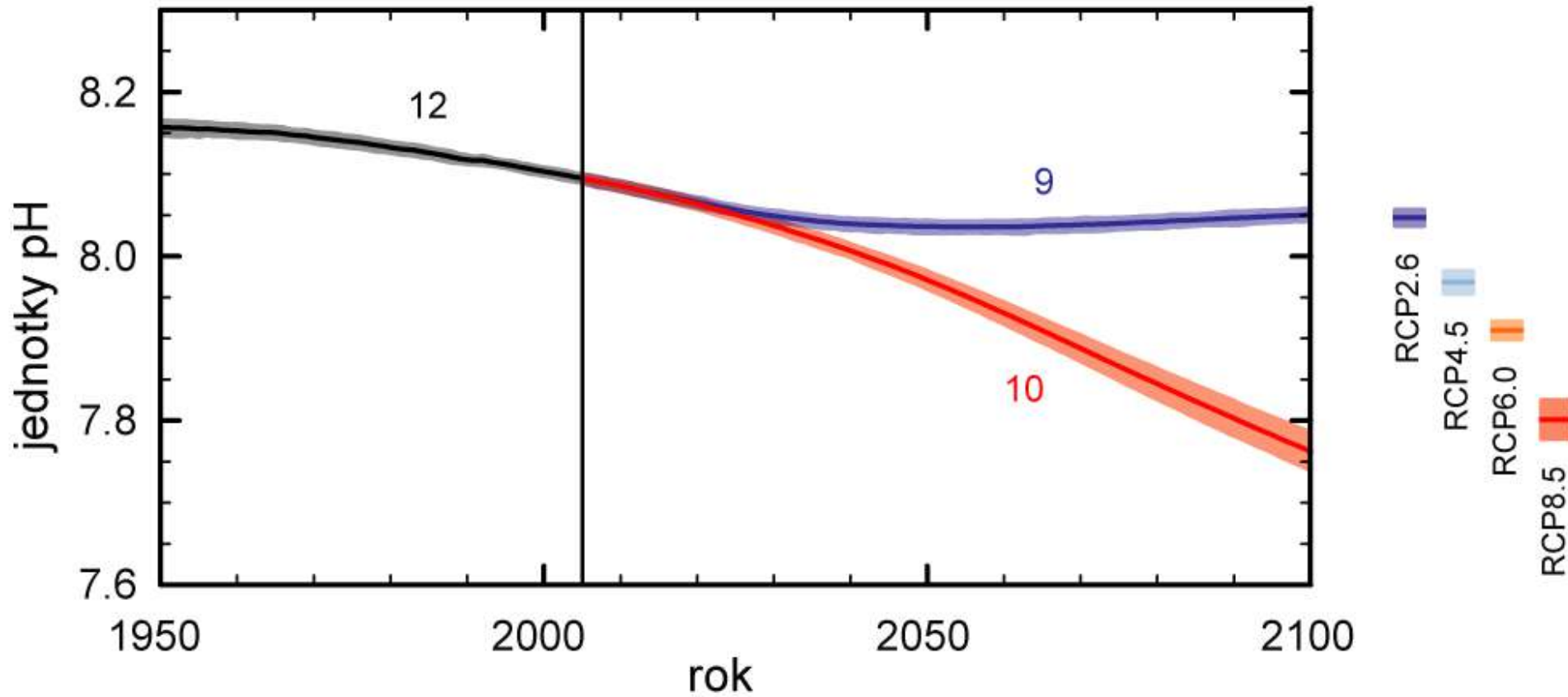
Oceány jsou již velmi poškozeny

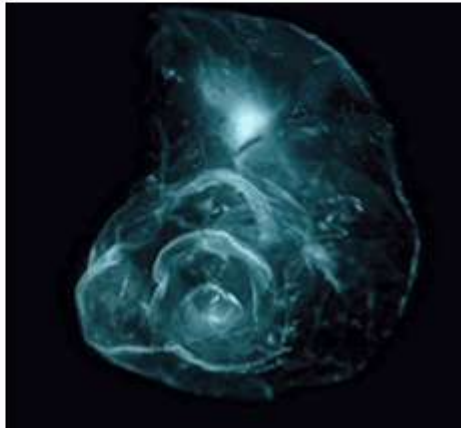
a jejich stav se dál zhoršuje vlivem:

- 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

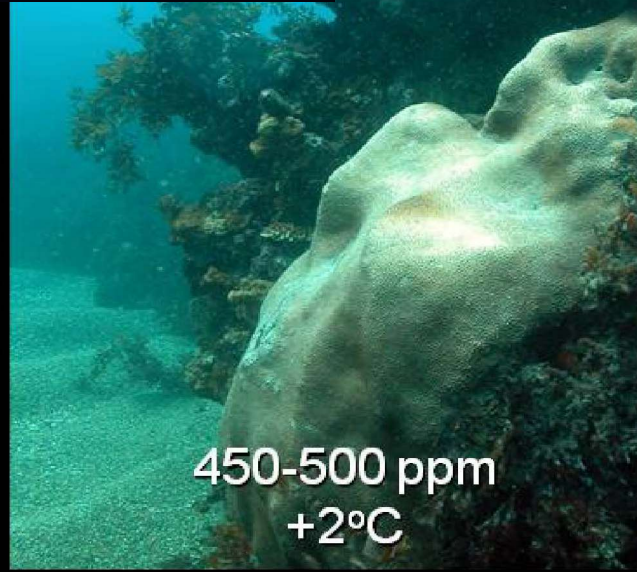
(viz <http://www.stateoftheocean.org/>)

Globální pH oceánu na povrchu





375 ppm
+1°C



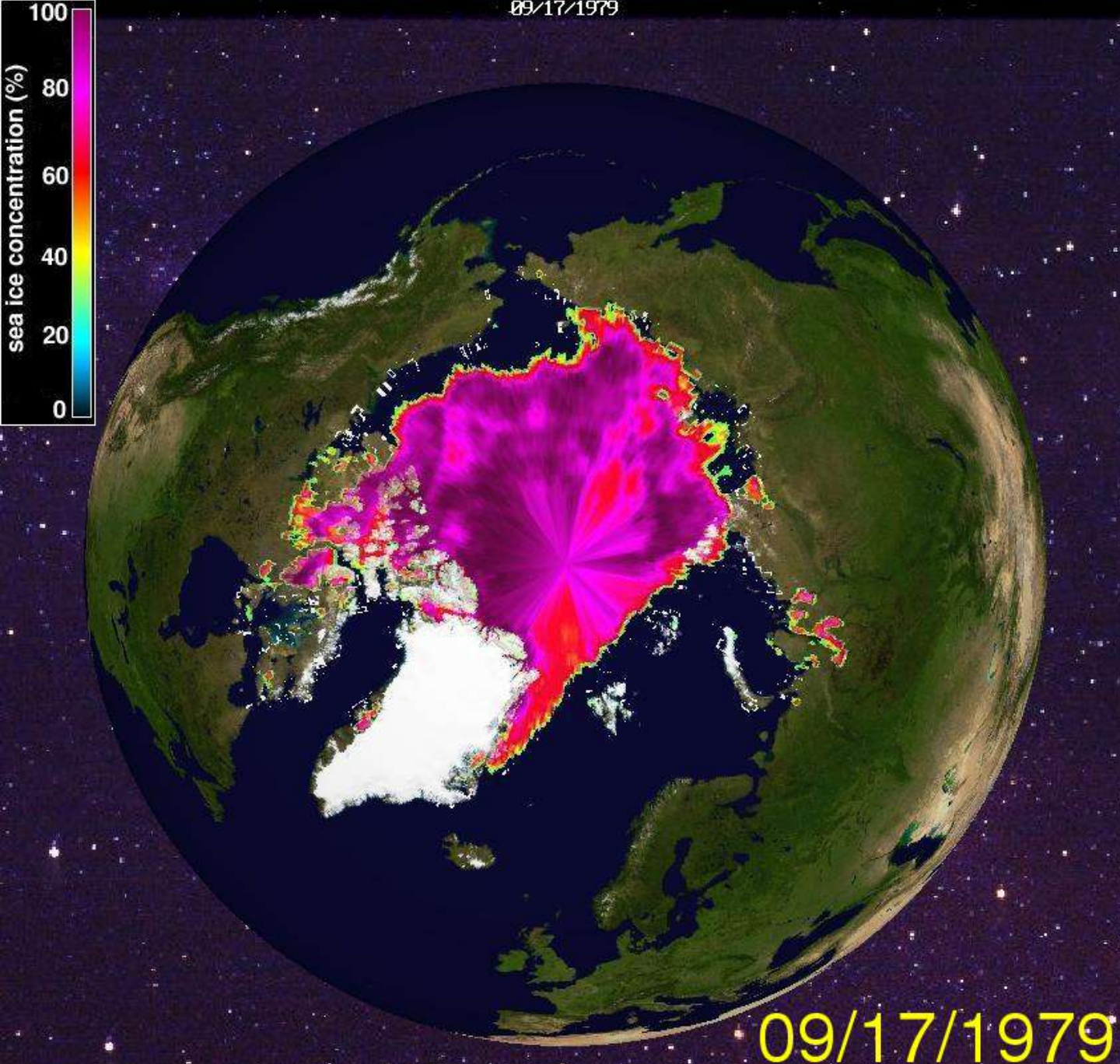
450-500 ppm
+2°C



> 500 ppm
>+3°C

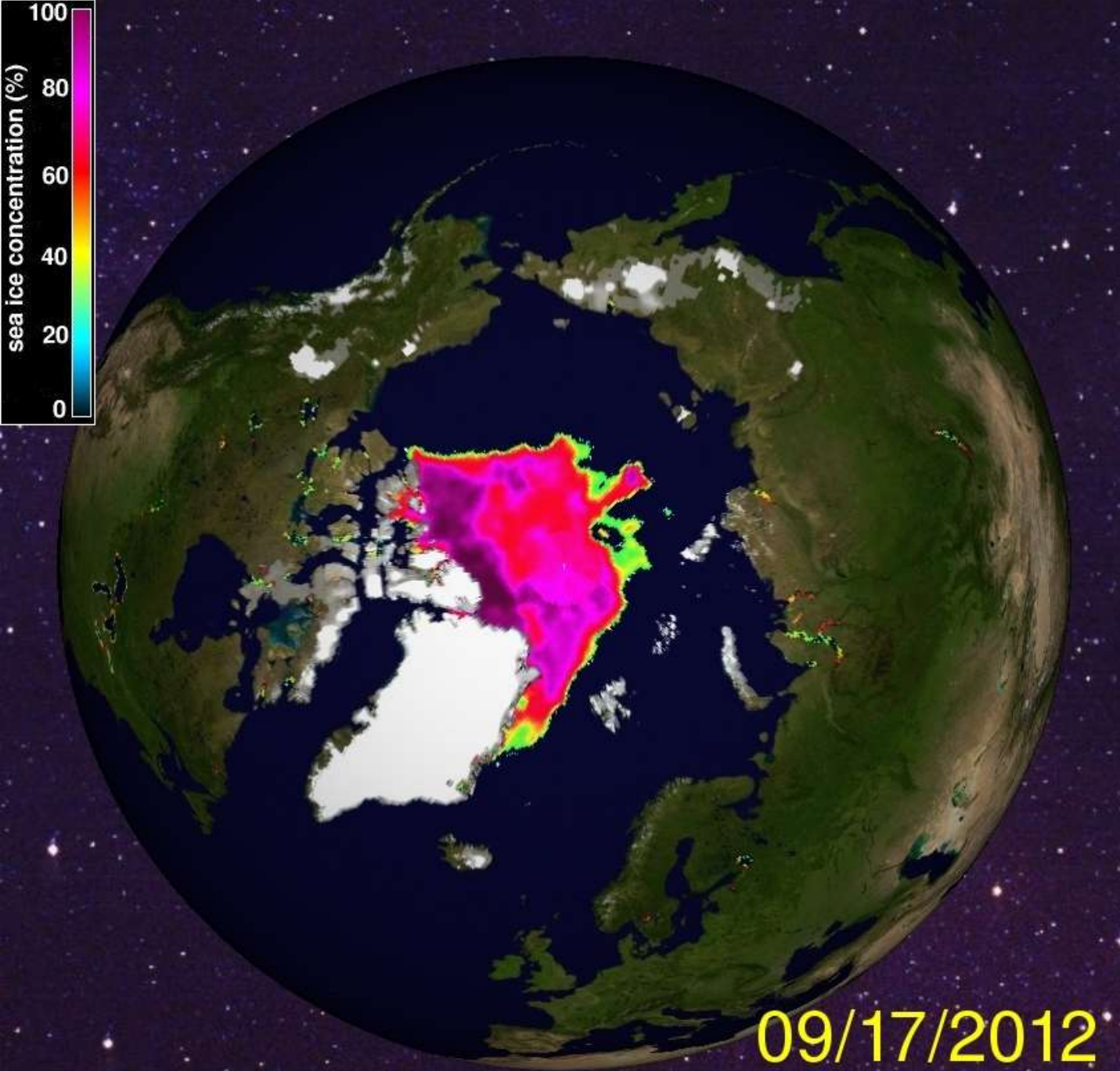
Ztmavnutí povrchu

velká zesilující zpětná vazba



1979
17. září

Arktický
mořský led

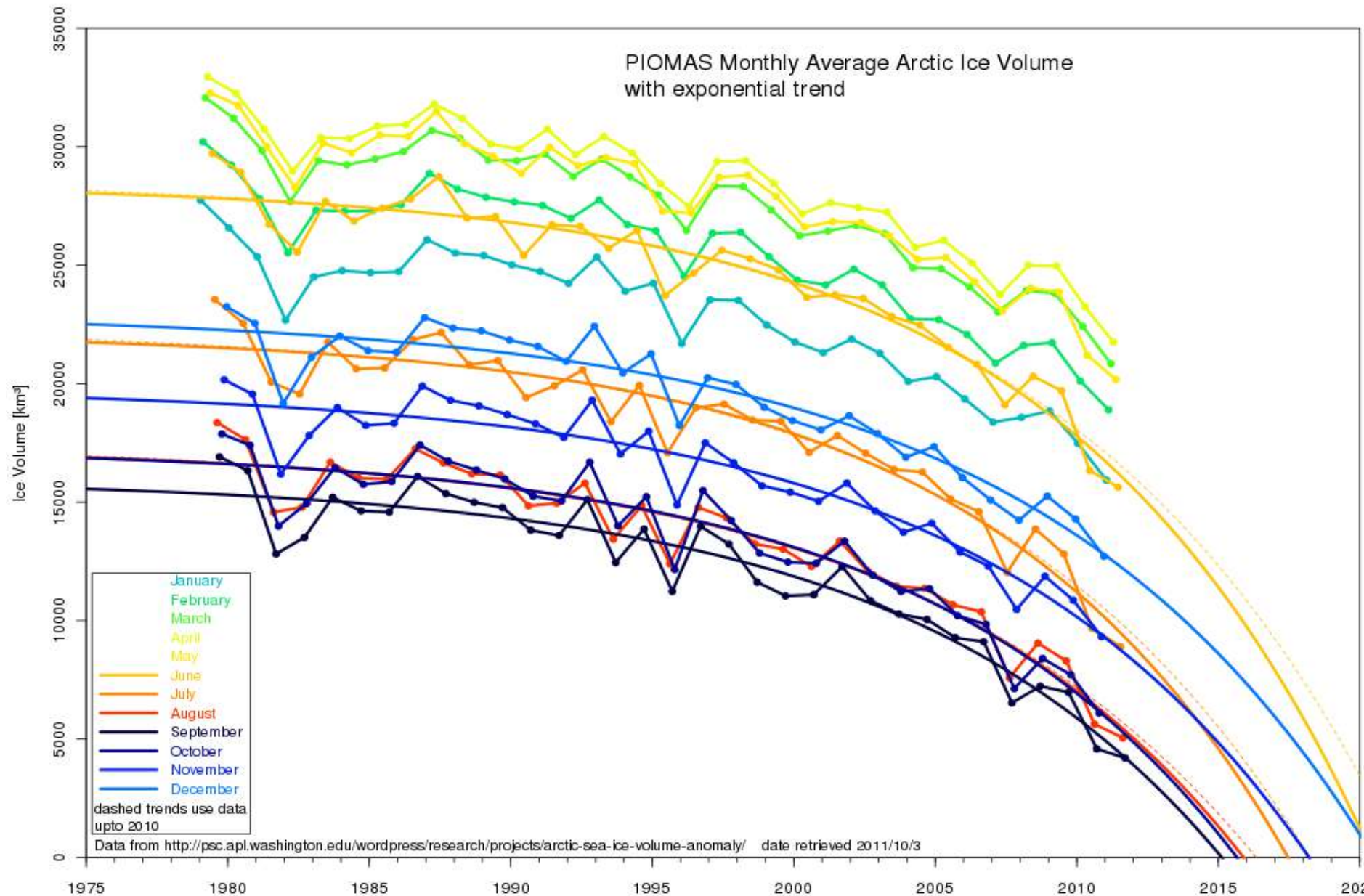


2012
17. září

Arktický
mořský led

09/17/2012

Objem arktického mořského ledu exponenciálně klesá

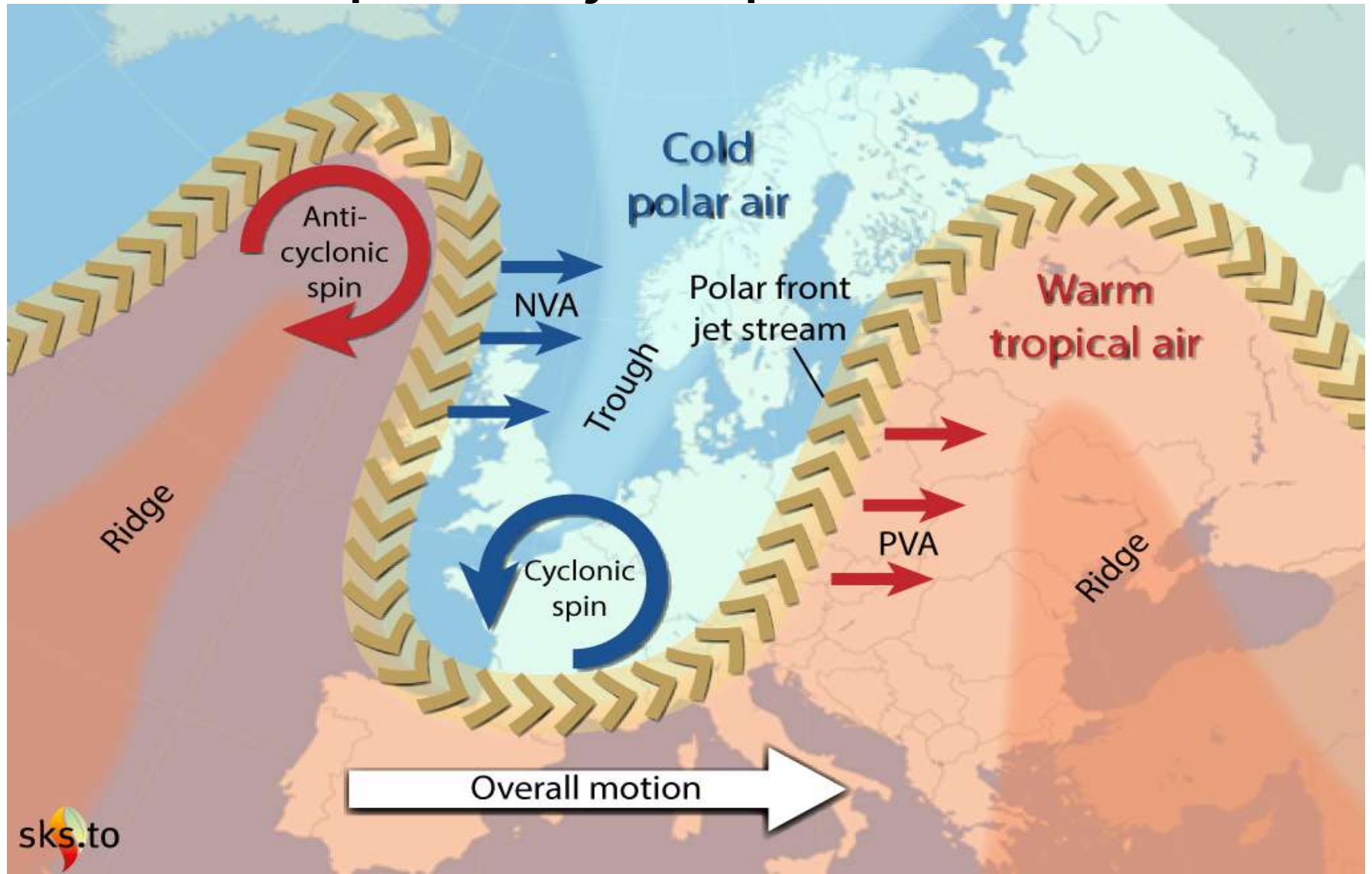


Teplá Arktida

=>

Ztráta našeho mírného podnebí

Teplejší Arktida vede k pomalejšímu **jet streamu**, s většími vlnami a jejich pomalejším posunem



Teplejší polární oblasti =>

úbytek ledových příkrovů
Grónska a Antarktidy =>

trvalý, zrychlující se růst hladiny
oceánů

Tání na povrchu Grónska

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



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

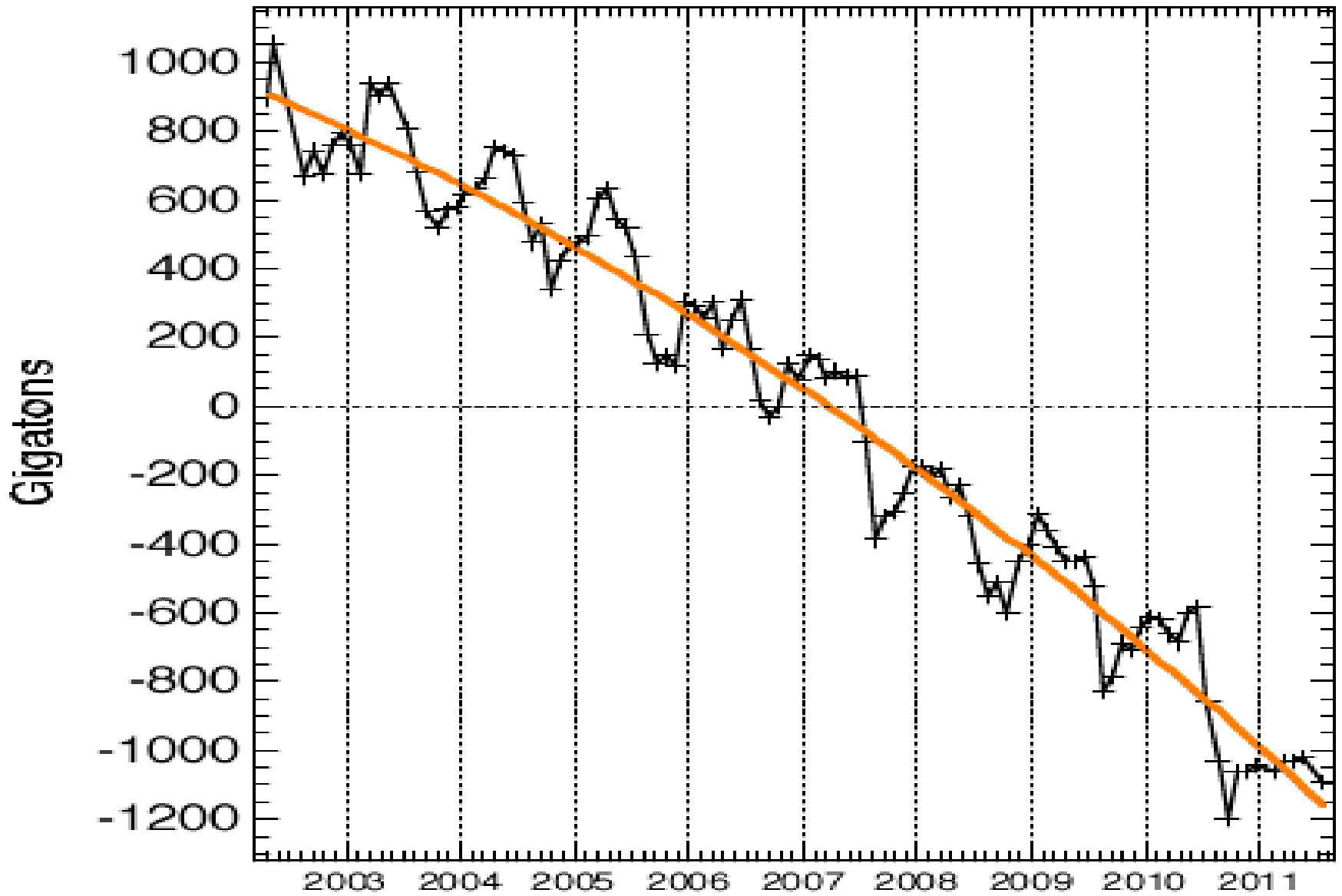
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

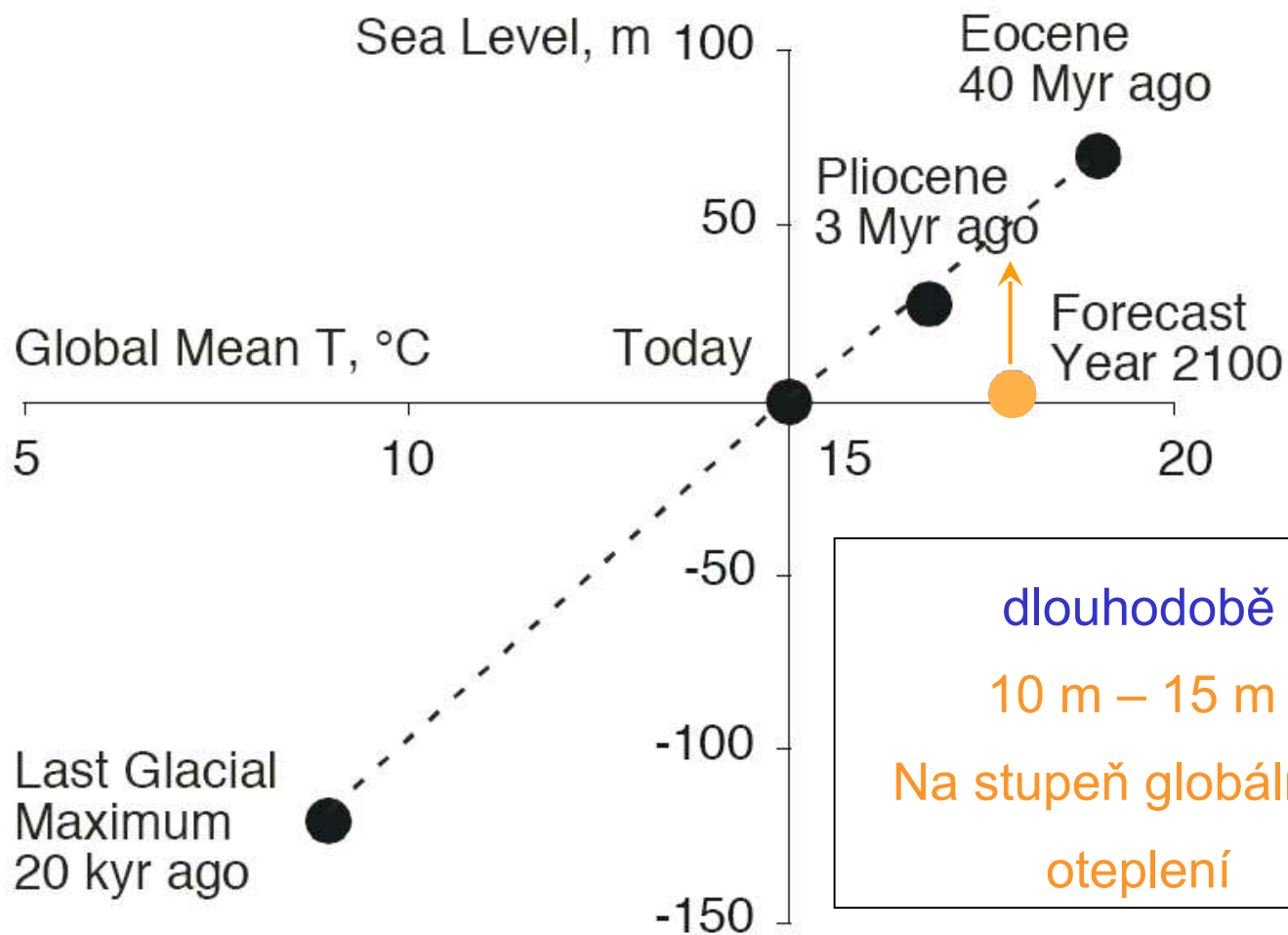


*Zdroj: Prof. Konrad Steffen,
Univ. of Colorado*

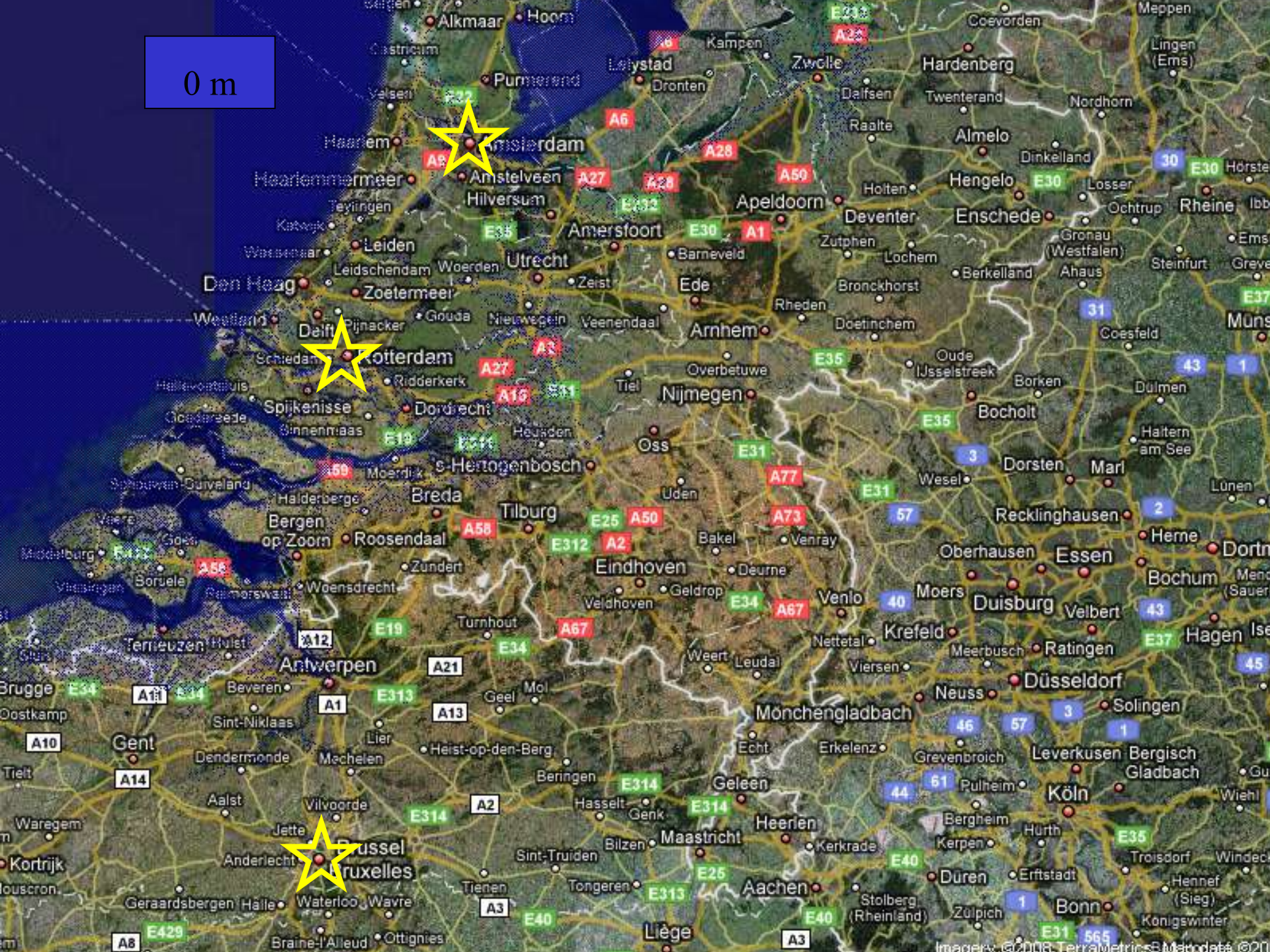
Greenland



Minulé odchylky mořské hladiny



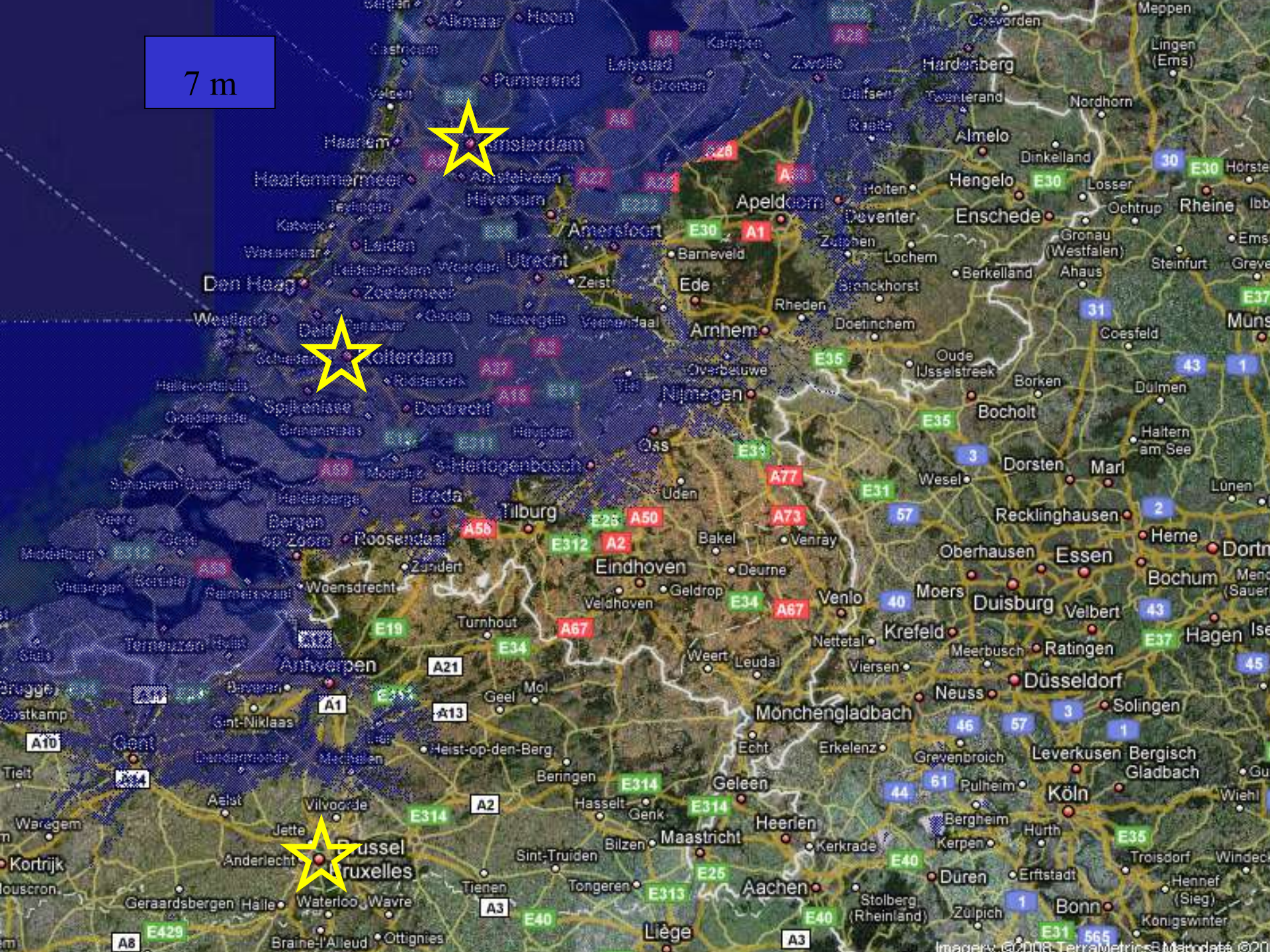
0 m



1 m



7 m



13 m

Holandské krávy připravené na globální oteplení!



Meze adaptace?

©Bill Hare

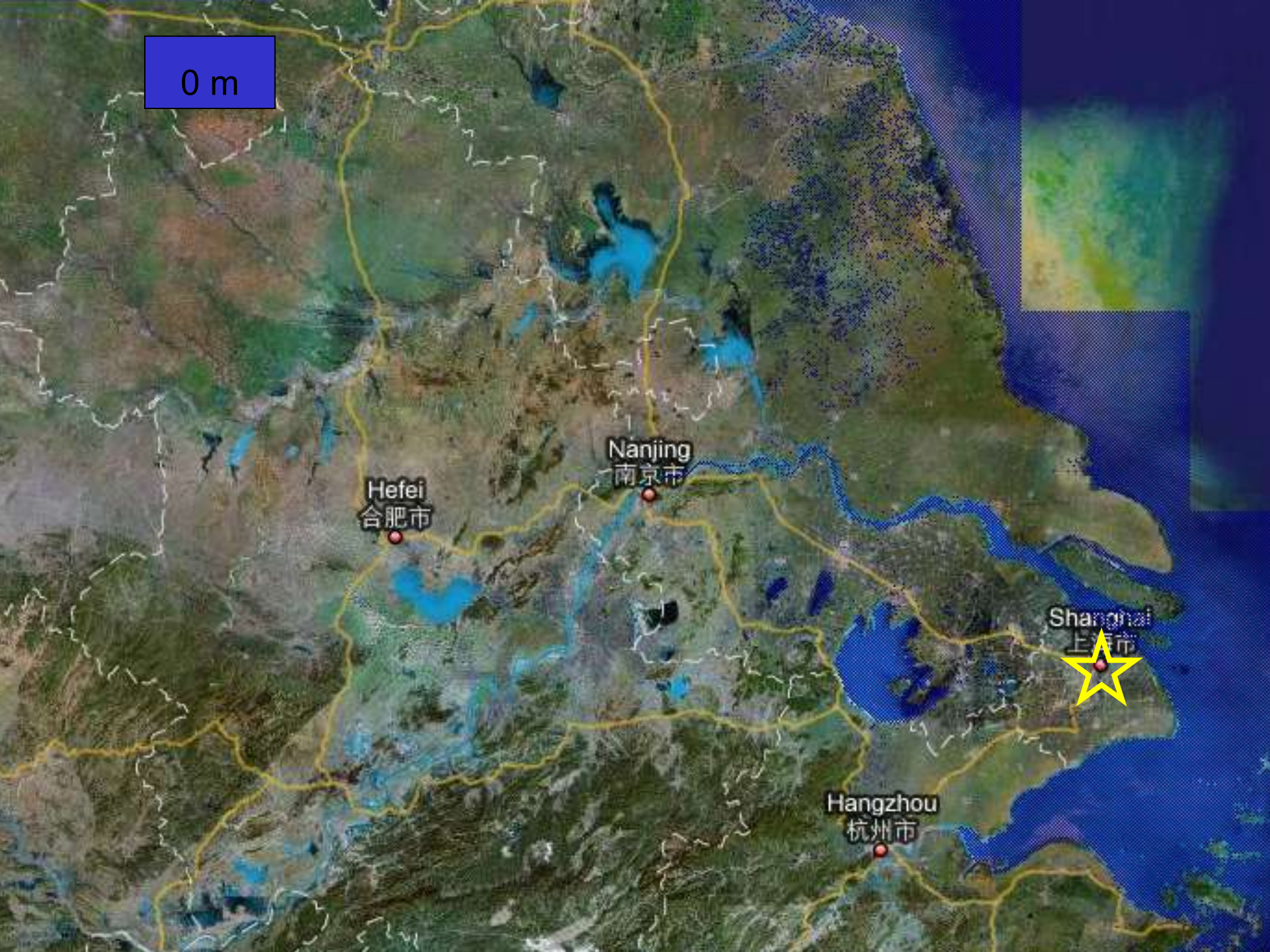
0 m



7 m



0 m



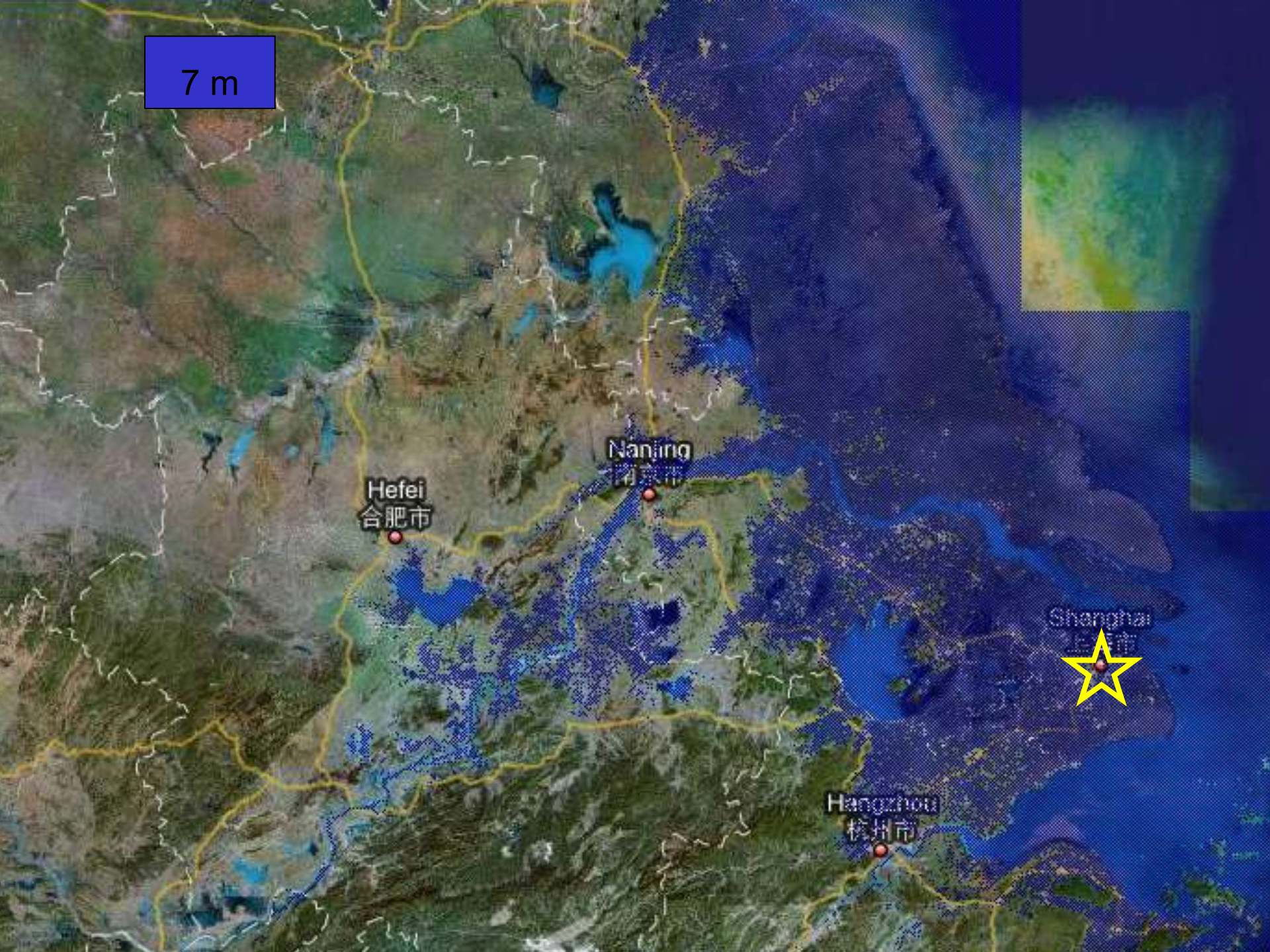
Hefei
合肥市

Nanjing
南京市

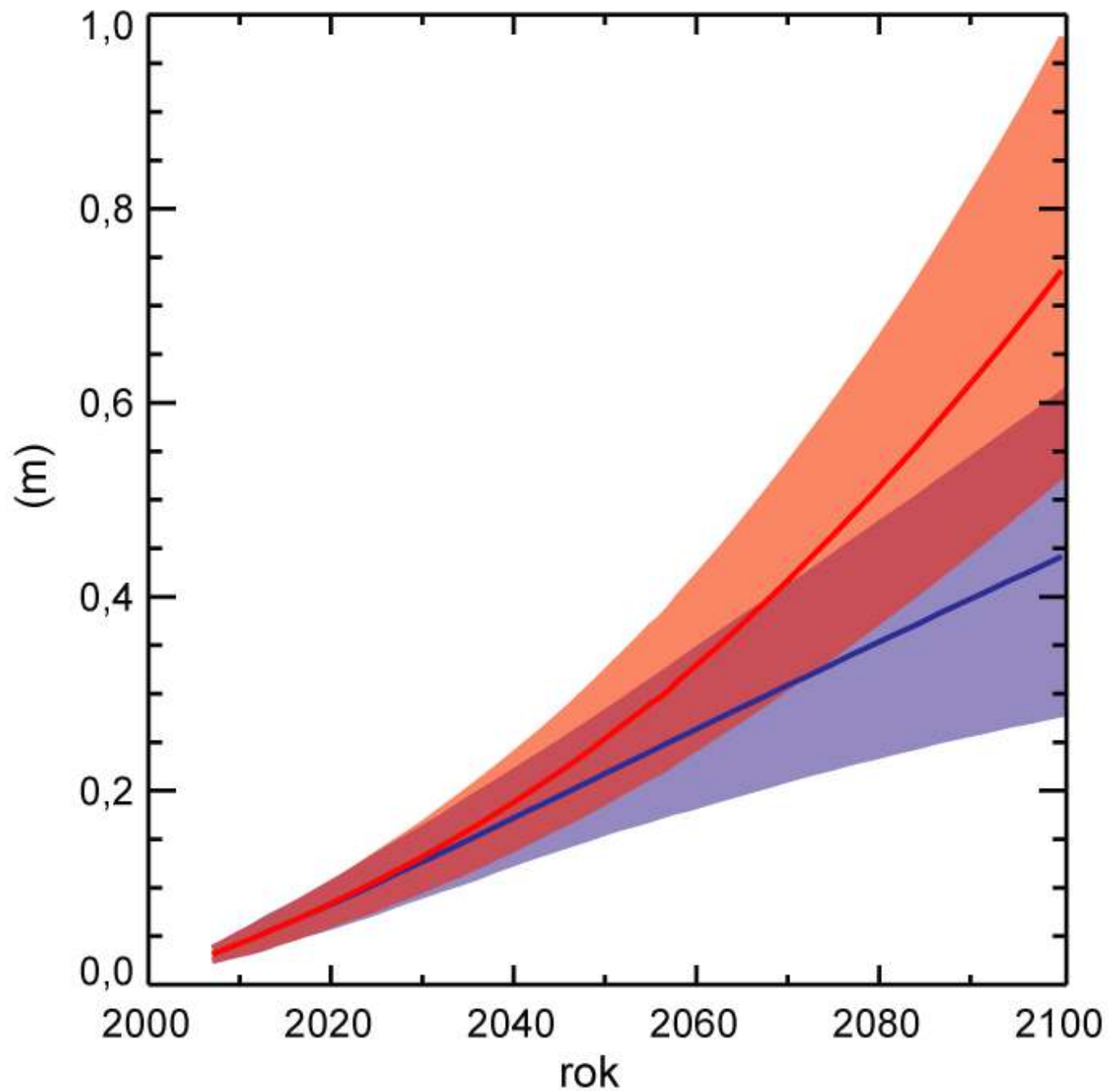
Shanghai
上海市

Hangzhou
杭州市

7 m



Průměrný globální vzestup hladiny moře



„Malý“ posun střední hodnoty
ale ohromný nárůst extrémů

povodně



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

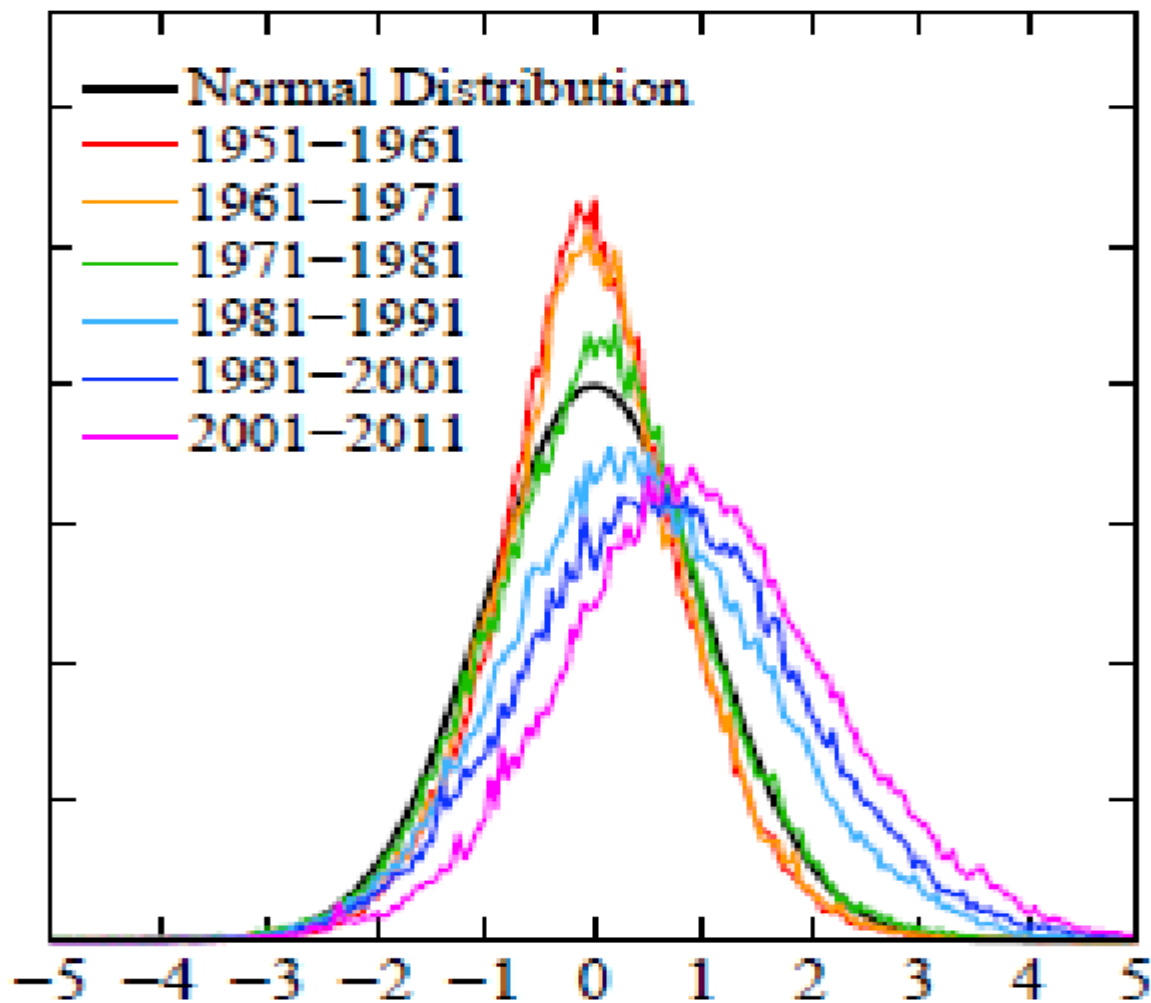
➤ Větší srážky v přívalech !

➤ více povodní ?

➤ více such ?

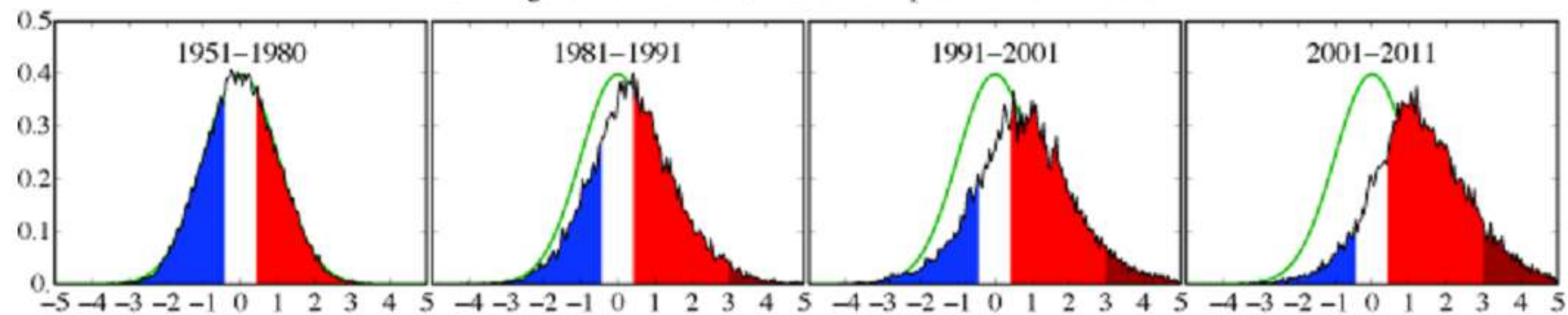


Četnost výskytu (osa Y) místních teplotních odchylek. Vodorovná osa udává teplotní odchylku podělenou standardní deviací pro danou lokalitu, jaká platila v období 1951-1980. Plocha pod každou křivkou je táž. Zdroj: James Hansen, M. Sato and R. Ruedy: *Perception of climate change* (o vlivu globálního oteplování na teplotní extrémny).



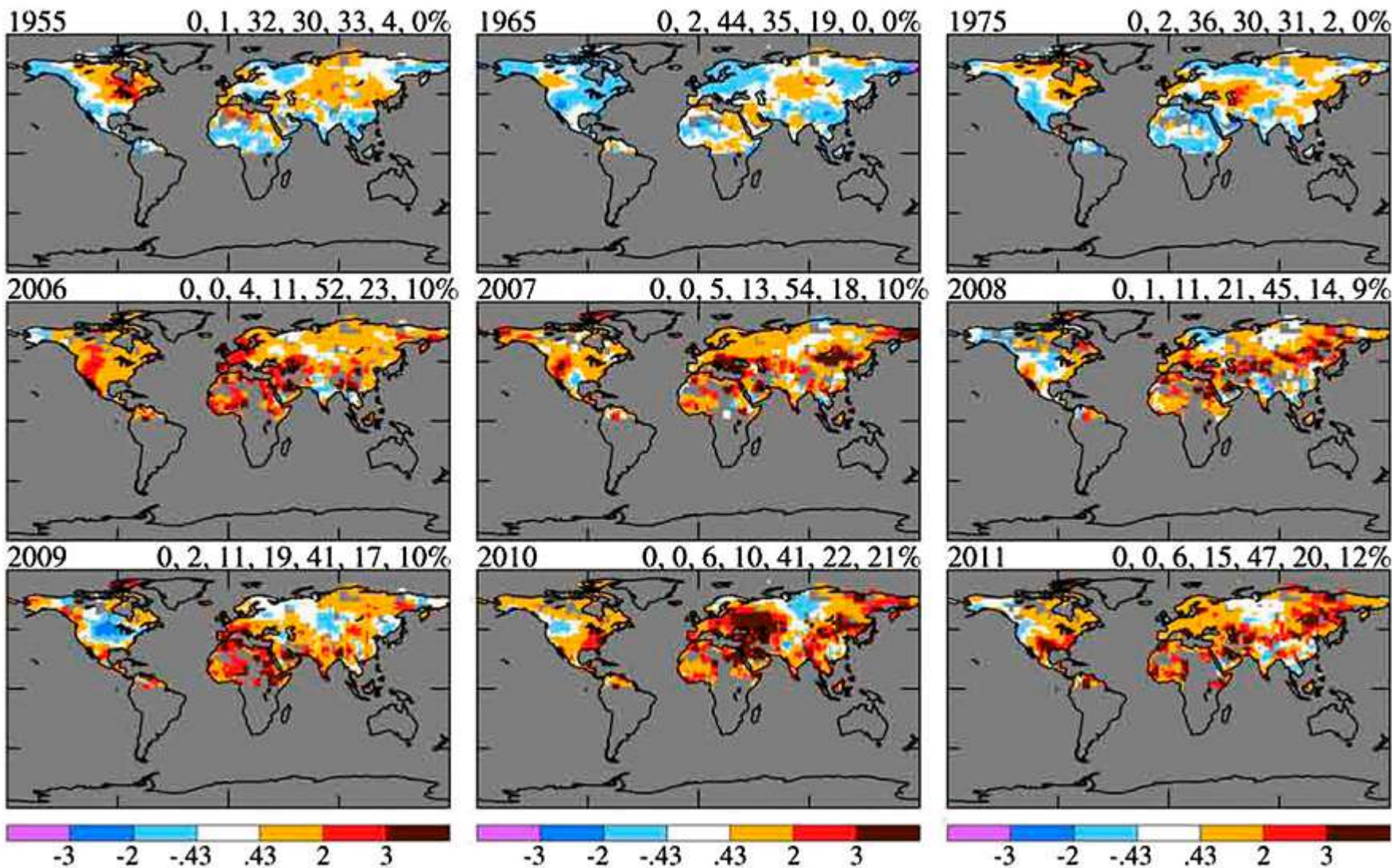
Problémem jsou >3 -sigma extrémy, dnes už i 4 sigma

Shifting Distribution of Summer Temperature Anomalies



<http://www.columbia.edu/~mhs119/PerceptionsAndDice/>

Jun-Jul-Aug Hot & Cold Areas over N.H. Land excluding Greenland

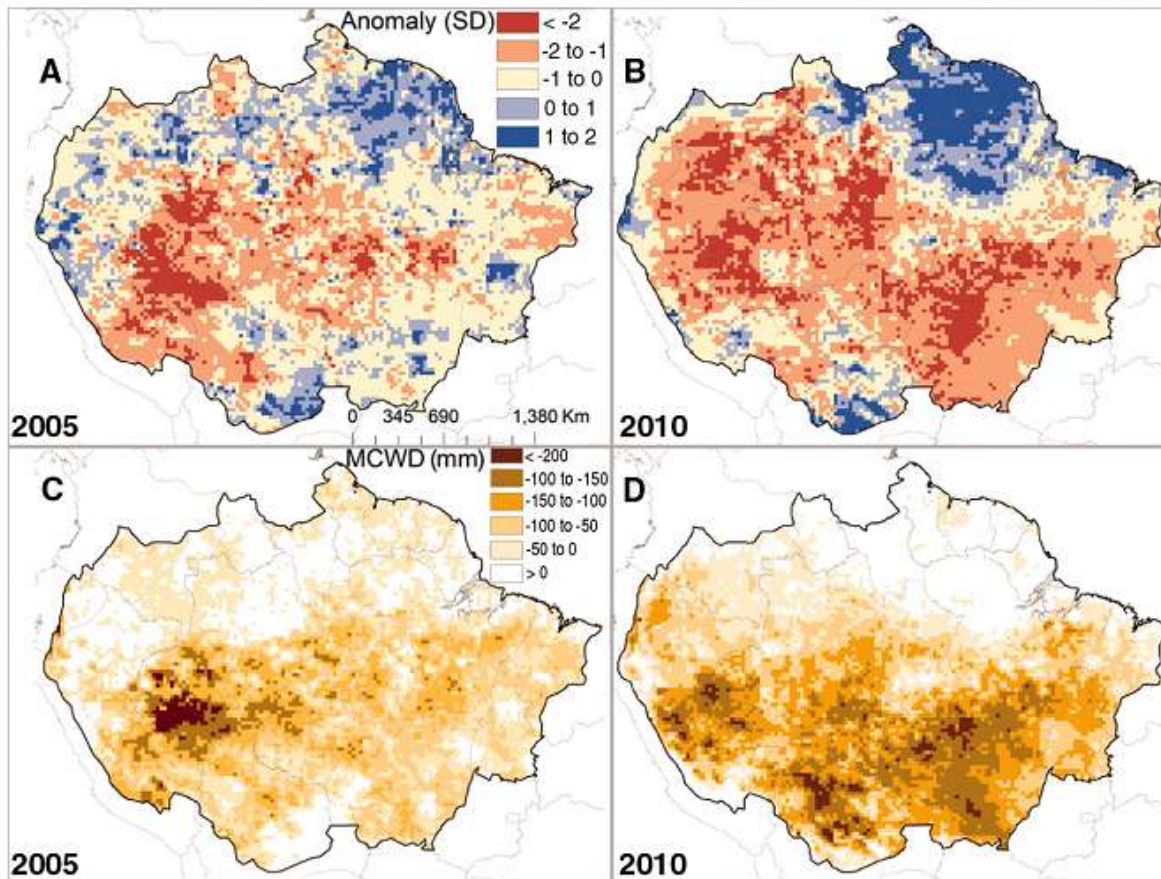




Wild fires in Greece, August 2007

Source: spiegel.de

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



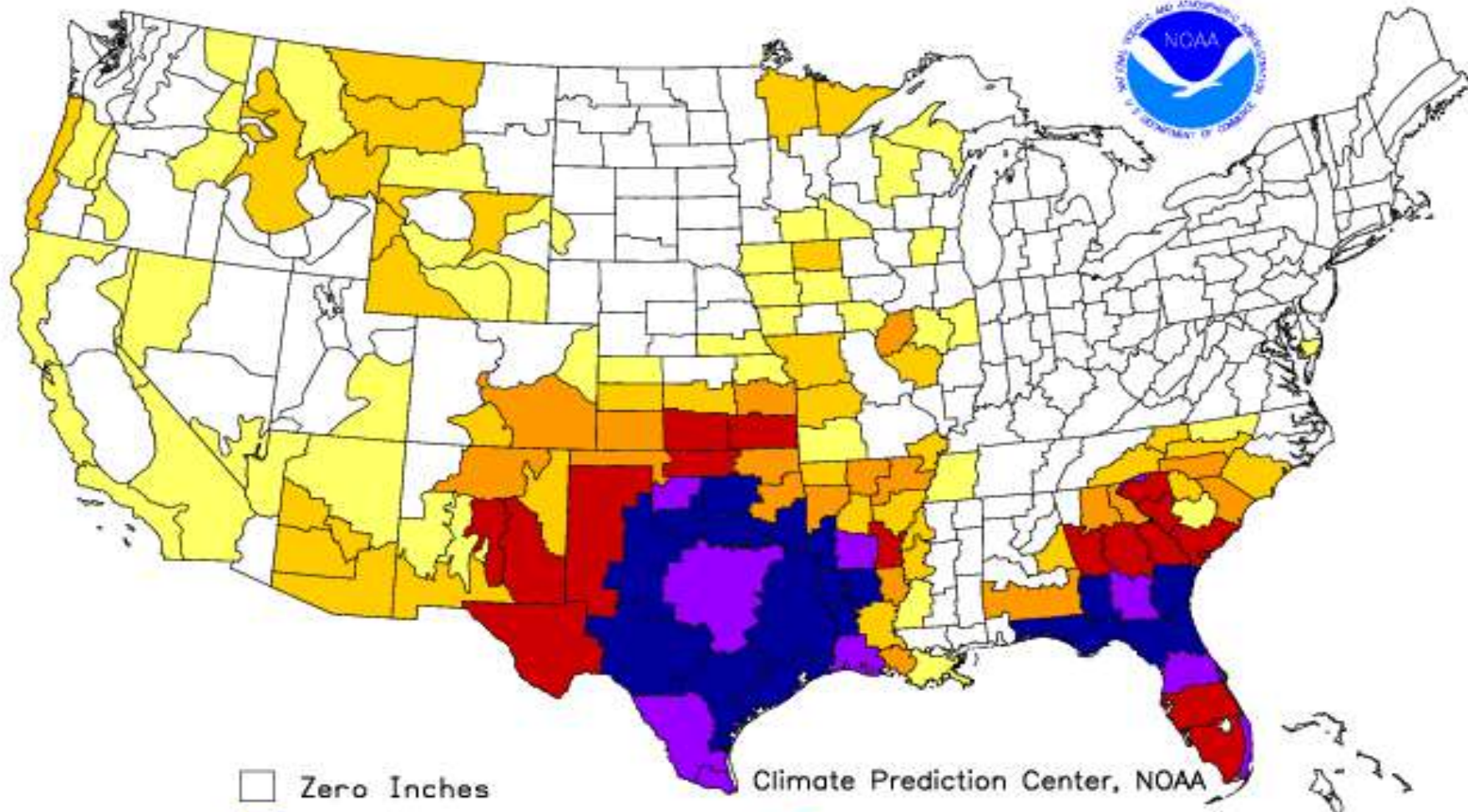
A & B = anomaly of dry season rainfall from decadal mean





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)

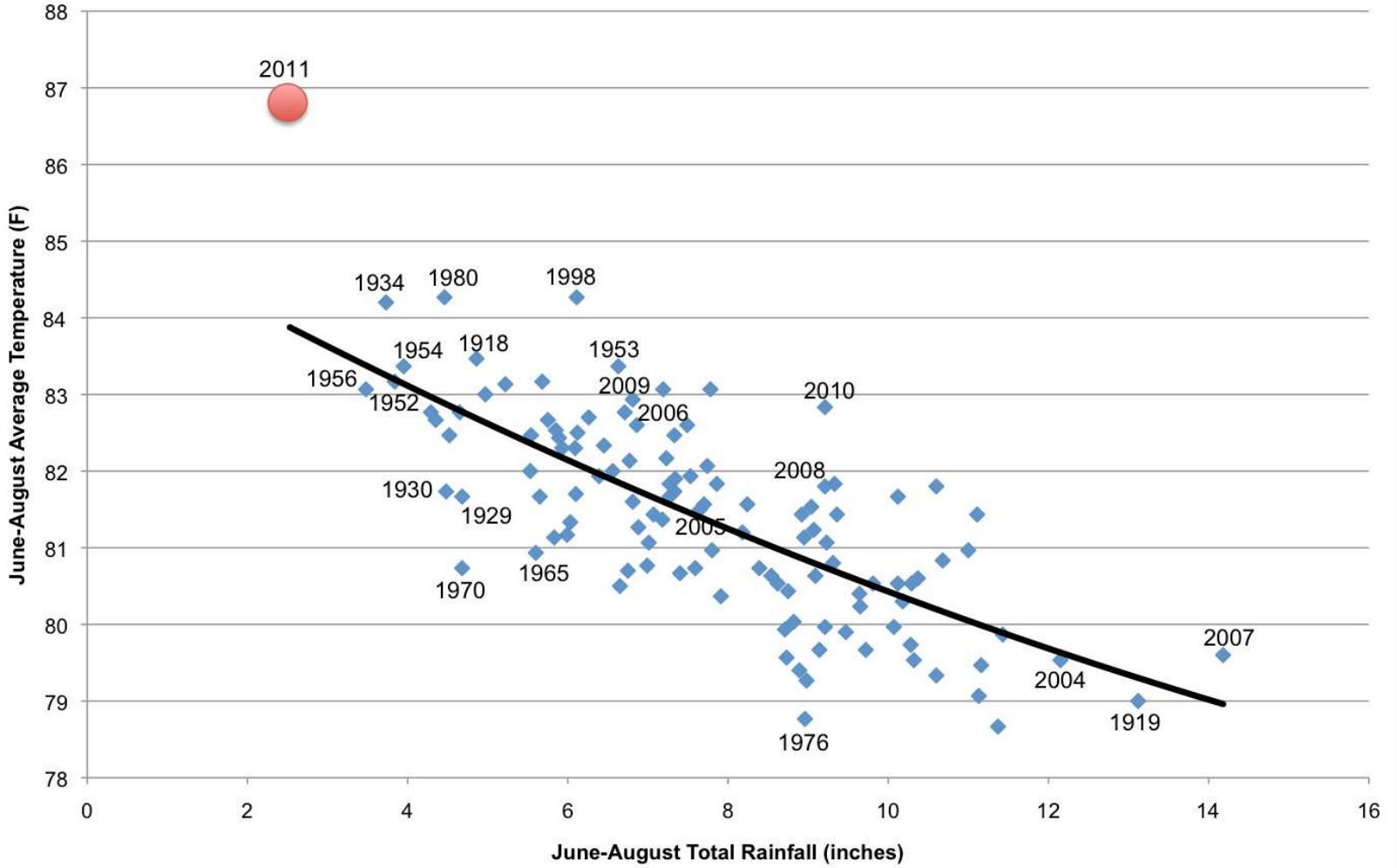


-  Zero Inches
-  Trace to 3 Inches
-  3 to 6 Inches
-  6 to 9 Inches

Climate Prediction Center, NOAA

-  9 to 12 Inches
-  12 to 15 Inches
-  Over 15 Inches

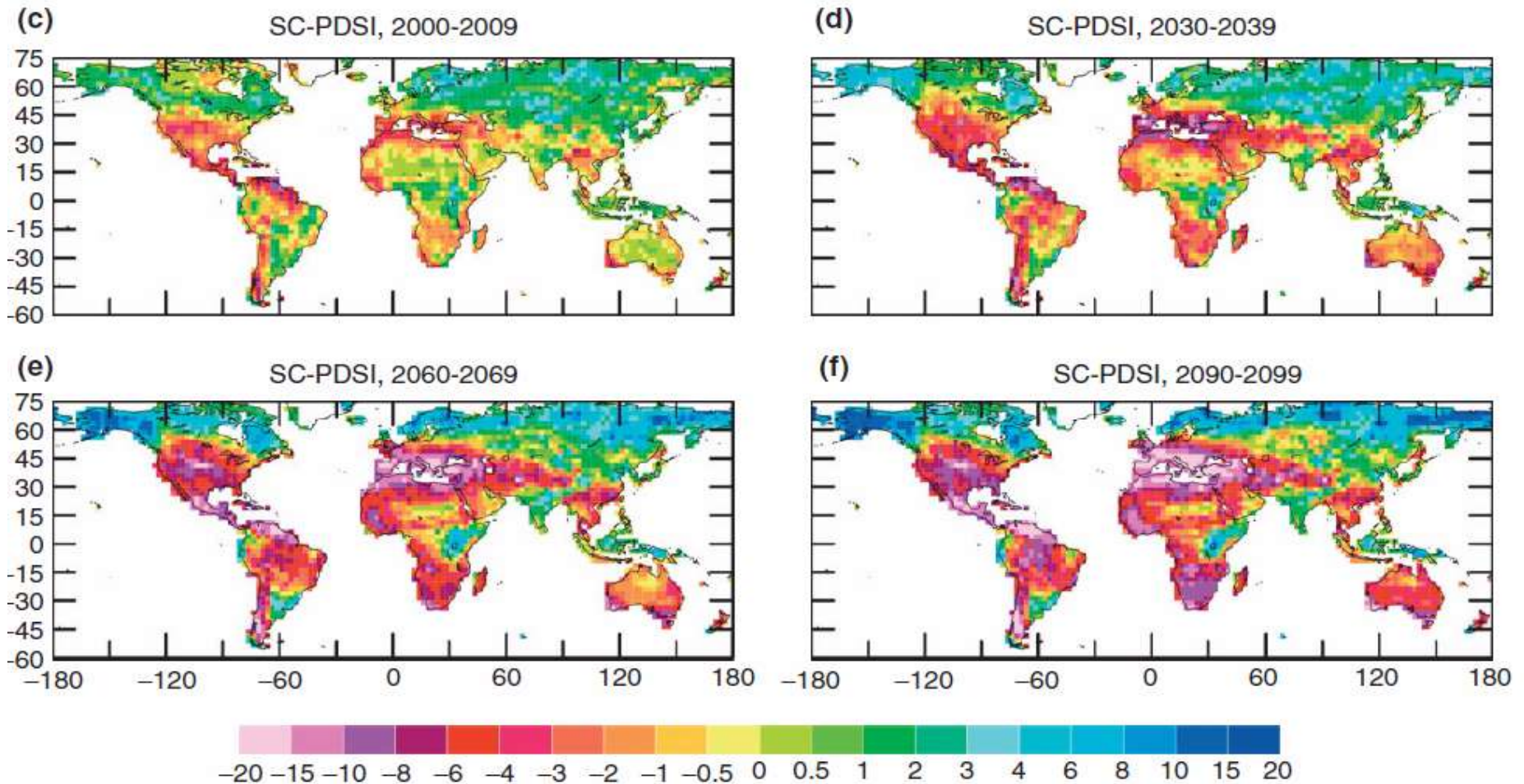
Texas Summers



Index vážnosti sucha (již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)

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



Sýrie – dlouholeté sucho



Jak a proč klimatickou změnu
zbrzdit

(co znamenají 2 K)

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.”

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

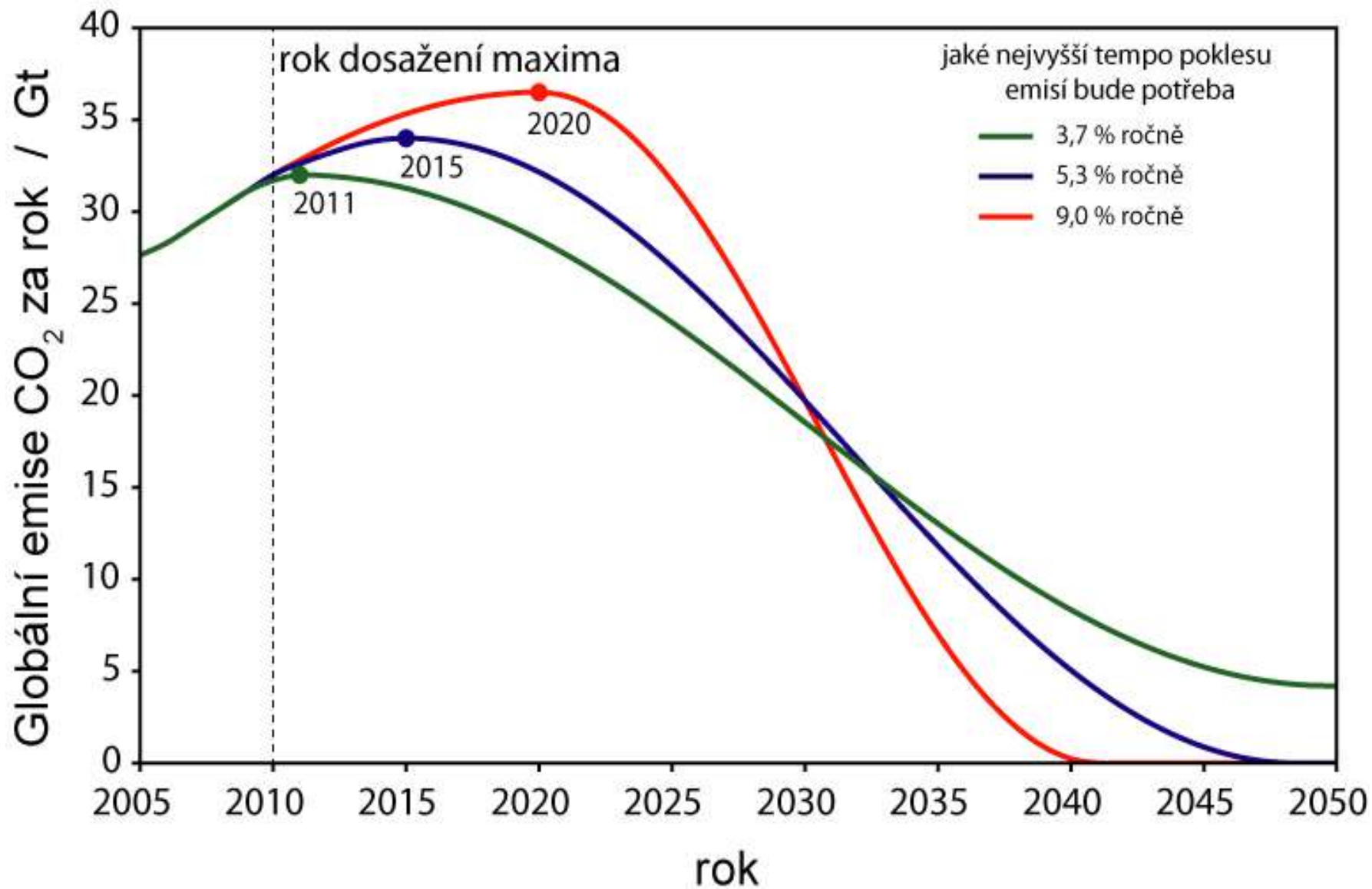
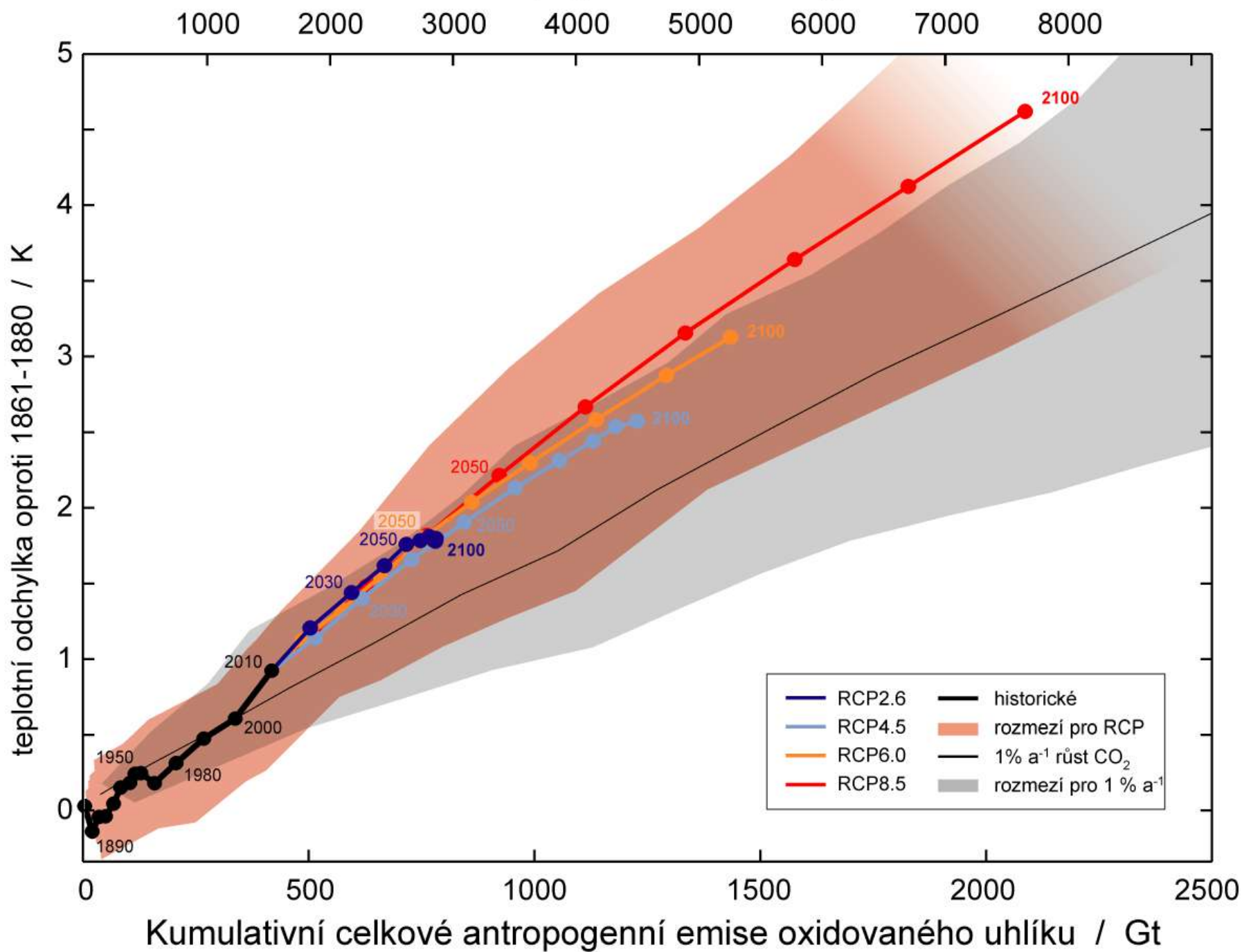


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C

Kumulativní celkové antropogenní emise CO₂ od roku 1870 / Gt

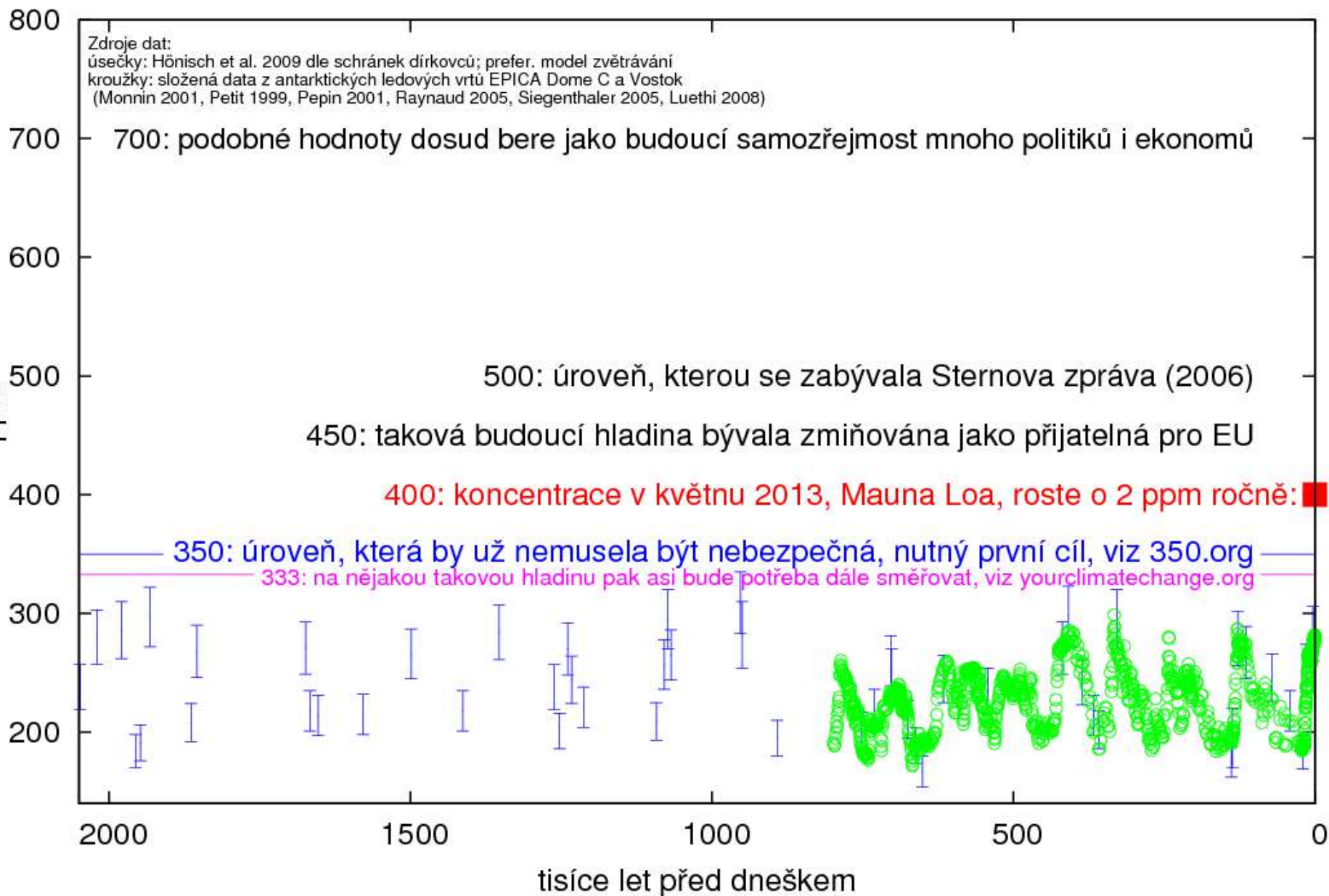


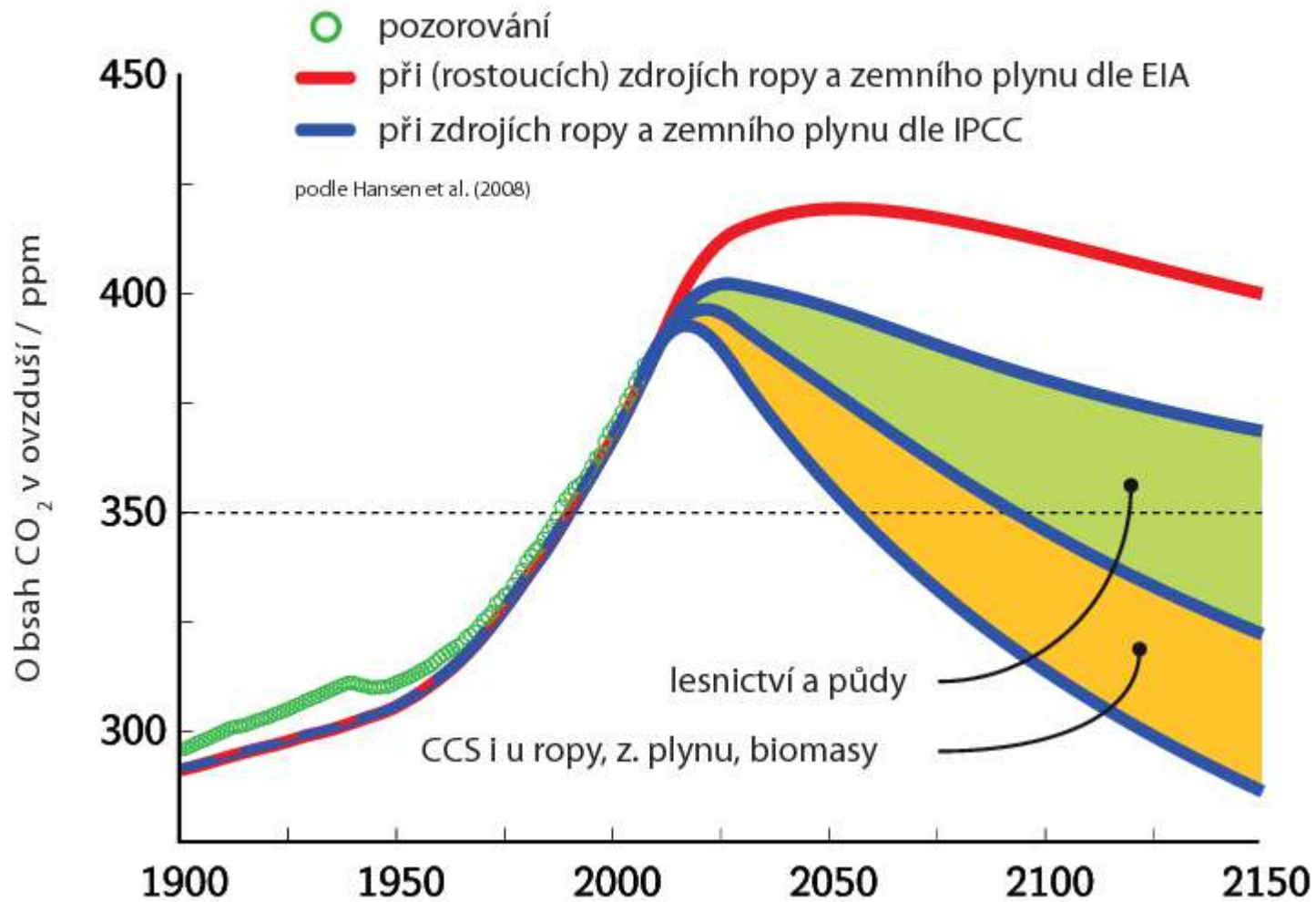
Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

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

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





Výzvy

**Můžeme se ještě vyhnout poničení světa,
který jsme jej zdědili
(a mít čistší planetu a užitečnou práci).**

Trvale udržitelný

**je jen takový vývoj,
kdy spotřeba neroste, ale klesá.**

**Spotřeba opřena o fosilní paliva,
není-li nezbytná, je nemravná**

Odkazy

- <http://zerocarbonbritain.org/>
 - 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 klimatickou změnu (IPCC)

The Copenhagen Diagnosis, 2009

John Holdren

Jan Hollan

a původně i jiné (viz údaje u obrázků)