Příčiny a dopady globálního ohřívání Země a projevy jím vyvolané **klimatické změny**

Jan Hollan

Centrum výzkumu globální změny AV ČR, v.v.i.

fond pro NNO | NROS | nadace partnerství | ICELAND LIECHTENSTEIN NORWAY eea grants

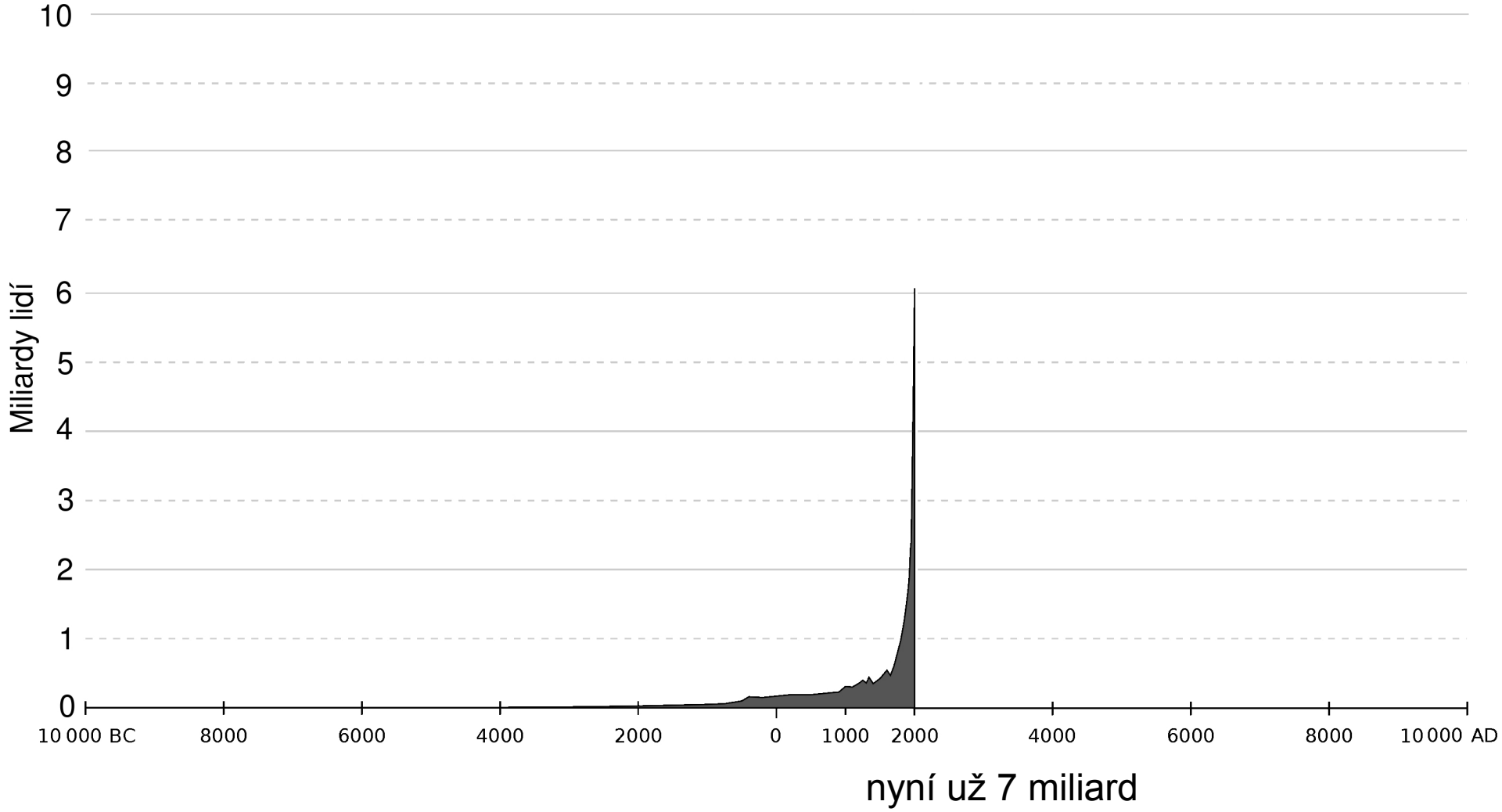
Globální změna

„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)



Překročení 1 miliardy umožnila...

až civilizace opřená o fosilní paliva

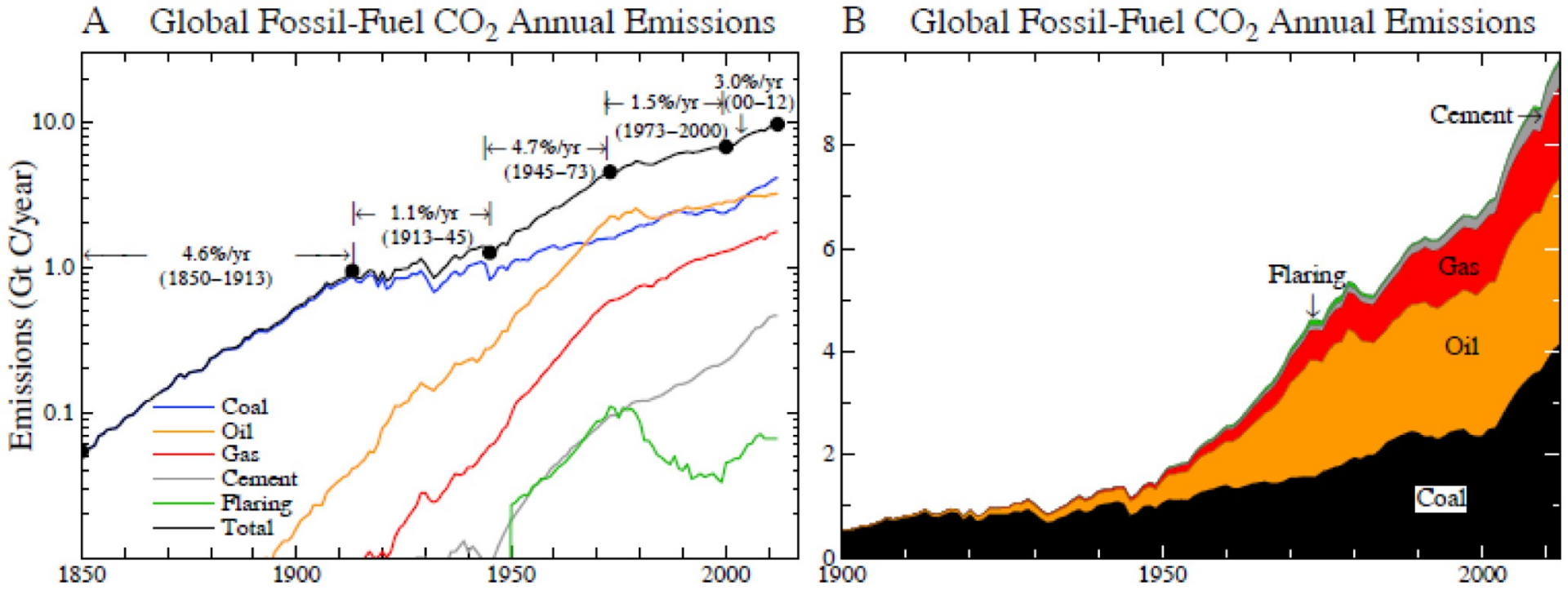
a z ní pocházející

růst zemědělské produkce
lékařská péče
očkování

Je to trvale udržitelný růst?

Čím byl tento růst způsoben?
Jaké má důsledky?
Jak může pokračovat dál?

Můžeme udržet, ba zvyšovat svou evropskou spotřebu?
Může téže spotřeby dosáhnout 7 miliard lidí?


A Global Fossil-Fuel CO_2 Annual Emissions
Emissions (Gt C/year)
10.0
1.0
0.1
1850
1900
1950
2000
4.6%/yr
(1850–1913)
1.1%/yr
(1913–45)
4.7%/yr
(1945–73)
1.5%/yr
(1973–2000)
3.0%/yr
(00–12)
Coal
Oil
Gas
Cement
Flaring
Total
B Global Fossil-Fuel CO_2 Annual Emissions
0
2
4
6
8
1900
1950
2000
Cement
Flaring
Gas
Oil
Coal

Příčina oteplování

Rostoucí koncentrace skleníkových plynů vinou využití fosilních paliv.

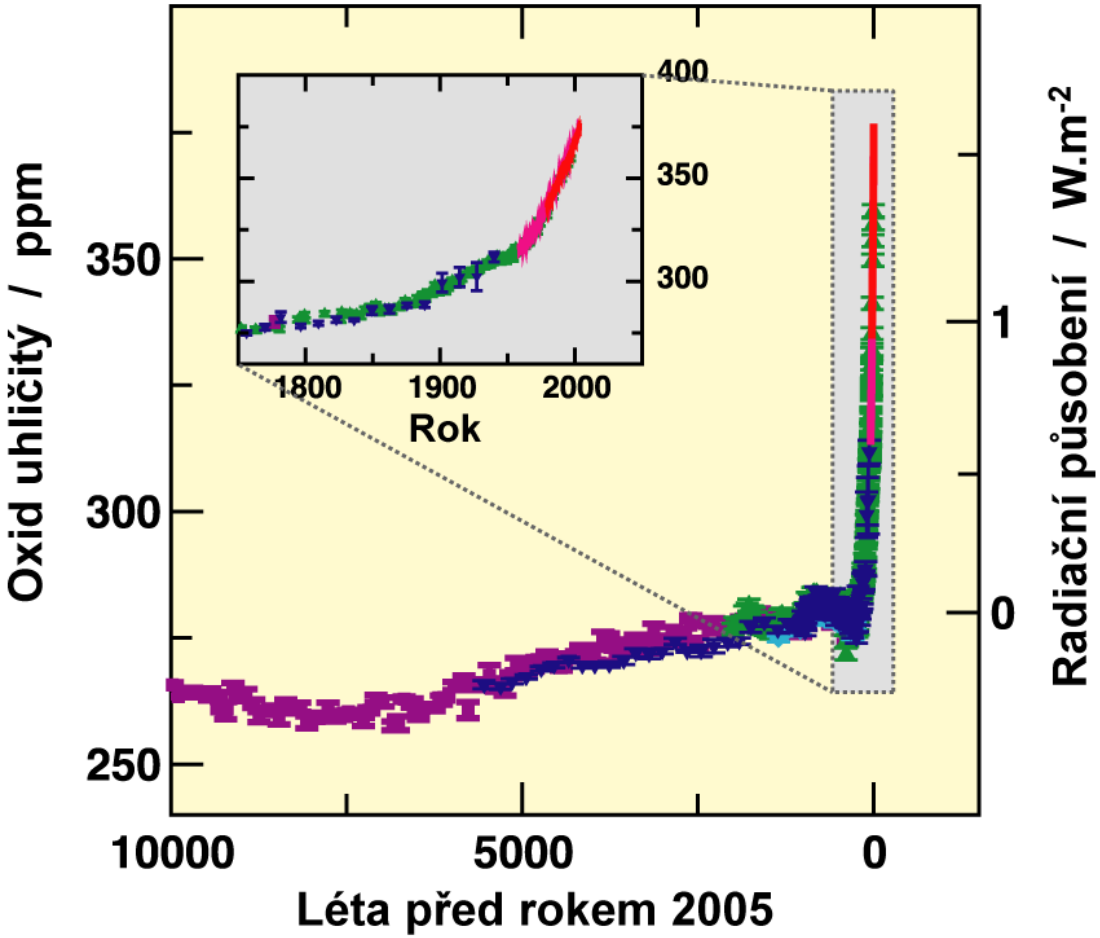
Tento vliv je zatím do značné míry maskován síranovými aerosoly ze spalování uhlí a nafty.

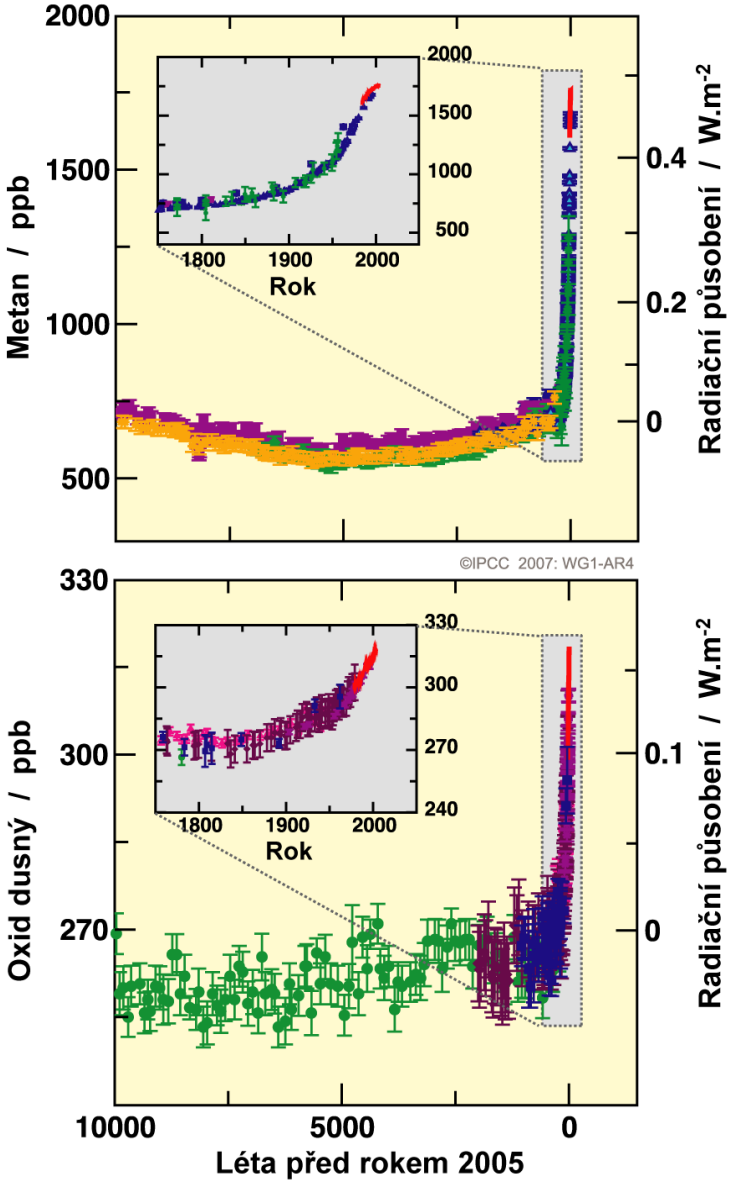
Ovzduší, které silněji tepelně izoluje

- 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)

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

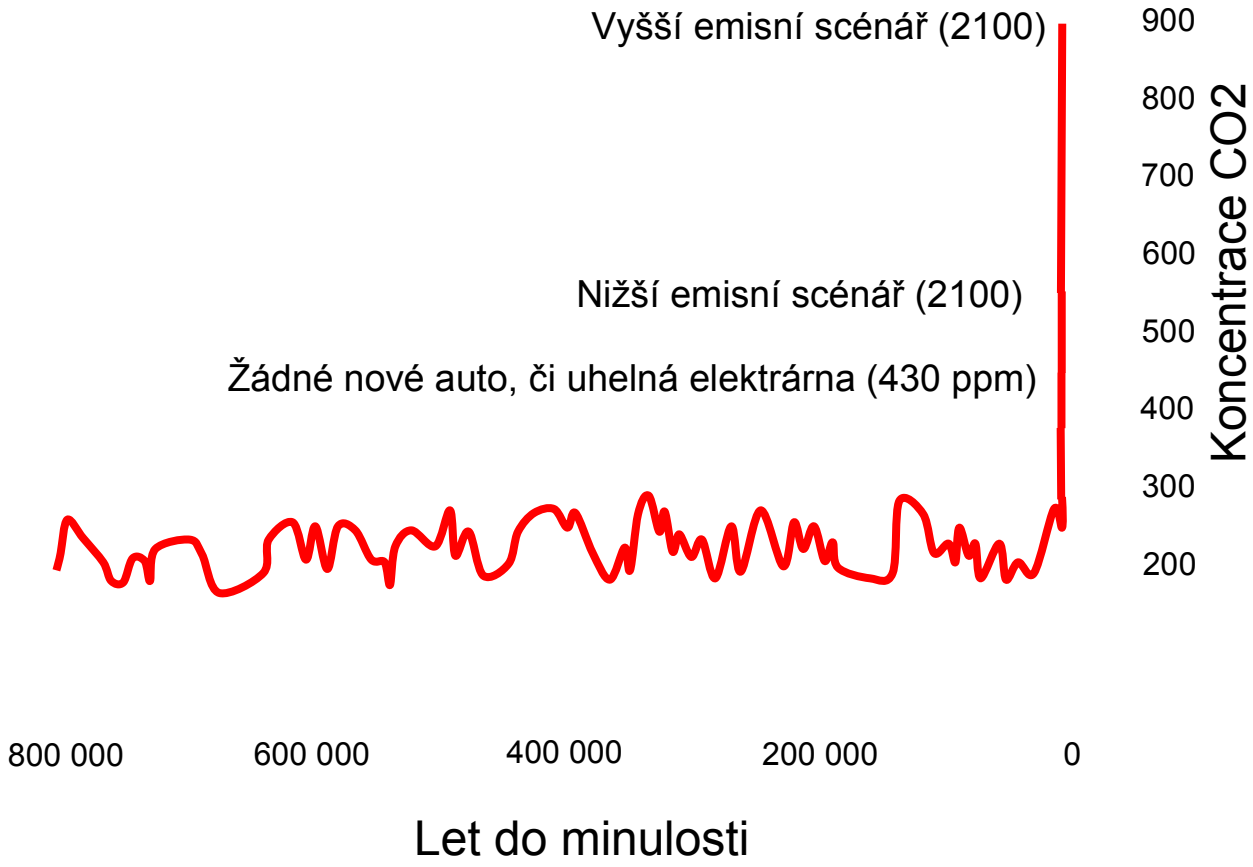




Intergovernmental Panel on Climate Change

4th Assessment Report (IPCC AR4, Feb. 2007)

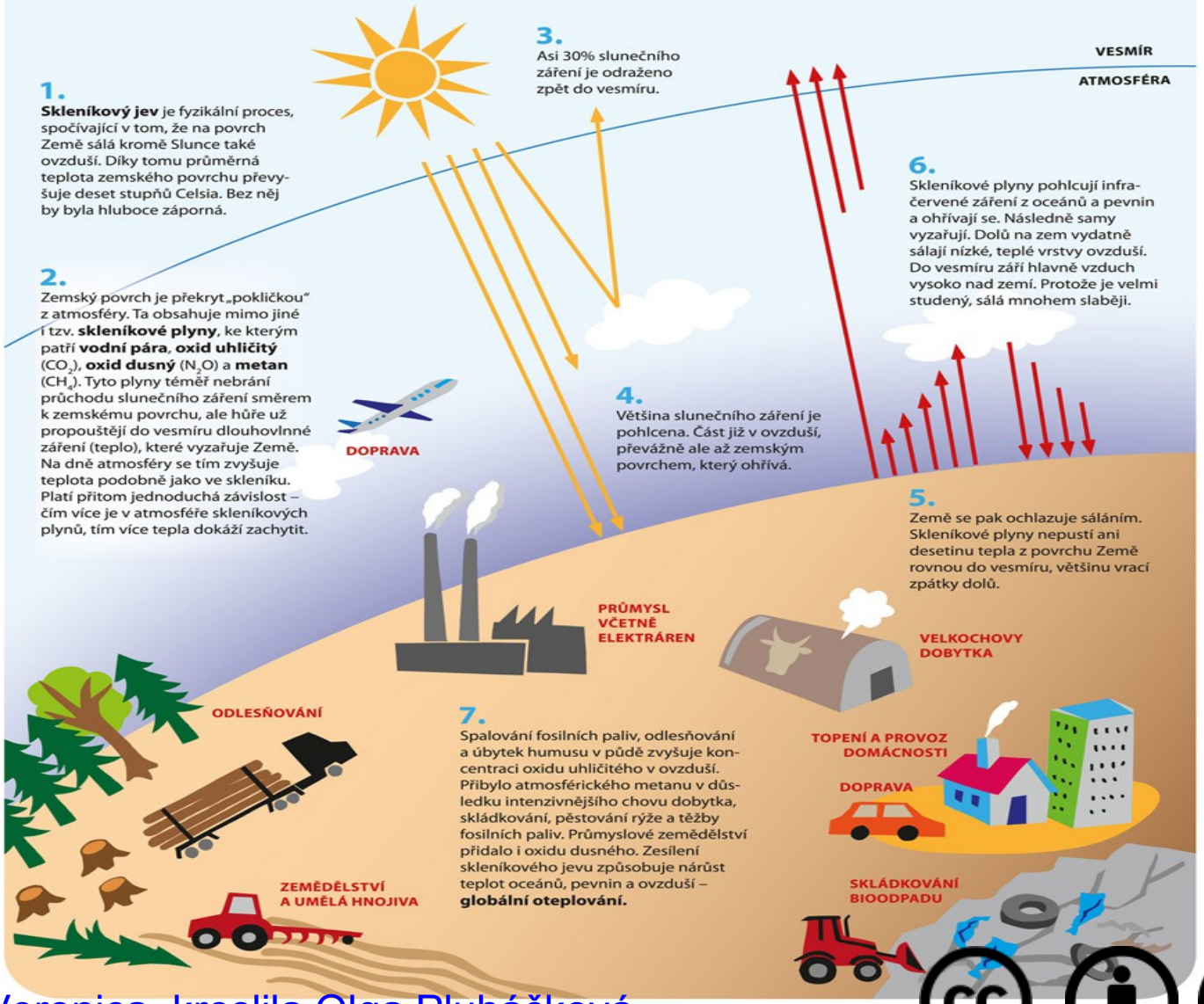
Trochu historické perspektivy



Luthi et al., 2008

zdroj: Veronica

Schéma skleníkového efektu
a zdroje skleníkových plynů z lidské činnosti



zdroj: Veronica, kreslila Olga Pluháčková

Skleníkový jev (Venuše, Země, Mars)

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

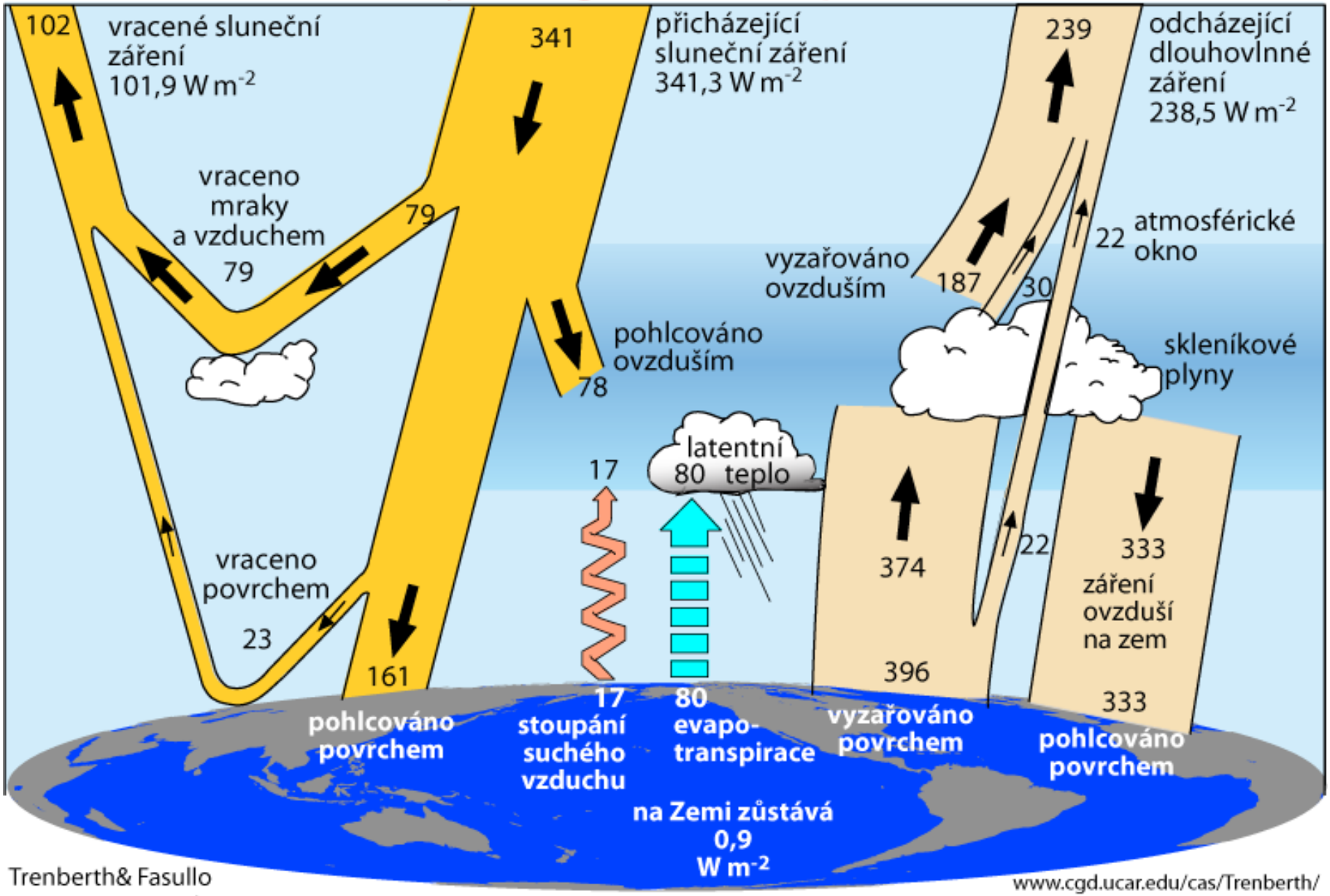
Podstatou skleníkového jevu je vyšší propustnost ovzduší pro sluneční sálání (záření vlnových délek převážně pod 3 μm) než pro sálání zemského povrchu a ovzduší samého (převážně nad 3 μm).

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.

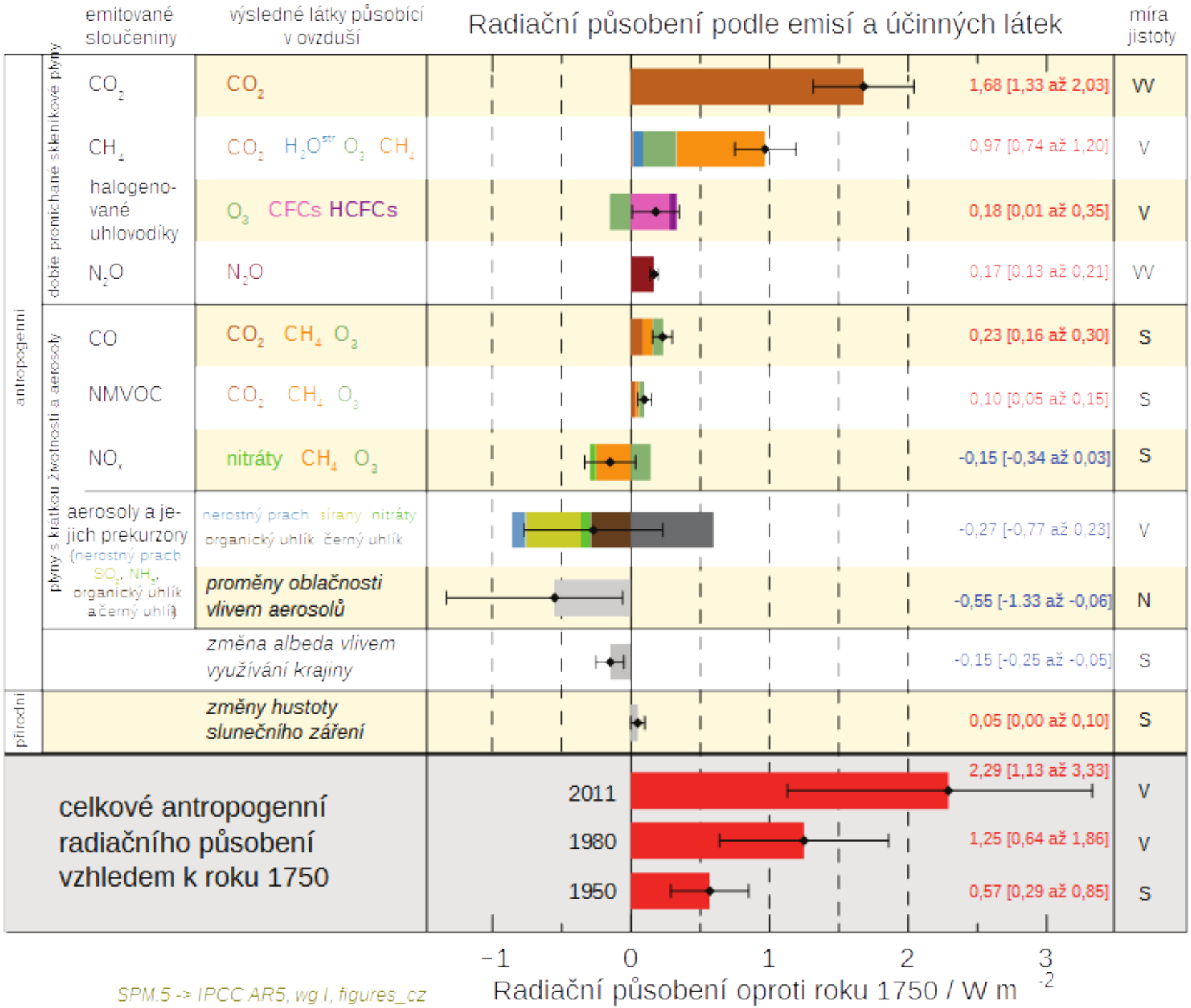
2000-2005 (CERES Period); K. E. Trenberth a J. T. Fasullo 2011

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



Trenberth& Fasullo
(National Center for Atmospheric Research), 2011 – Tracking Earth's Energy: From El Niño to Global Warming

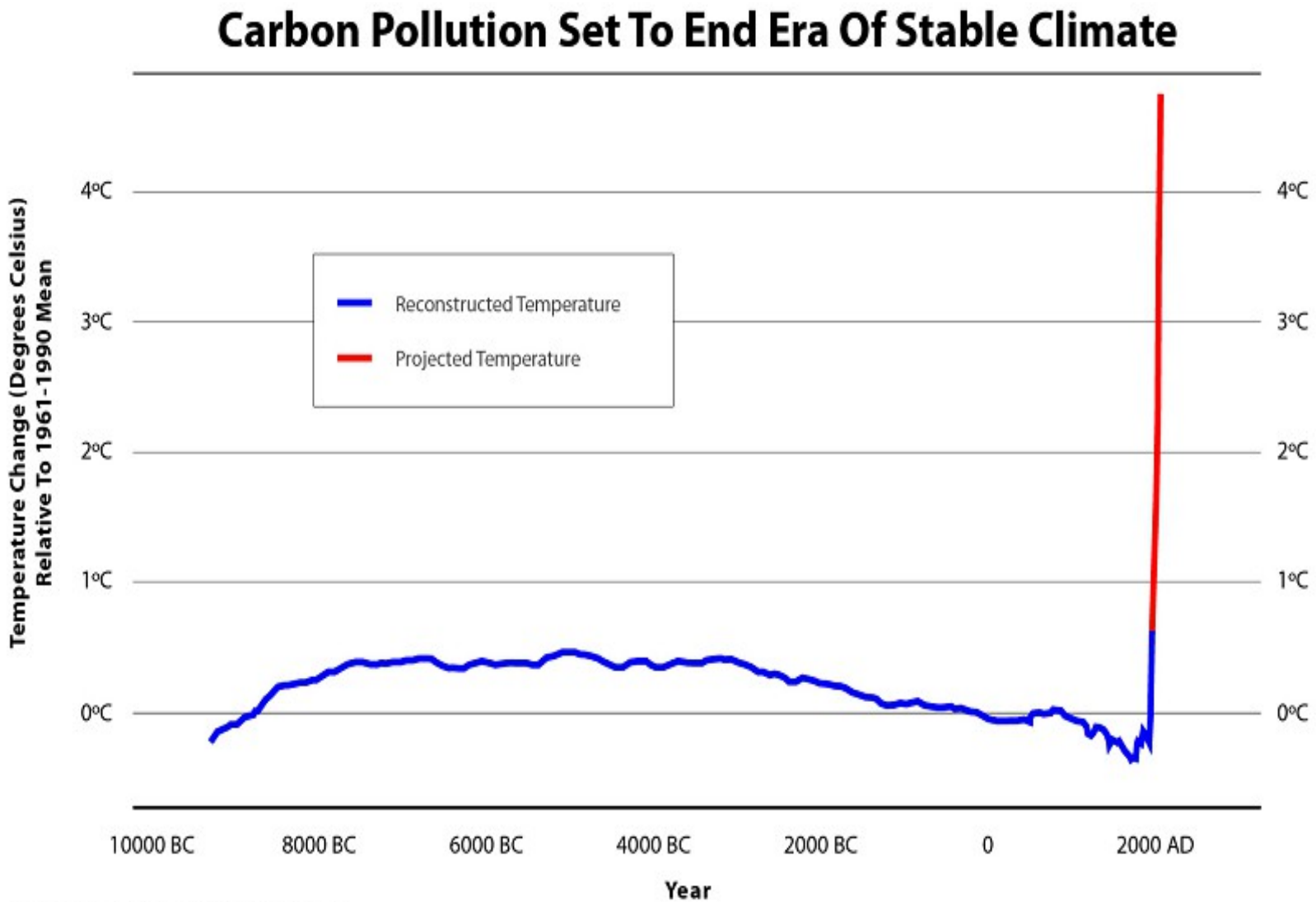
www.cgd.ucar.edu/cas/Trenberth/



SPM.5 -> IPCC AR5, wg I, figures_cz

Projevy

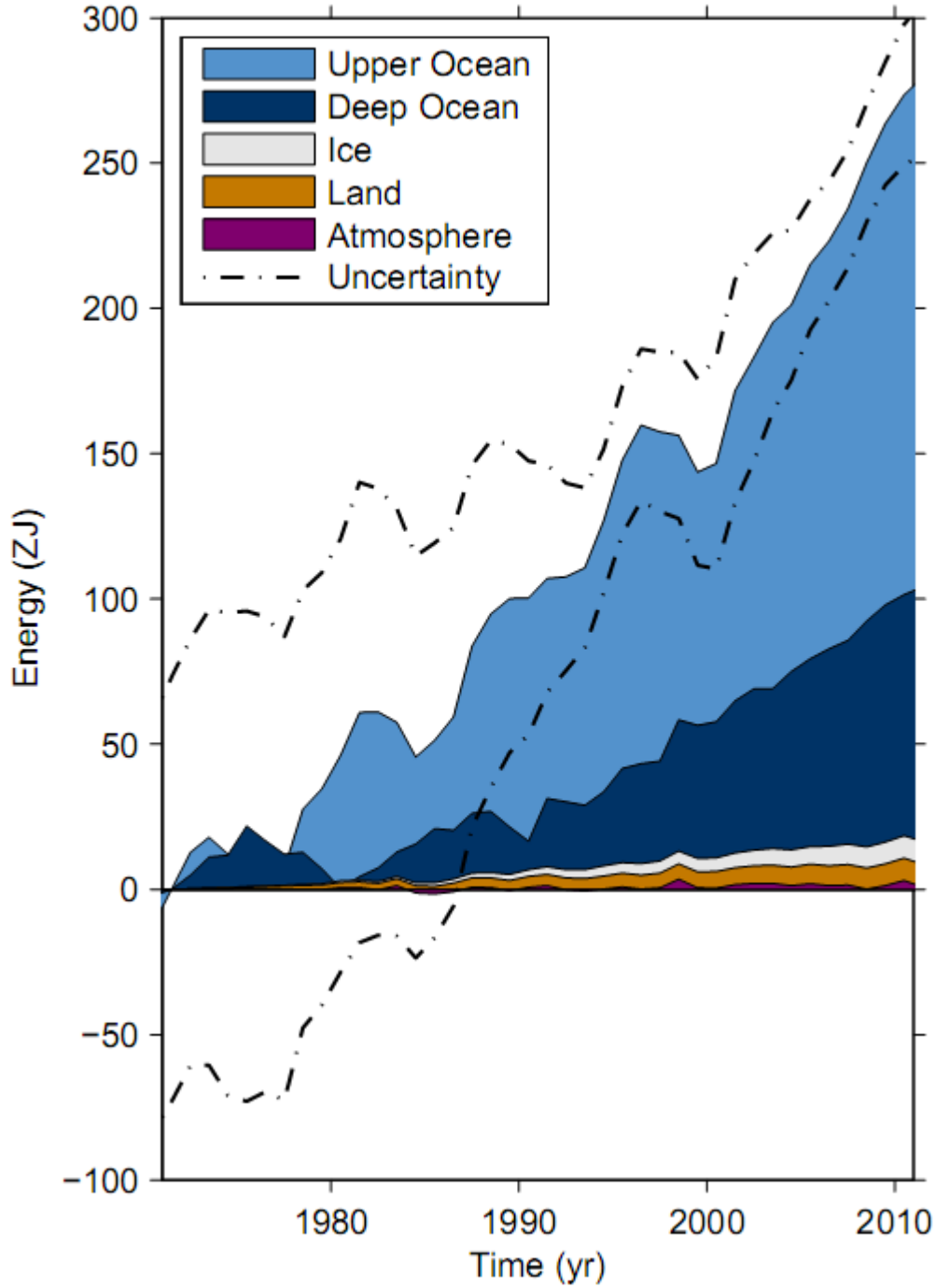
Globální teplota se v holocénu měnila pomalu, nyní úprkem



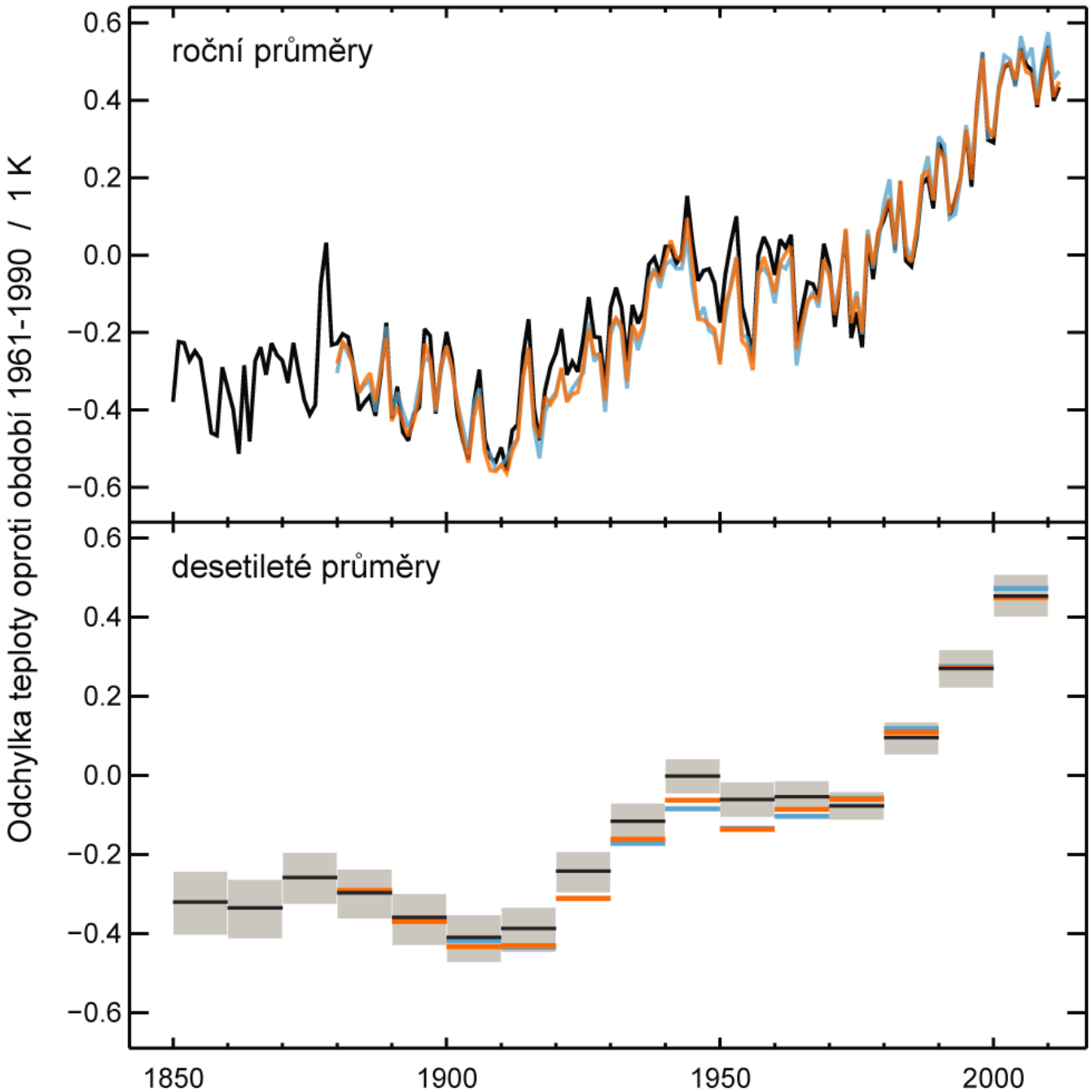
Nárůst entalpie Země, pomineme-li hloubky větší než 2000 m

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

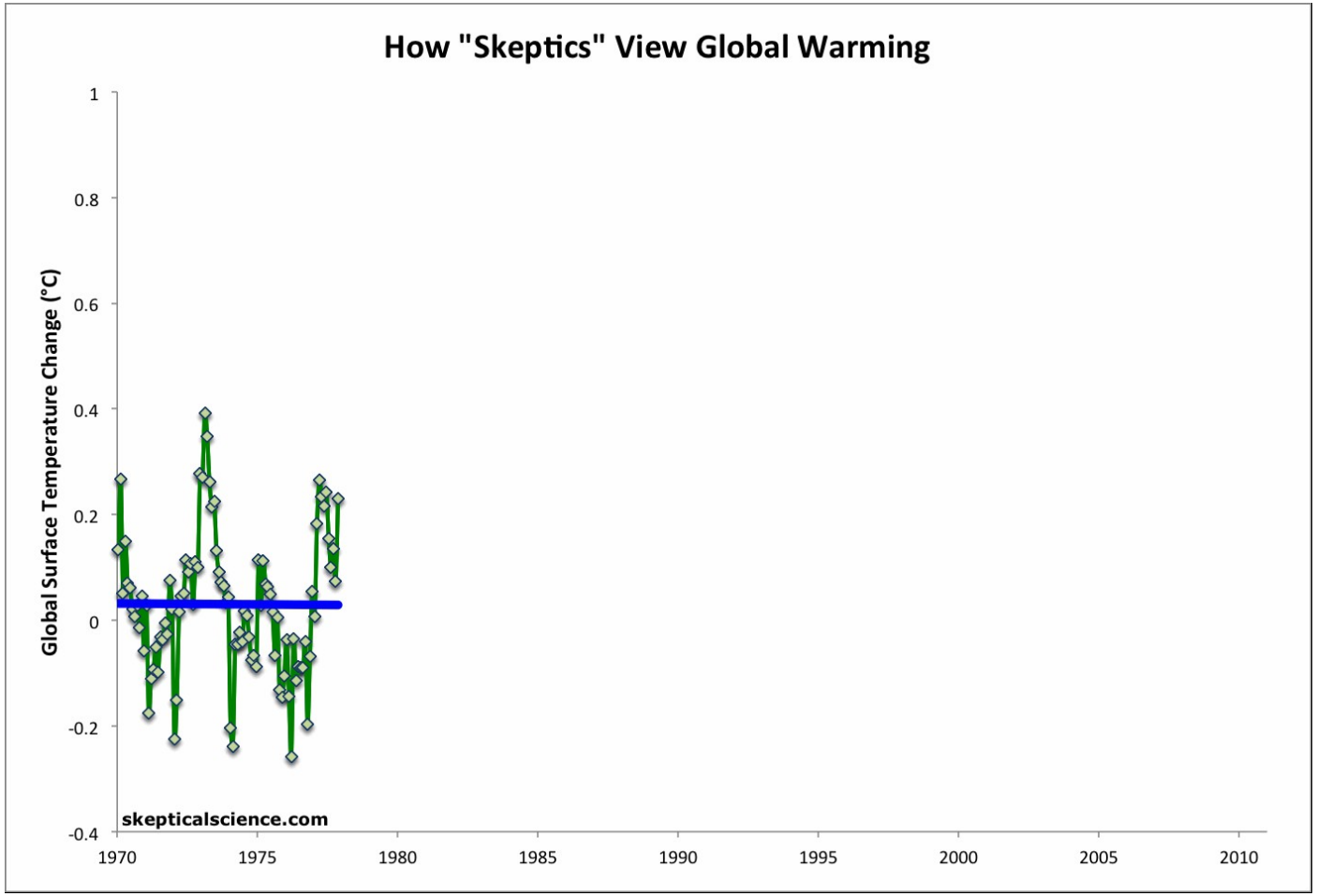
zdroj:
IPCC, AR5, první díl – The Physical Science Basis;
Box 3.1, Figure 1



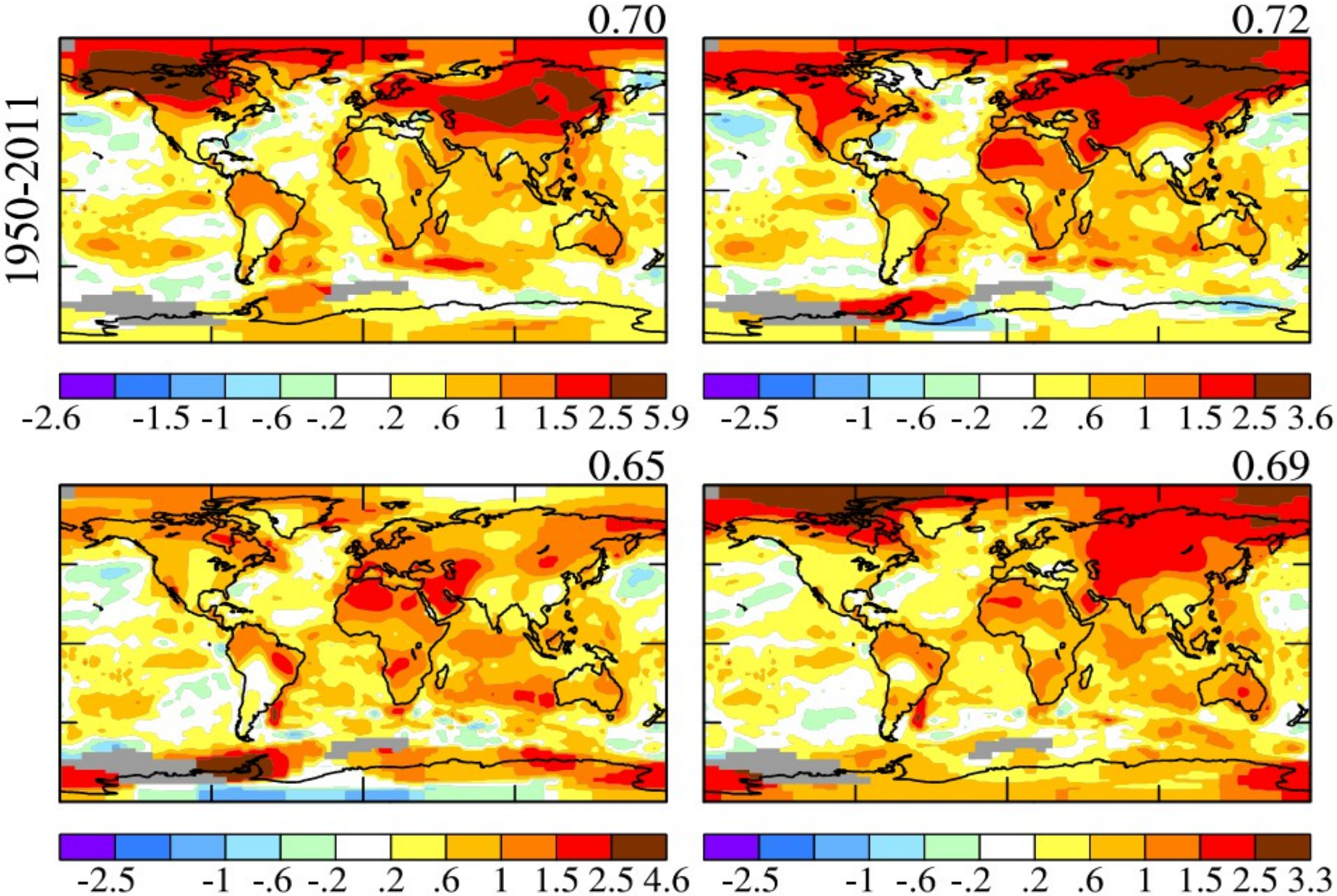
Pozorovaná globálně zprůměrovaná teplotní odchylka povrchu oceánů a přízemního vzduchu nad pevninou 1850-2012

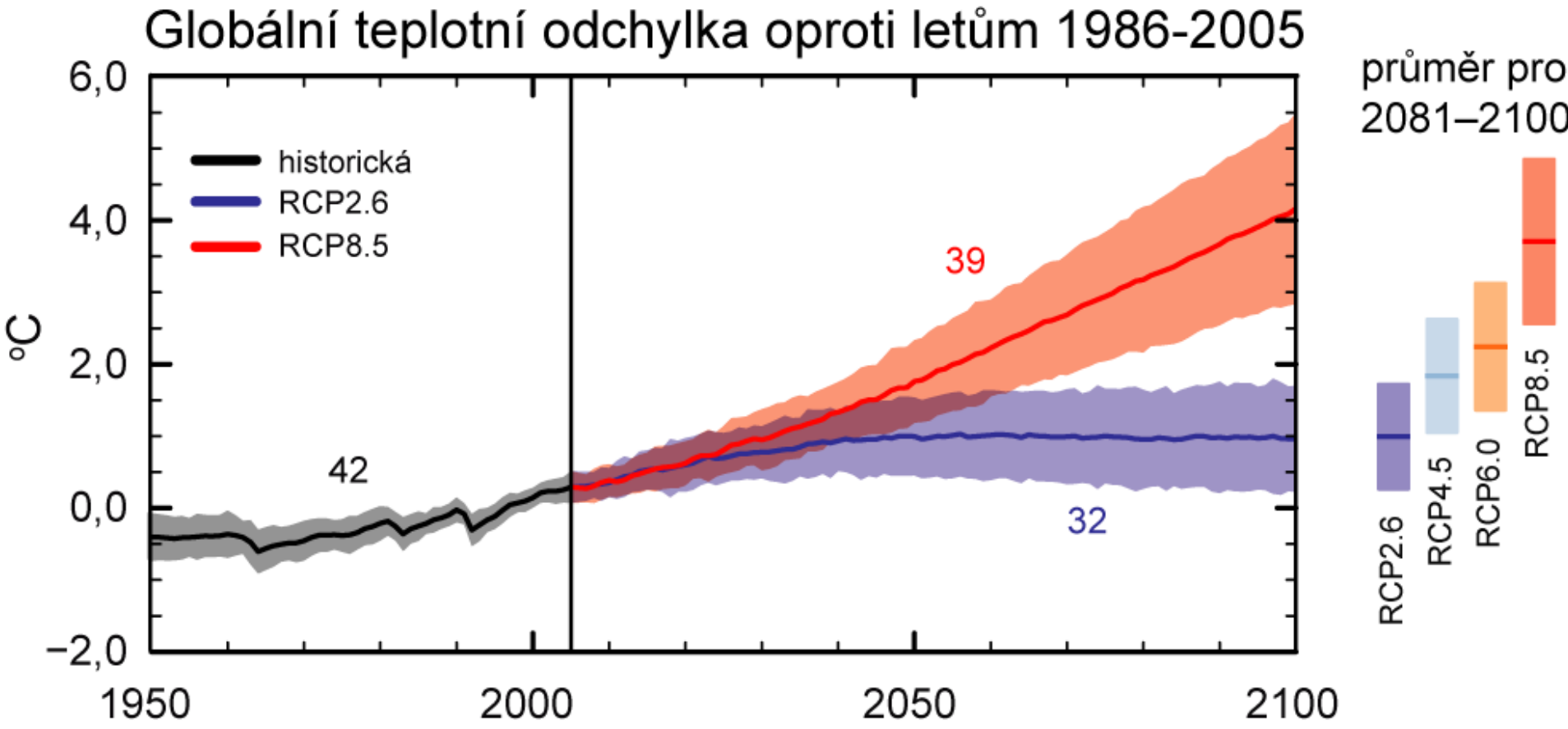


Krátkodobé trendy ochlazování 1970/01 až 77/11, dtto až 86/11, 87/09 až 96/11, 97/03 až 2002/10, 2002/10 až 2011/12 (modře) a trend 42 let oteplování (leden 1970 až prosinec 2011, červeně) dle dat pro oceán i pevninu NOAA NCDC. Zdroj: Dana Nuccitelli, http://www.skepticalscience.com/still-going-down-the-up-escalator.html



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/




Globální teplotní odchylka oproti letům 1986-2005
průměr pro
2081–2100
historická
RCP2.6
RCP8.5
°C
6,0
4,0
2,0
0,0
−2,0
1950
2000
2050
2100
42
39
32
RCP2.6
RCP4.5
RCP6.0
RCP8.5

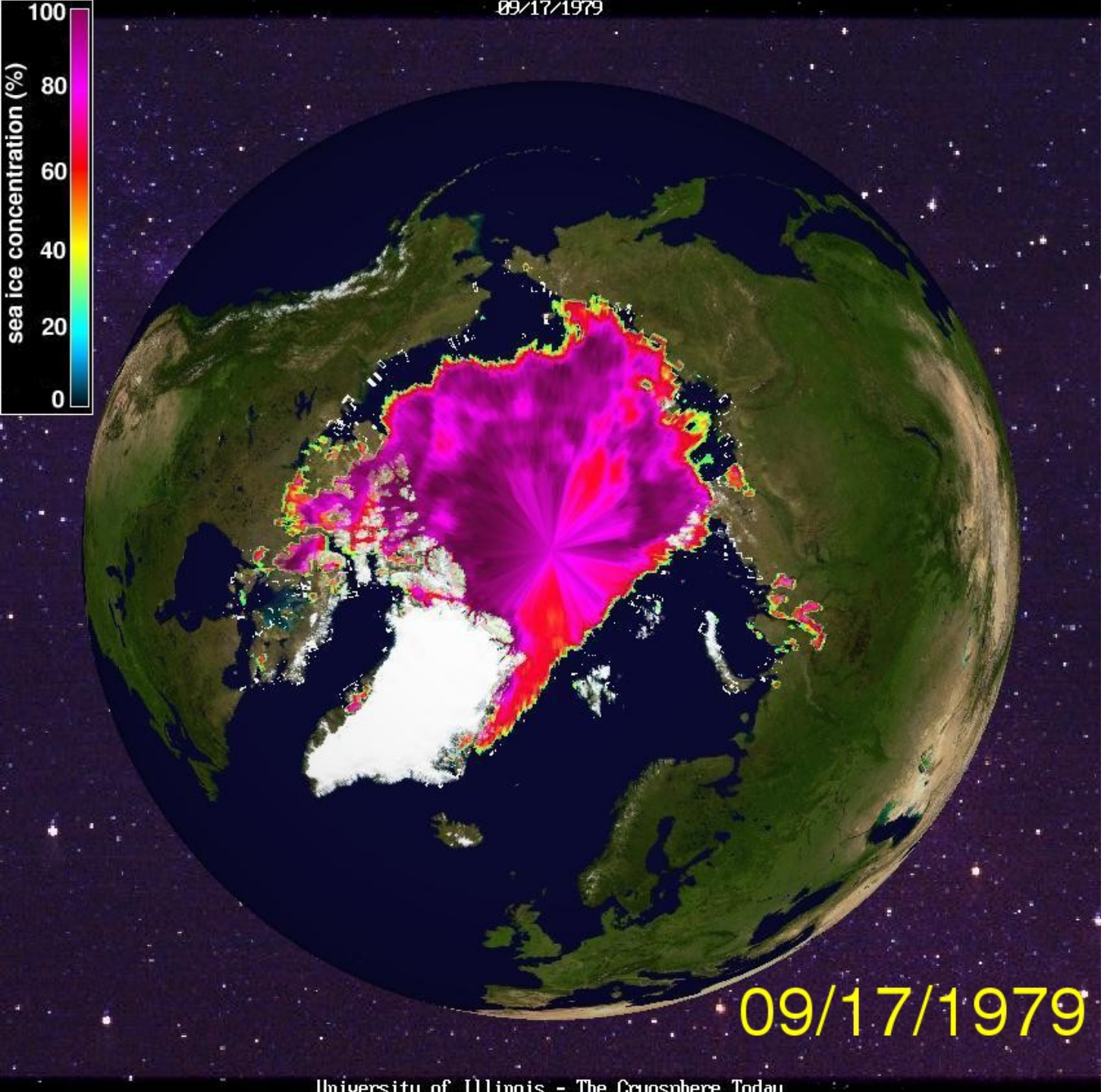
Švýcarsko

Rhone Glacier

www.worldviewofglobalwarming.org

Ztmavnutí povrchu

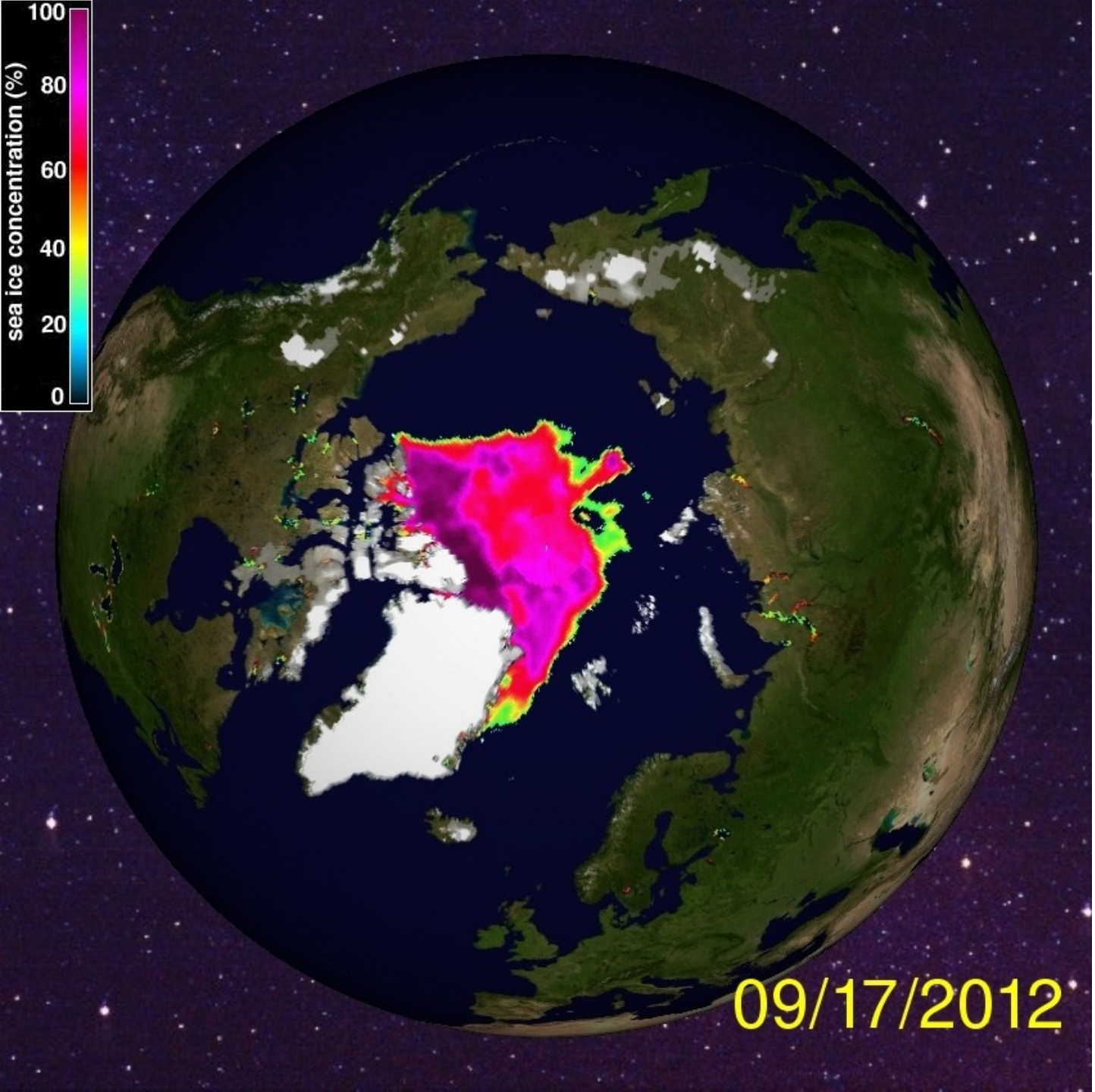
velká zesilující zpětná vazba



1979

17. září

Arktický mořský led



2012

17. září

Arktický mořský led

Teplá Arktida

=>

Ztráta našeho mírného podnebí

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

Teplejší polární oblasti =>

úbytek ledových příkrovů Grónska a Antarktidy =>

trvalý, zrychlující se růst hladiny oceánů

Tání na povrchu Grónska

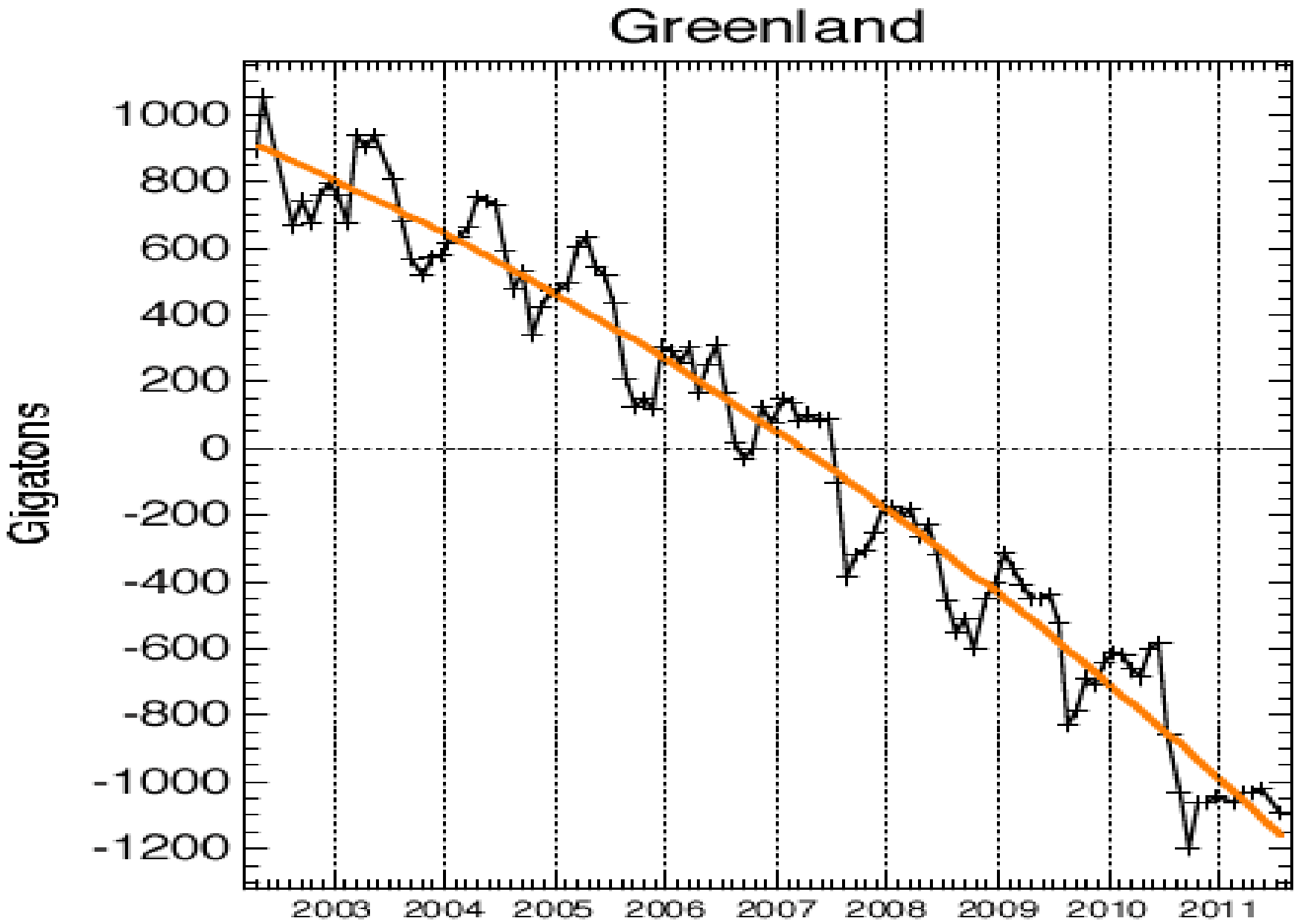
Vody klesající do „mlýna“, svislé šachty vedoucí na dno ledového příkrovu

Zdroj: Roger Braithwaite, University of Manchester (UK)

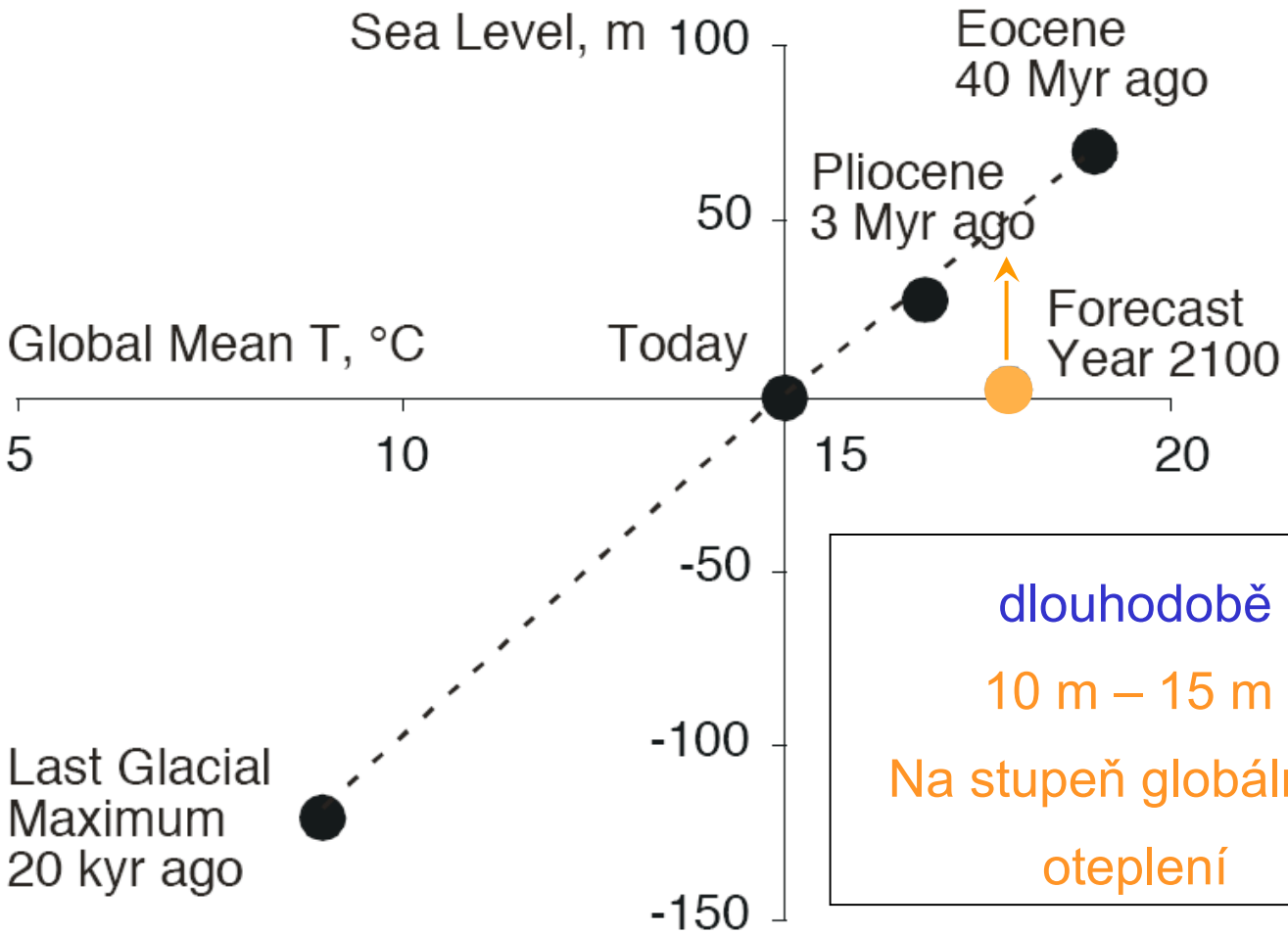
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

Zdroj: Prof. Konrad Steffen, Univ. of Colorado


Greenland
Gigatons
1000
800
600
400
200
0
-200
-400
-600
-800
-1000
-1200
2003
2004
2005
2006
2007
2008
2009
2010
2011

Minulé odchylky mořské hladiny



dlouhodobě

10 m – 15 m

Na stupeň globálního oteplení

Archer & Brovkin, 2008

0 m
Amsterdam
Rotterdam
Brussel
Bruxelles
Haarlem
Amstelveen
Hilversum
Amersfoort
Utrecht
Leiden
Den Haag
Zoetermeer
Delft
Spijkenisse
Dordrecht
Apeldoorn
Deventer
Enschede
Hengelo
Almelo
Zwolle
Kampen
Lelystad
Alkmaar
Hoorn
Purmerend
Castricum
Velsen
Haarlemmermeer
Teylingen
Katwijk
Wassenaar
Leidschendam
Woerden
Zeist
Barneveld
Ede
Zutphen
Lochem
Berkelland
Bronckhorst
Rheden
Doetinchem
Arnhem
Veenendaal
Nieuwegein
Gouda
Bijnacker
Schiedam
Ridderkerk
Hellevoetsluis
Goeree
Binnenmaas
Heusden
Oss
Nijmegen
Tiel
Overbetuwe
Oude IJsselstreek
Borken
Bocholt
Dülmen
Coesfeld
Haltern am See
Dorsten
Marl
Wesel
Lünen
Recklinghausen
Herne
Oberhausen
Essen
Bochum
Moers
Duisburg
Velbert
Hagen
Venlo
Krefeld
Nettetal
Meerbusch
Ratingen
Viersen
Düsseldorf
Neuss
Solingen
Mönchengladbach
Leverkusen
Bergisch Gladbach
Köln
Pulheim
Bergheim
Hürth
Kerpen
Kerkrade
Heerlen
Maastricht
Aachen
Düren
Erftstadt
Zülpich
Bonn
Königswinter
Hennef (Sieg)
Troisdorf
Stolberg (Rheinland)
Geleen
Sittard
Echt
Erkelenz
Grevenbroich
Roermond
Venray
Bakel
Deurne
Geldrop
Veldhoven
Eindhoven
Uden
Tilburg
Breda
Moerdijk
s-Hertogenbosch
Roosendaal
Bergen op Zoom
Halderberge
Zundert
Woensdrecht
Turnhout
Weert
Leudal
Mol
Geel
Beringen
Hasselt
Genk
Bilzen
Sint-Truiden
Tongeren
Tienen
Waterloo
Wavre
Braine-l'Alleud
Ottignies
Liège
Waremme
Hannut
Geraardsbergen
Halle
Anderlecht
Vilvoorde
Jette
Aalst
Waregem
Kortrijk
Mouscron
Gent
Dendermonde
Mechelen
Lier
Sint-Niklaas
Heist-op-den-Berg
Beveren
Antwerpen
Terneuzen
Hulst
Vlissingen
Borsele
Middelburg
Goes
Schouwen-Duiveland
Brugge
Oostkamp
Tielt
Zeeuwse Meren
Hoorn
Castricum
Velsen
Lelystad
Dronten
Dalfsen
Twenterand
Nordhorn
Raalte
Holten
Losser
Ochtrup
Rheine
Gronau (Westfalen)
Ahaus
Steinfurt
Coevorden
Meppen
Lingen (Ems)
Hardenberg
Ibbenbüren
Münster
Greven
Ems
Imagery ©2008 TerraMetrics Map data ©20

1 m
Amsterdam
Haarlem
Hoorn
Alkmaar
Purmerend
Zaandam
Amstelveen
Hilversum
Amersfoort
Utrecht
Leiden
Den Haag
Zoetermeer
Rotterdam
Dordrecht
Spijkenisse
Delft
Gouda
Zeist
Ede
Barneveld
Apeldoorn
Deventer
Zutphen
Lochem
Arnhem
Nijmegen
Oss
Tiel
Overbetuwe
Veenendaal
Rheden
Doetinchem
Oude IJsselstreek
Borken
Bocholt
Dülmen
Haltern am See
Dorsten
Marl
Wesel
Recklinghausen
Herne
Oberhausen
Essen
Bochum
Duisburg
Moers
Venlo
Krefeld
Nettetal
Meerbusch
Ratingen
Düsseldorf
Neuss
Solingen
Mönchengladbach
Leverkusen
Bergisch Gladbach
Köln
Pulheim
Bergheim
Hürth
Kerpen
Kerkrade
Heerlen
Maastricht
Aachen
Düren
Erftstadt
Stolberg (Rheinland)
Zülpich
Bonn
Königswinter
Troisdorf
Hennef (Sieg)
Geleen
Sittard
Echt
Erkelenz
Grevenbroich
Liège
Verviers
Spa
Waremme
Hannut
Tongeren
Tienen
Sint-Truiden
Hasselt
Genk
Bilzen
Beringen
Heist-op-den-Berg
Mechelen
Lier
Sint-Niklaas
Antwerpen
Beveren
Mol
Geel
Turnhout
Zundert
Breda
Bergen op Zoom
Roosendaal
Tilburg
Eindhoven
Veldhoven
Geldrop
Deurne
Bakel
Venray
Uden
Oss
Nijmegen
Arnhem
Zwolle
Kampen
Lelystad
Almelo
Hengelo
Enschede
Twenterand
Hardenberg
Coevorden
Meppen
Lingen (Ems)
Rheine
Ochtrup
Gronau (Westfalen)
Ahaus
Steinfurt
Coesfeld
Borkenland
Berkelland
Bronckhorst
Brussel
Bruxelles
Anderlecht
Jette
Vilvoorde
Aalst
Waregem
Kortrijk
Gent
Brugge
Oostkamp
Geraardsbergen
Halle
Waterloo
Wavre
Braine-l'Alleud
Ottignies
Imagery ©2008 TerraMetrics, Mapdata ©20

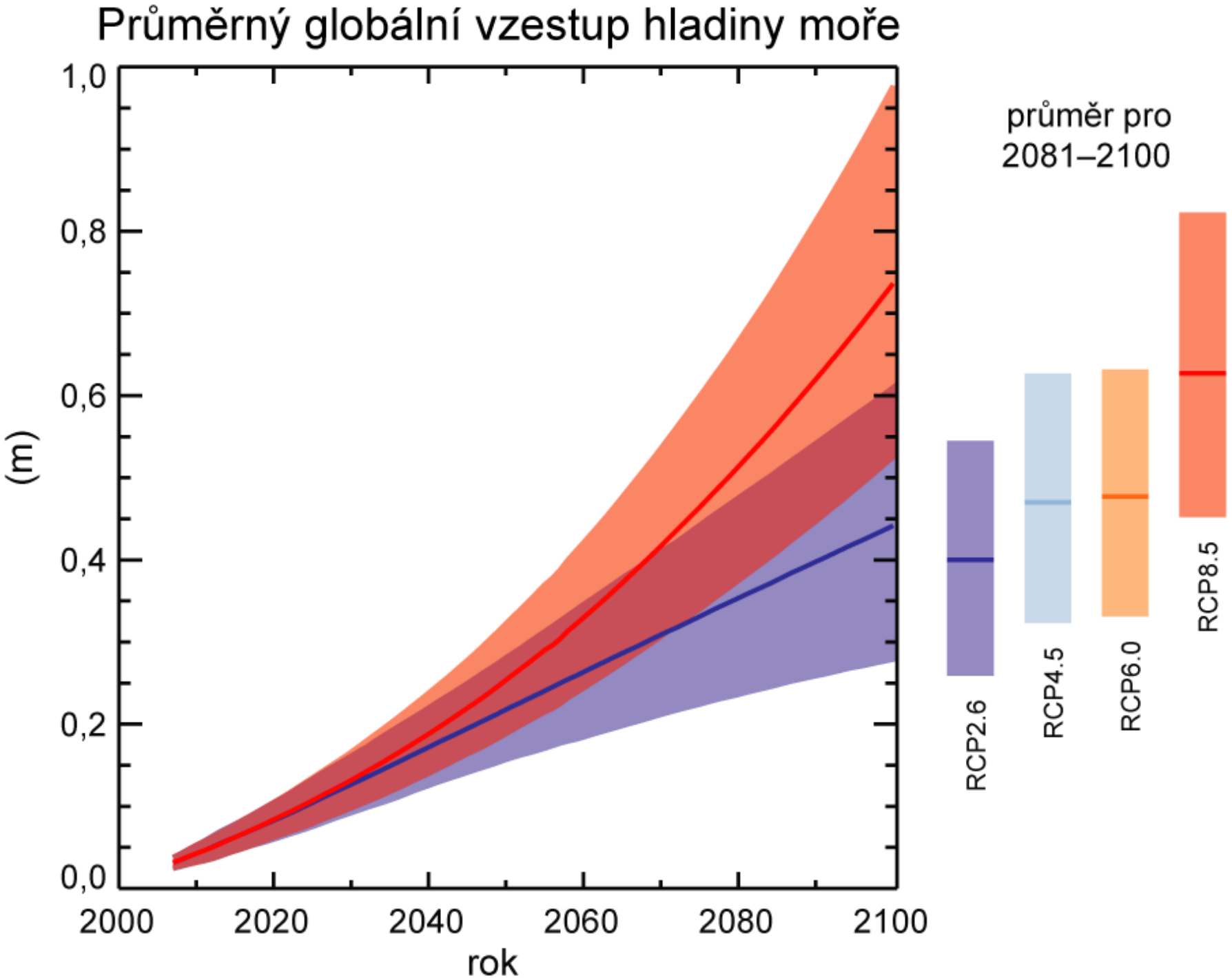
7 m
Amsterdam
Rotterdam
Brussel
Bruxelles
Haarlem
Hoorn
Alkmaar
Purmerend
Zaandam
Hoofddorp
Amstelveen
Hilversum
Amersfoort
Utrecht
Leiden
Den Haag
Zoetermeer
Delft
Schiedam
Spijkenisse
Dordrecht
Gouda
Zeist
Ede
Barneveld
Apeldoorn
Deventer
Zutphen
Arnhem
Nijmegen
Oss
Uden
Tilburg
Breda
Bergen op Zoom
Roosendaal
Eindhoven
Veldhoven
Geldrop
Deurne
Bakel
Venray
Venlo
Nettetal
Krefeld
Meerbusch
Ratingen
Düsseldorf
Neuss
Mönchengladbach
Viersen
Weert
Leudal
Turnhout
Antwerpen
Mol
Geel
Gent
Aalst
Vilvoorde
Jette
Anderlecht
Waterloo
Wavre
Tienen
Sint-Truiden
Hasselt
Genk
Maastricht
Heerlen
Kerkrade
Aachen
Geleen
Bilzen
Tongeren
Liège
Verviers
Stolberg (Rheinland)
Düren
Erftstadt
Zülpich
Bonn
Köln
Leverkusen
Bergisch Gladbach
Grevenbroich
Erkelenz
Echt
Pulheim
Bergheim
Hürth
Kerpen
Troisdorf
Königswinter
Hennef (Sieg)
Essen
Oberhausen
Duisburg
Moers
Bochum
Velbert
Hagen
Recklinghausen
Herne
Dorsten
Marl
Wesel
Borken
Bocholt
Dülmen
Haltern am See
Coesfeld
Münster
Enschede
Hengelo
Almelo
Hardenberg
Zwolle
Kampen
Lelystad
Emmeloord
Assen
Coevorden
Meppen
Lingen (Ems)
Nordhorn
Rheine
Steinfurt
Ahaus
Gronau (Westfalen)
Ochtrup
Losser
Dinkelland
Holten
Lochem
Berkelland
Doetinchem
Rheden
Oude IJsselstreek
Overbetuwe
Tiel
Veenendaal
Zeist
Kortrijk
Waregem
Geraardsbergen
Halle
Braine-l'Alleud
Ottignies
Mechelen
Heist-op-den-Berg
Beringen
Sint-Niklaas
Zundert
Woensdrecht
Terneuzen
Hulst
Bruges
Oostkamp
Tielt
Deinze
Oudenaarde
Ninove
Aalst
Vilvoorde
Waterloo
Wavre
Tienen
Halle
Geraardsbergen
Braine-l'Alleud
Ottignies
Imagery ©2008 TerraMetrics, Mapdata ©20

13 m

Holandské krávy připravené na globální oteplení!

Meze adaptace?

©Bill Hare


Průměrný globální vzestup hladiny moře
1,0
0,8
0,6
0,4
0,2
0,0
(m)
2000
2020
2040
2060
2080
2100
rok
průměr pro
2081–2100
RCP2.6
RCP4.5
RCP6.0
RCP8.5

„Malý“ posun střední hodnoty

ale ohromný nárůst extrémů

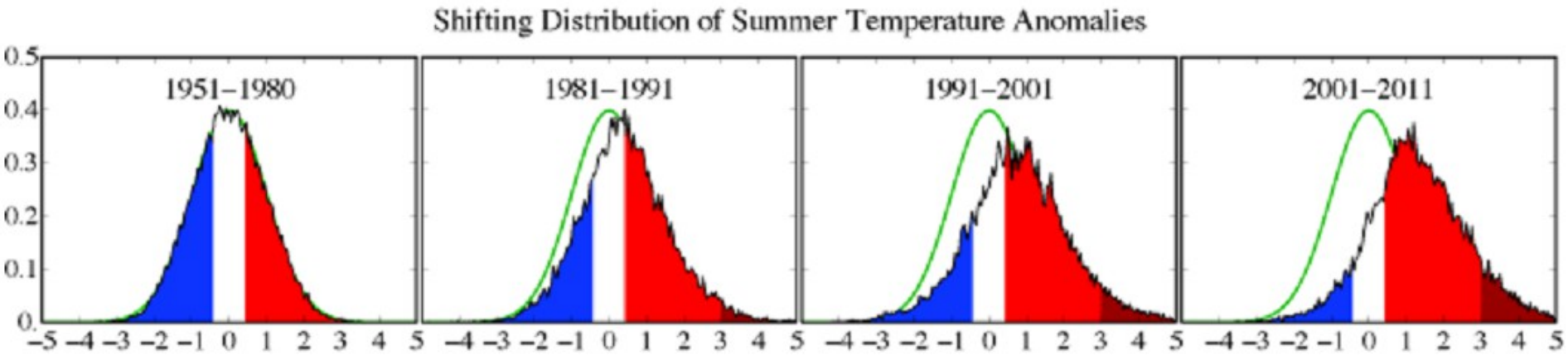
povodně

Rizika:
Extrémní události

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

- Větší srážky v přívalech !
- více povodní ?
- více such ?

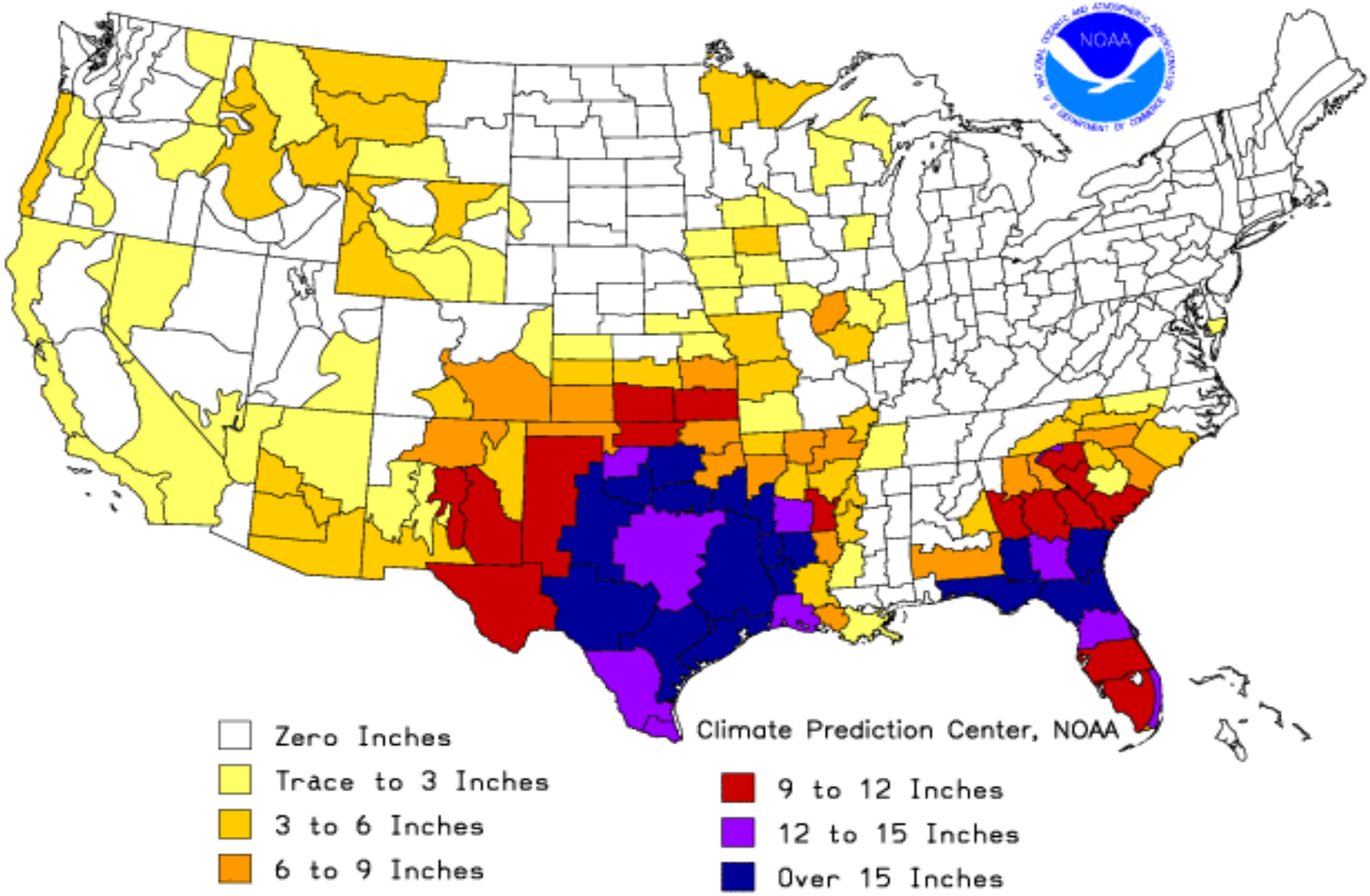
Problémem jsou >3-sigma extrémy, dnes už i 4 sigma

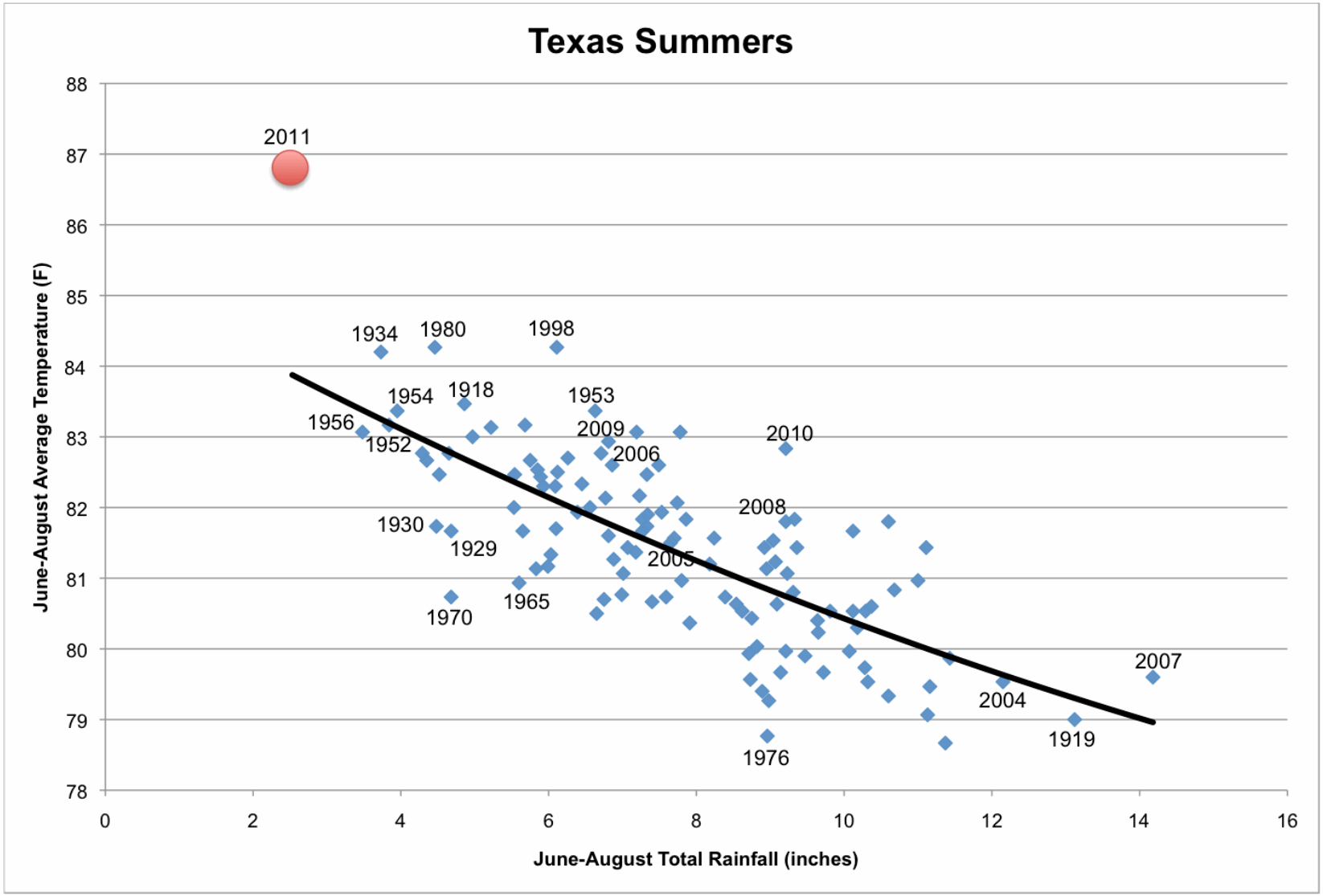


Additional Precip. Needed (In.) to Bring PDI to −0.5

Weekly Value for Period Ending OCT 1, 2011

Long Term Palmer Drought Severity Index (PDI)

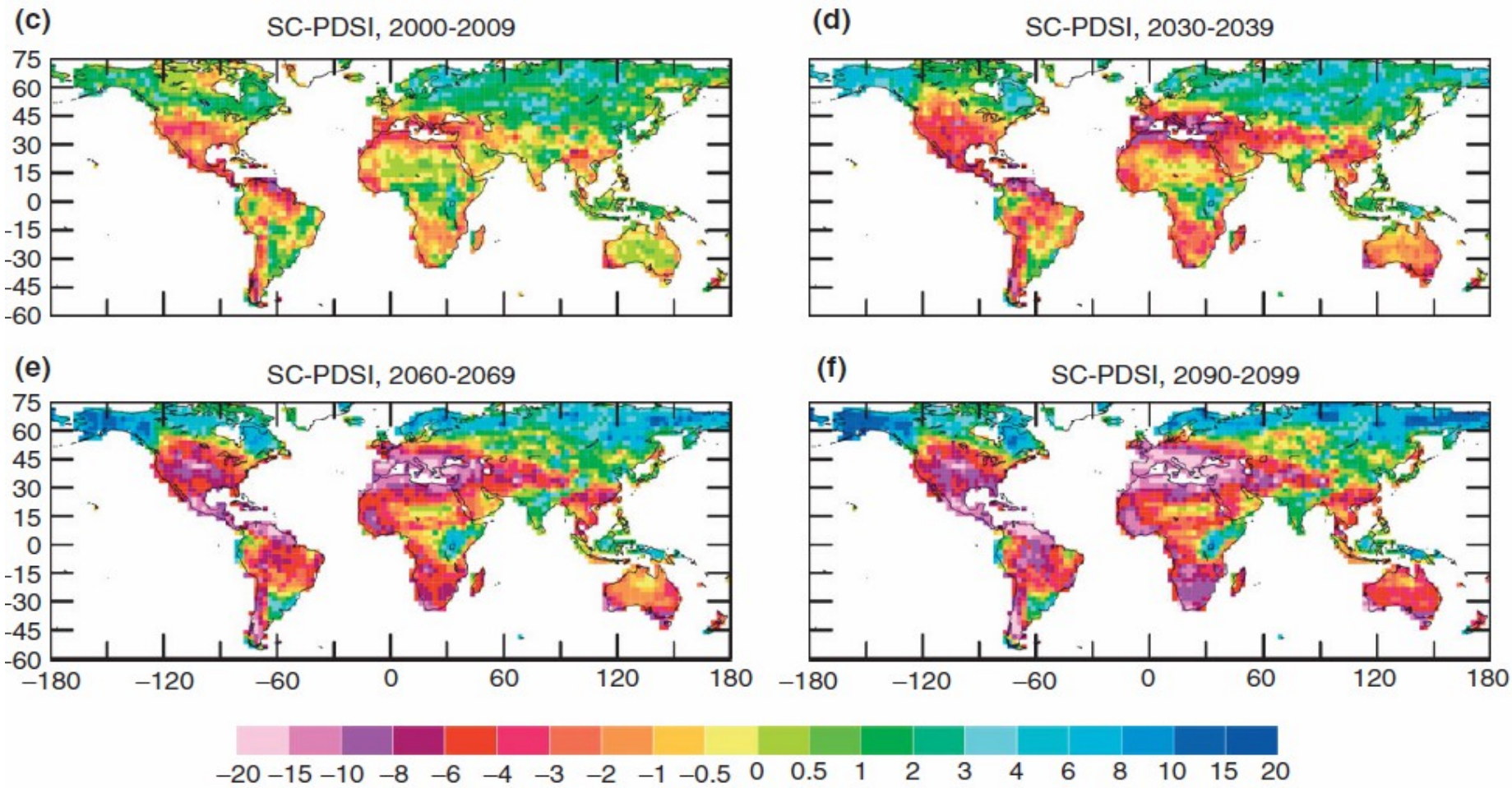



Texas Summers
June-August Average Temperature (F)
June-August Total Rainfall (inches)
88
87
86
85
84
83
82
81
80
79
78
0
2
4
6
8
10
12
14
16
2011
1934
1980
1998
1954
1918
1953
1956
1952
2009
2006
2010
2008
1930
1929
2005
1965
1970
2007
2004
1919
1976

Index vážnosti sucha
(již červená znamená extrémní sucho)

(22 modelů při vývoji dle SRES A1B)

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



13 m

Holandské krávy připravené na globální oteplení!

Meze adaptace?

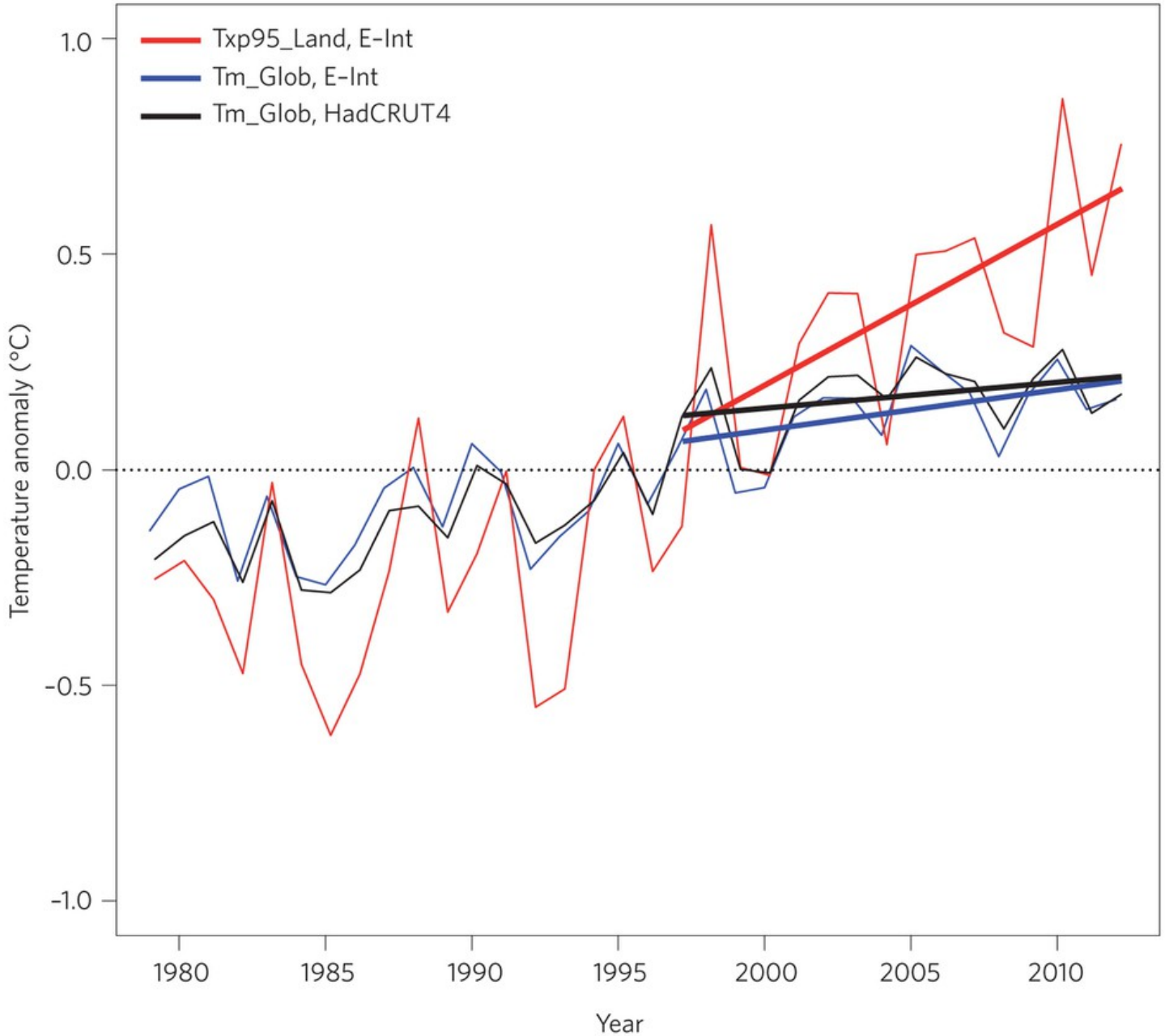
©Bill Hare

Sýrie – dlouholeté sucho

Jak jsou ohrožena středoevropské regiony

vlny veder a „smog“

povodně



Seneviratne et al.: No pause in the increase of hot temperature extremes . Nature Climate Change 4, 161–163 (2014)

Jak takové extrémy tlumit

světlé povrchy
(i suchá tráva na ploché střeše),

koruny velkých stromů
– mají-li dostatek vody

cisterny na dešťovou vodu

retence v povodí nad obcí

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.”

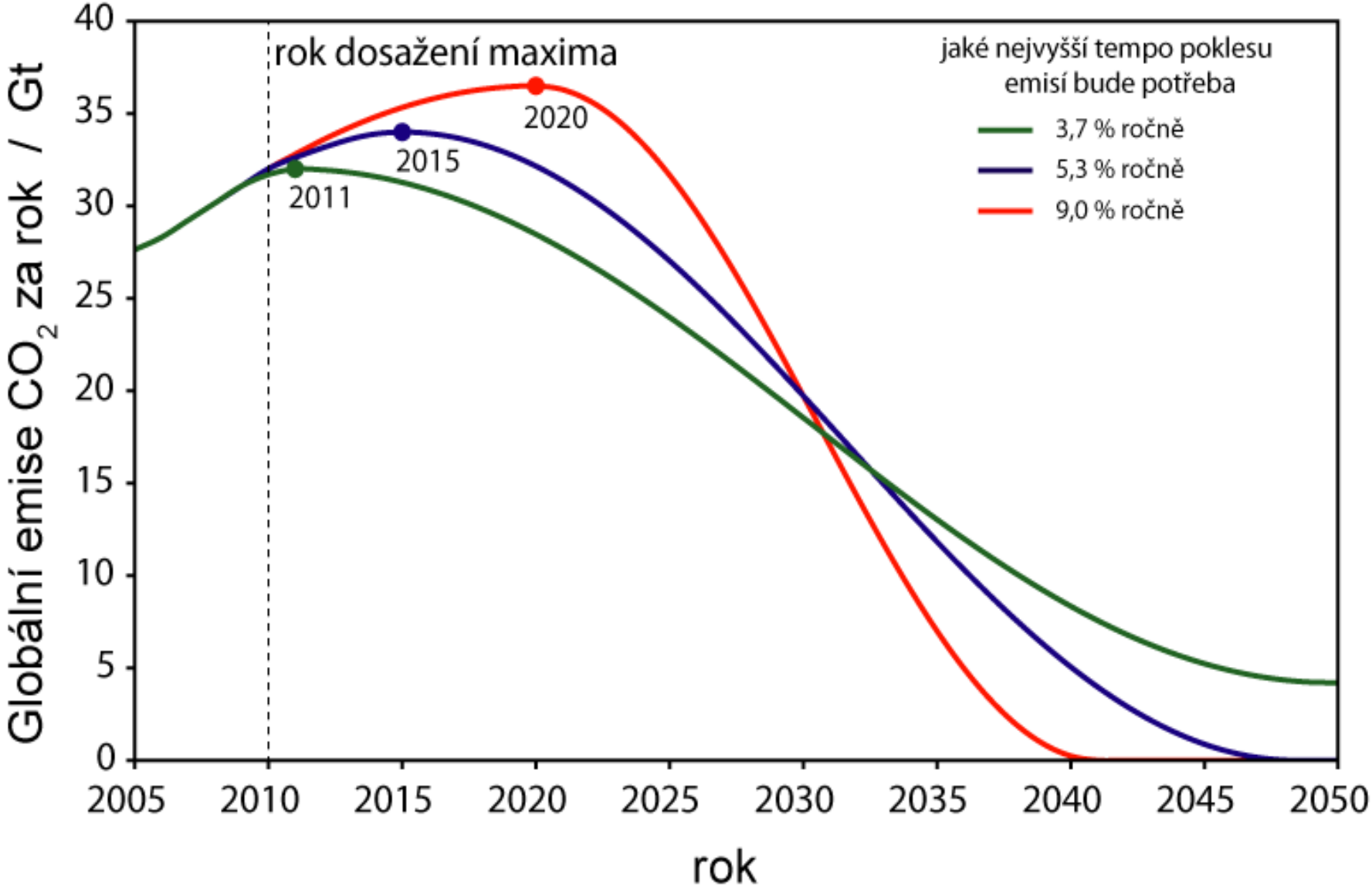
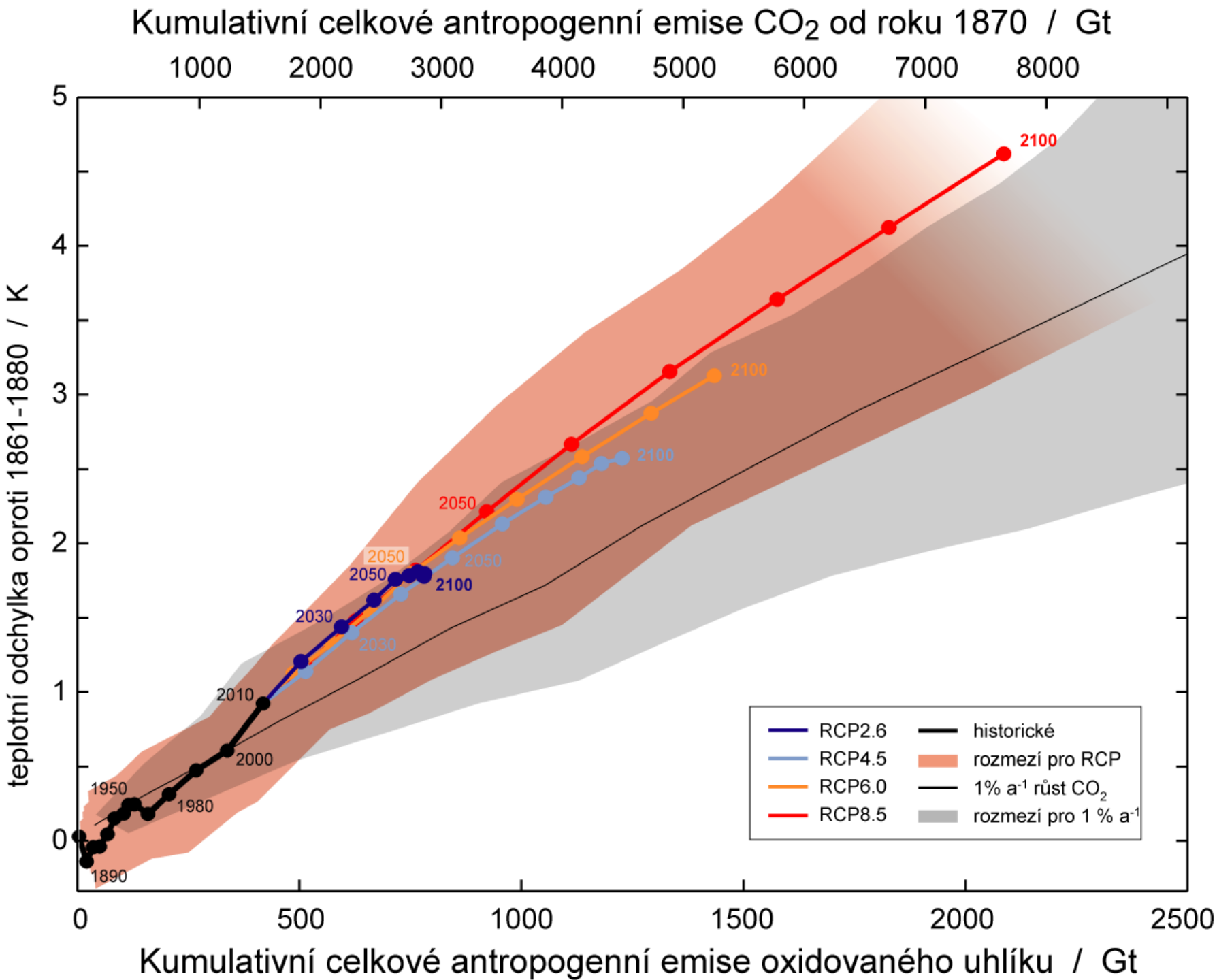


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 ºC


Kumulativní celkové antropogenní emise CO_2 od roku 1870 / Gt
1000
2000
3000
4000
5000
6000
7000
8000
teplotní odchylka oproti 1861-1880 / K
5
4
3
2
1
0
2100
2100
2100
2050
2050
2050
2050
2100
2030
2030
2010
2000
1950
1980
1890
RCP2.6
RCP4.5
RCP6.0
RCP8.5
historické
rozmezí pro RCP
1% a-1 růst CO2
rozmezí pro 1 % a-1
0
500
1000
1500
2000
2500
Kumulativní celkové antropogenní emise oxidovaného uhlíku / Gt

Čas zbývající pro nutné činy se rychle krátí

65 % uhlíkového rozpočtu slučitelného s cílem, aby oteplení nepřesáhlo 2 °C, již bylo vyčerpáno do roku 2012

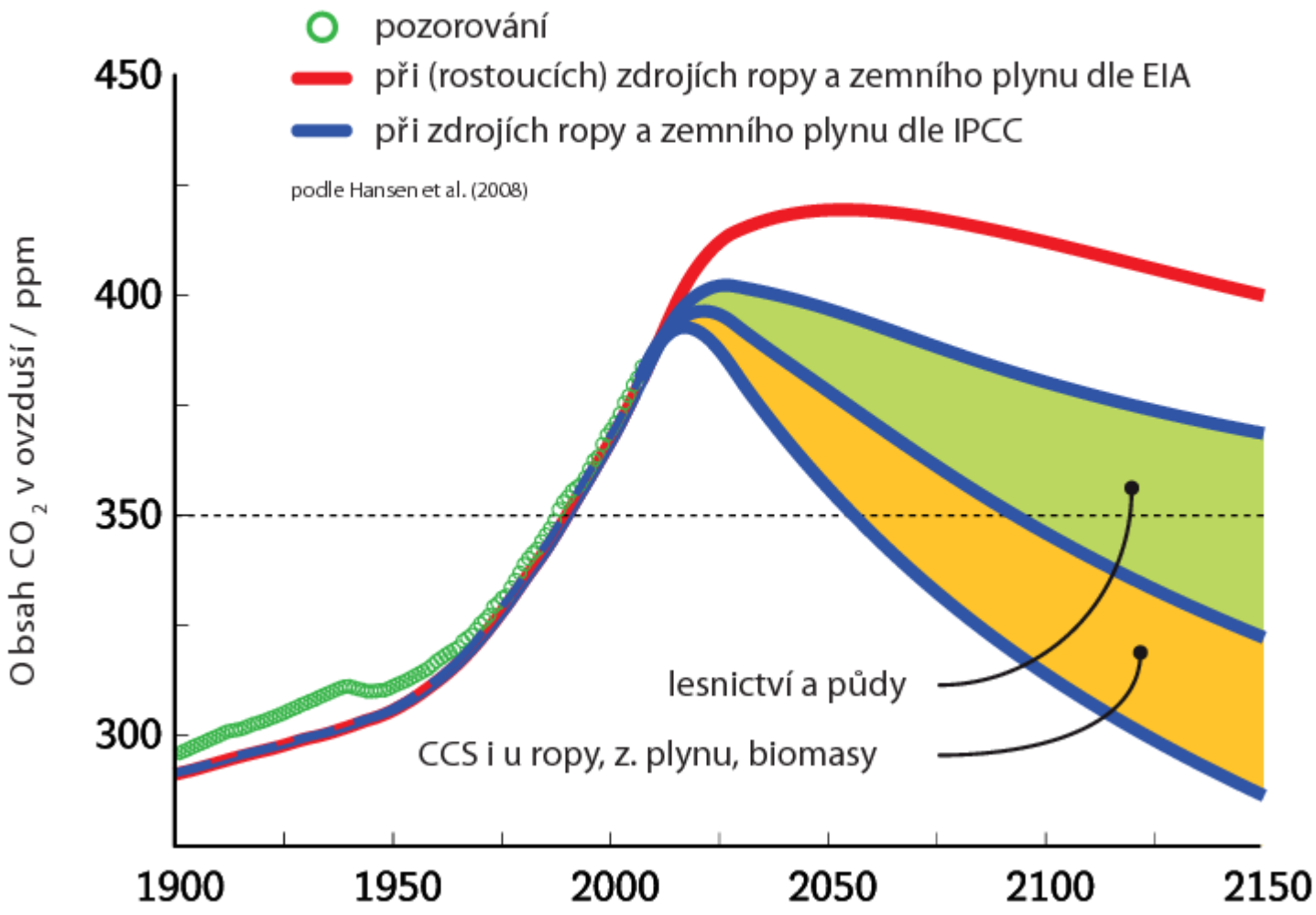
AR5 WGI SPM

ipcc
INTERGOVERNMENTAL PANEL ON climate change
WMO UNEP

Cíl pro CO_2:

< 350 ppm

Pro záchranu planety v podobě,
ve které se vyvinula civilizace


pozorování
při (rostoucích) zdrojích ropy a zemního plynu dle EIA
při zdrojích ropy a zemního plynu dle IPCC
podle Hansen et al. (2008)
Obsah CO_2 v ovzduší / ppm
450
400
350
300
1900
1950
2000
2050
2100
2150
lesnictví a půdy
CCS i u ropy, z. plynu, biomasy

Jak toho docílit

Zastavit růst osobní spotřeby v bohatých zemích

Snížit ji na polovinu té dnešní

Investovat do jejího snížení

a pokrytí obnovitelnými zdroji

Být tak modelem pro země chudé

A také jejich donorem

(Skoro) všechny **technologie už máme**

Žádné překvapivé už se **nenajdou**

Deploy, deploy, deploy, research, develop, deploy, **deploy**...

Výzva

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 opřená 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

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)

fond pro NNO | NROS | nadace partnerství | ICELAND LIECHTENSTEIN NORWAY eea grants