

**Globální oteplení po 20 letech:
Body zvratu nadosah**

**Global Warming 20 Years Later:
Tipping Points Near**

Jim Hansen

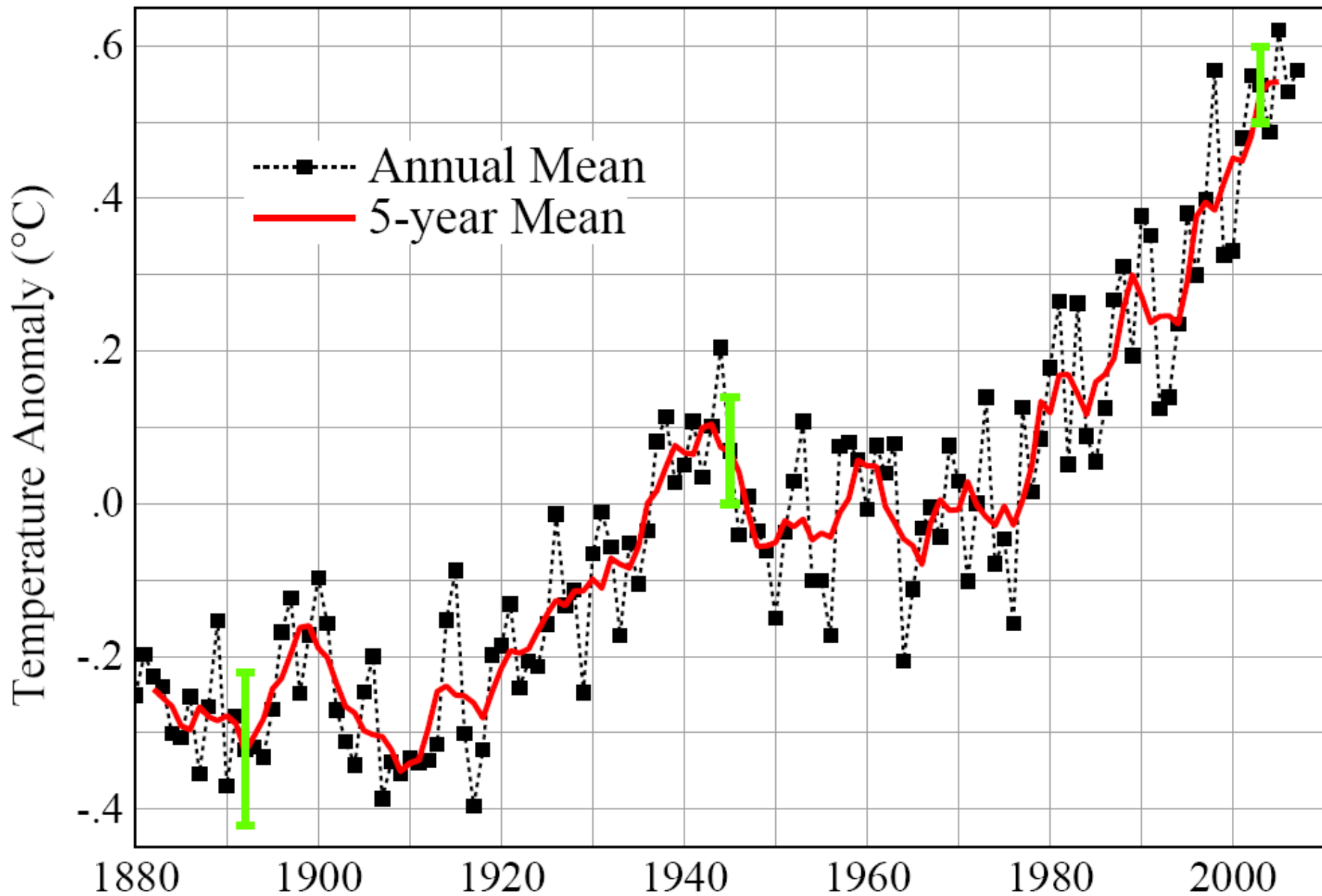
23 June 2008

**National Press Club, and
House Select Committee on
Energy Independence & Global Warming
Washington, DC**

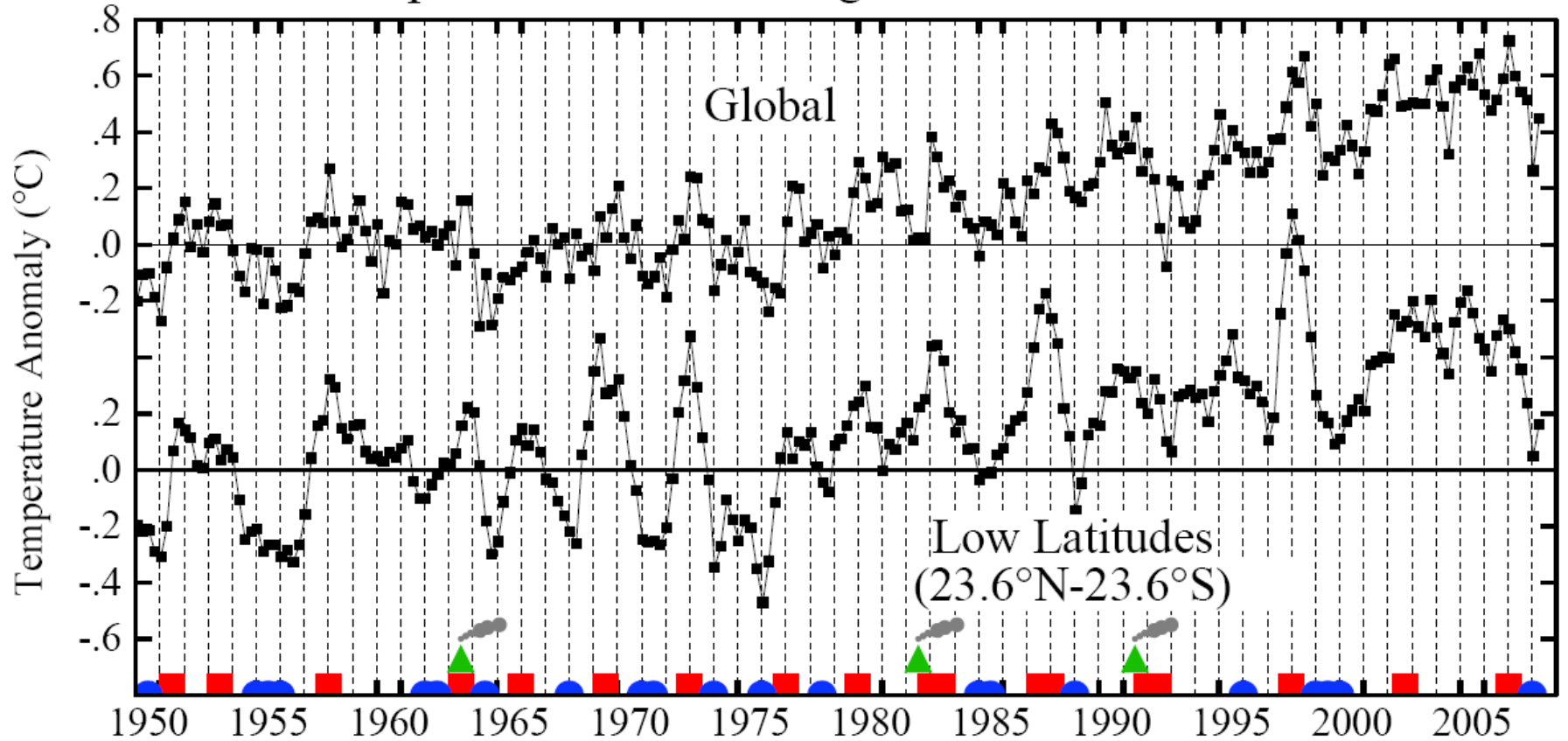
svědectví 1988: Závěry

- 1. V roce 1988 je Země teplejší než kdykoliv dříve v období, z něhož existují měření**
- 2. Globální oteplení je nyní dostatečně velké, abychom za jeho příčinu mohli označit s vysokým stupněm důvěry skleníkový jev**
- 3. Skleníkový jev je již dost velký, aby ovlivnil pravděpodobnost extrémních jevů, jako letních vln vedra**

Global Temperature Land-Ocean Index



Temperature Index Change at Seasonal Resolution



Základ svědectví

1988

1. Základní fyzika, studia planet a paleoklimatu
2. Pozorované probíhající změny klimatu
3. Klimatické modely

2008

1. Paleoklima: historie zemského klimatu
2. Globální pozorování klimatických procesů
3. Klimatické modely

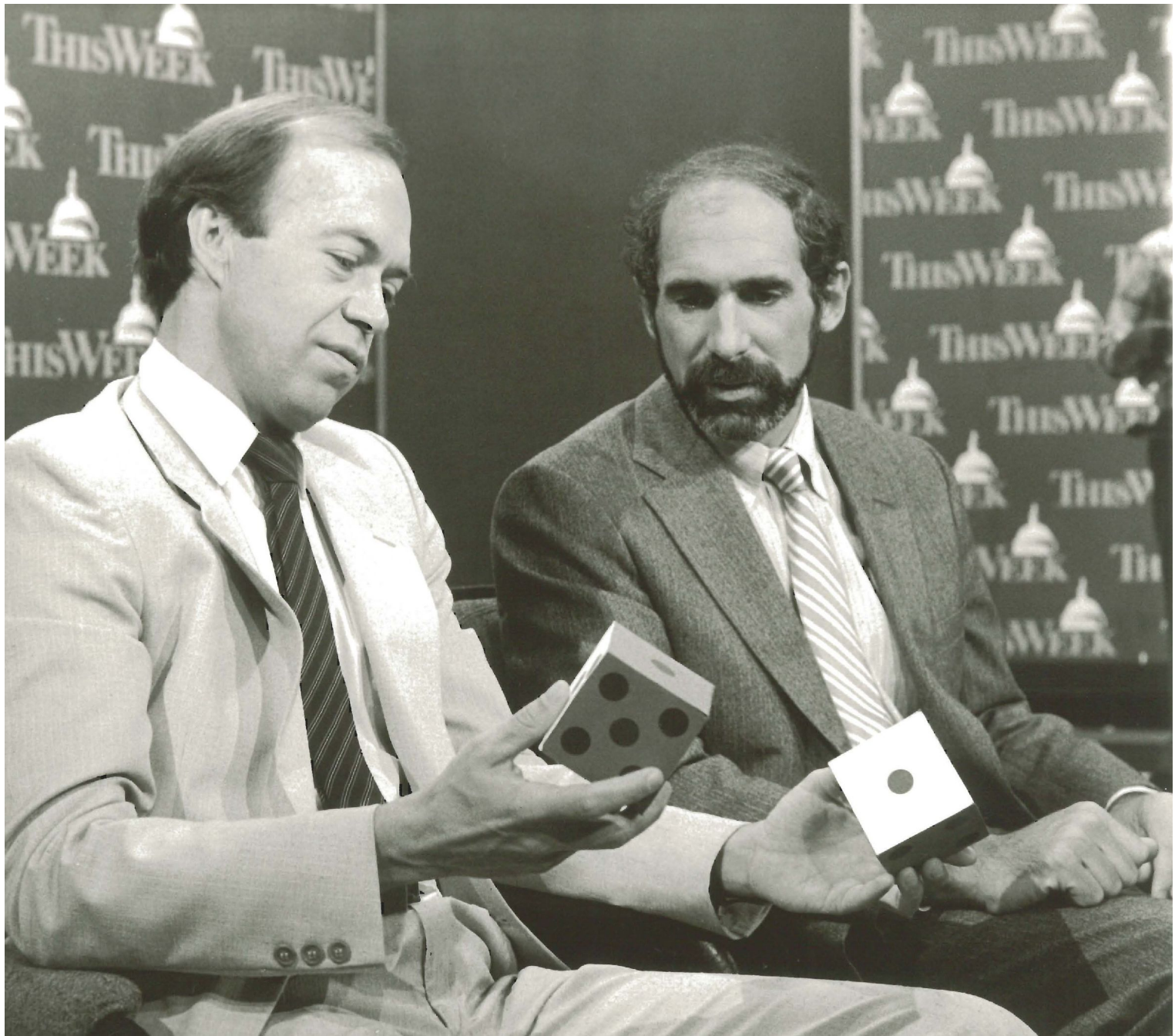
Hlavní chyby ve svědectví 1988

Nezdůraznilo oteplování oproti chaosu

- proměny počasí >> trend klimatu
- malá změna průměru má velké dopady

Nezdůraznilo, že globální oteplování zvyšuje oba extrémny vodního cyklu

- silnější sucha, vlny veder, požáry
- prudší srážky, větší záplavy, silnější bouře poháněné latentním teplem (bouřky, tornáda, tropické bouře)



Status globálního oteplení

1. Vědomostní propast mezi tím

- co se už zjistilo (věda)
- co je známo (veřejnost)

2. Naléhavost planetárního rozsahu

- setrvačnost → přichystané oteplení
- body zvratu → vymkne se to z rukou

3. Dobré a špatné zprávy

- bezpečná úroveň $\text{CO}_2 < 350$ ppm
- mnoho přínosů z řešení této úlohy

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

**United Nations
Framework Convention on Climate Change**

Aim is to stabilize greenhouse gas emissions...

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

Rozměry „nebezpečné“ změny

Vyhynutí živočišných a rostlinných druhů

1. vyhynutí polárních a alpinských druhů
2. neudržitelná tempa migrace

Rozpad ledových příkrovů: hladina oceánu

1. dlouhodobá změna dle paleodat
2. reakční doba ledových příkrovů

Regionální poruchy klimatu

1. častější extrémní události
2. posun vegetačních pásem / nouze o vodu

Cíl pro CO₂:

< 350 ppm

**Pro záchranu světa, planety na
níž se vyvinula civilizace**

Definice bodů zvratu

1. Hladina zvratu

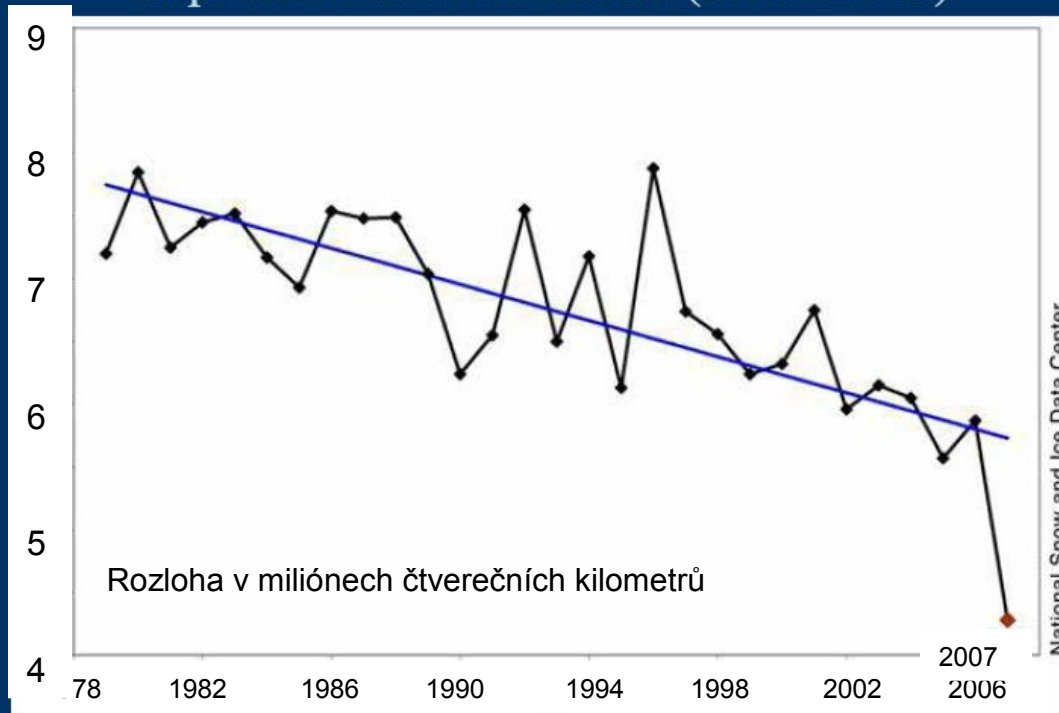
- radiační působení (obsah skleníkových plynů) dosáhne úrovně, kdy i bez zvýšení radiačního působení mohou nastat velké klimatické změny a dopady

2. Bod, z něhož není návratu

- klimatický systém ve stavu, kdy přijdou nezadržitelné nevratné klimatické dopady (nevratné v praktickém časovém měřítku)
Příklad: rozpad velkého ledového příkrovu

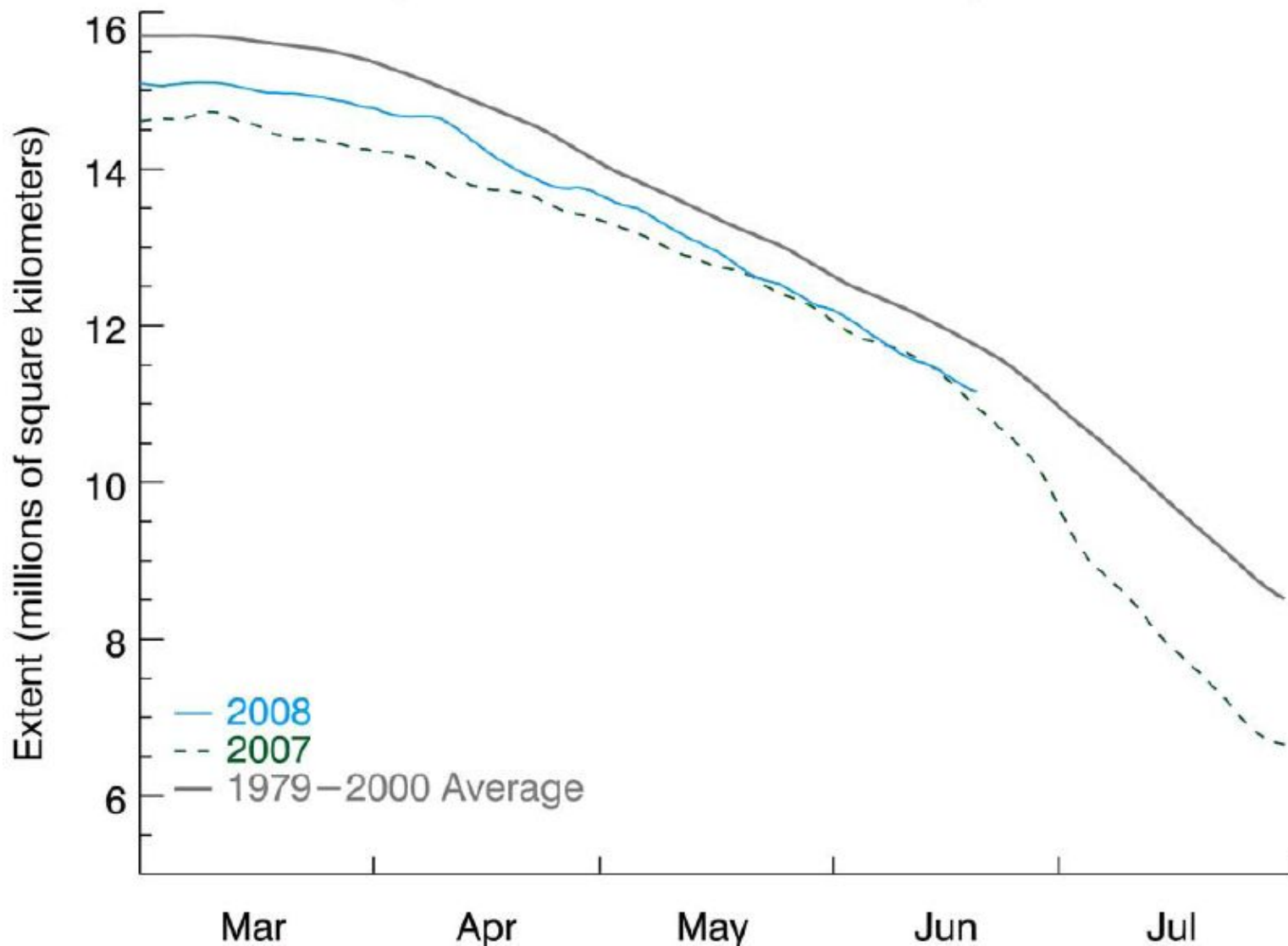
2007 Sea ice conditions in context

September Sea Ice Extent (1979–2007)



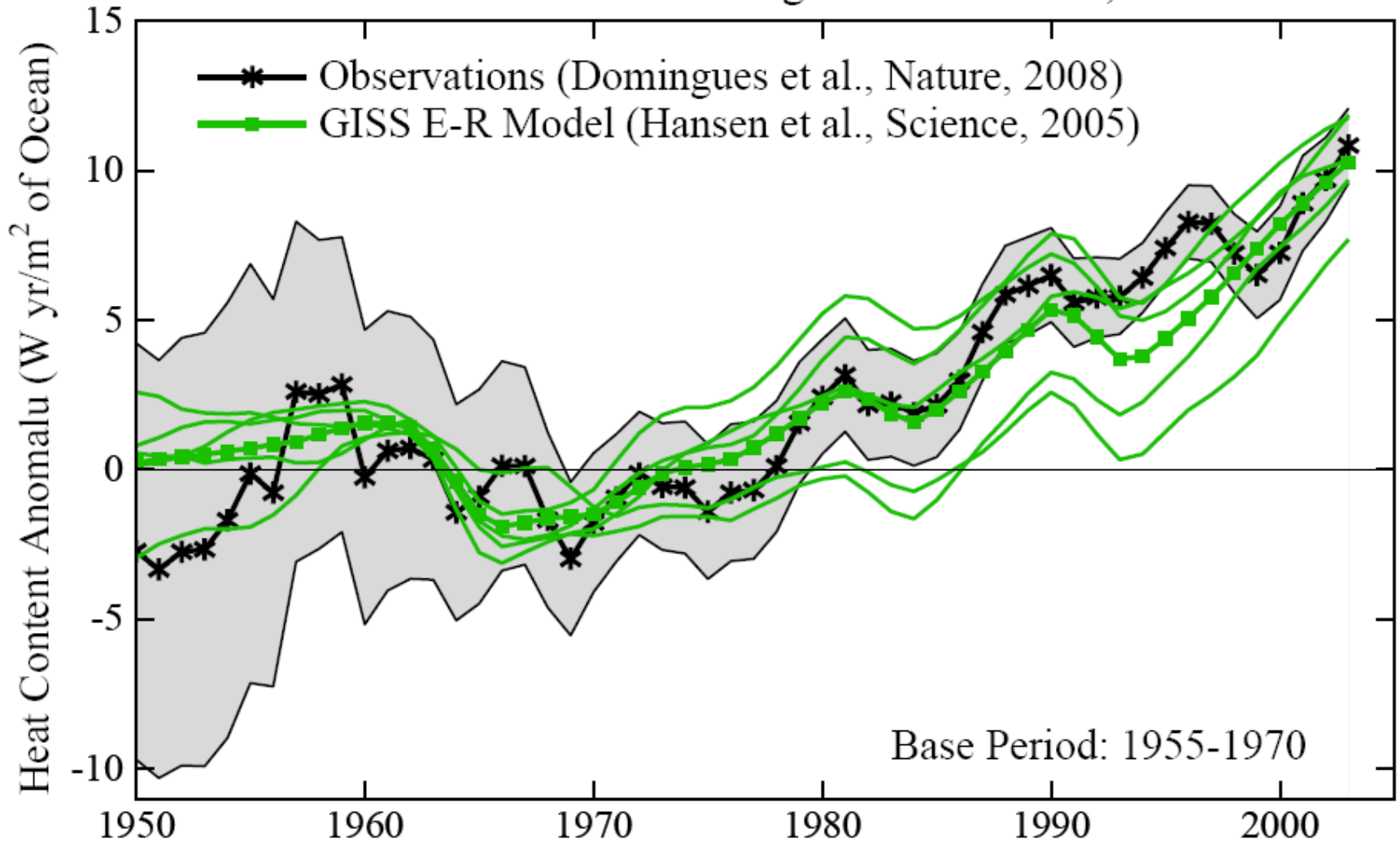
September 2007
4.28 million km²

Arctic Sea Ice Extent (Area of ocean with at least 15% sea ice)



National Snow and Ice Data Center, Boulder CO

Global Ocean Heat Content Change: Above 700 m, 3-Year Mean



Observations: Domingues, C.M. et al., Nature 453, 1090-1093, 2008.
Model: Hansen, J. et al., Science 308, 1431-1435, 2005.

Kritérium pro arktický mořský led*

1. Obnovení energetické rovnováhy Země

→ CO₂: 385 ppm → 325-355 ppm

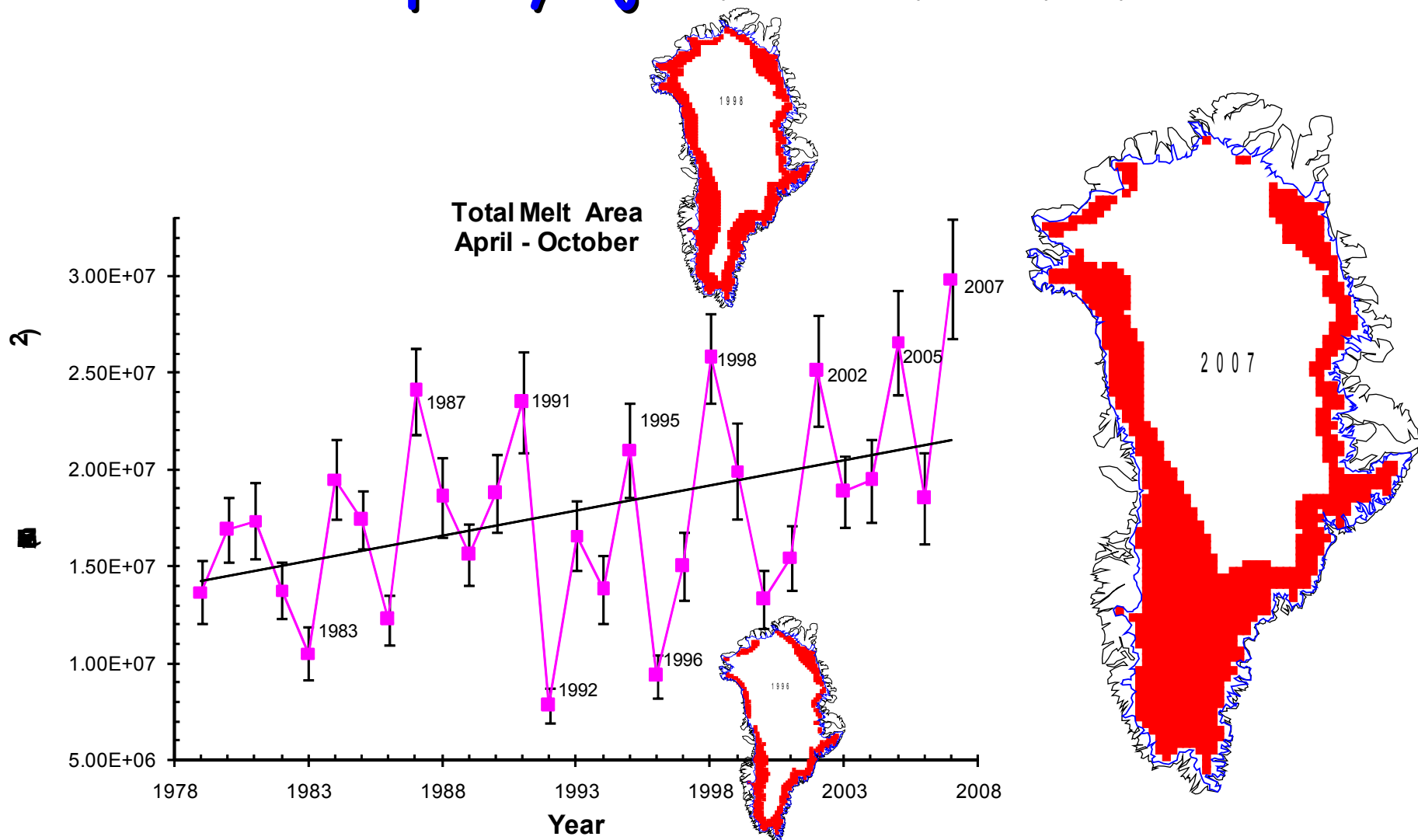
2. Návrat mořského ledu: nutno -0,5 W/m²

CO₂: 385 ppm → 300-325 ppm

Rozsah odhadů je působen nejistotou současné energetické bilance planety (mezi 0,5 W/m² a 1 W/m²)

* Za předpokladu, že se ostatní radiální působení vyvažují

Rozloha oblasti tání - hodnota pro rok 2007 převyšuje minulé maximum o 10%



Tání na povrchu Grónska

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



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

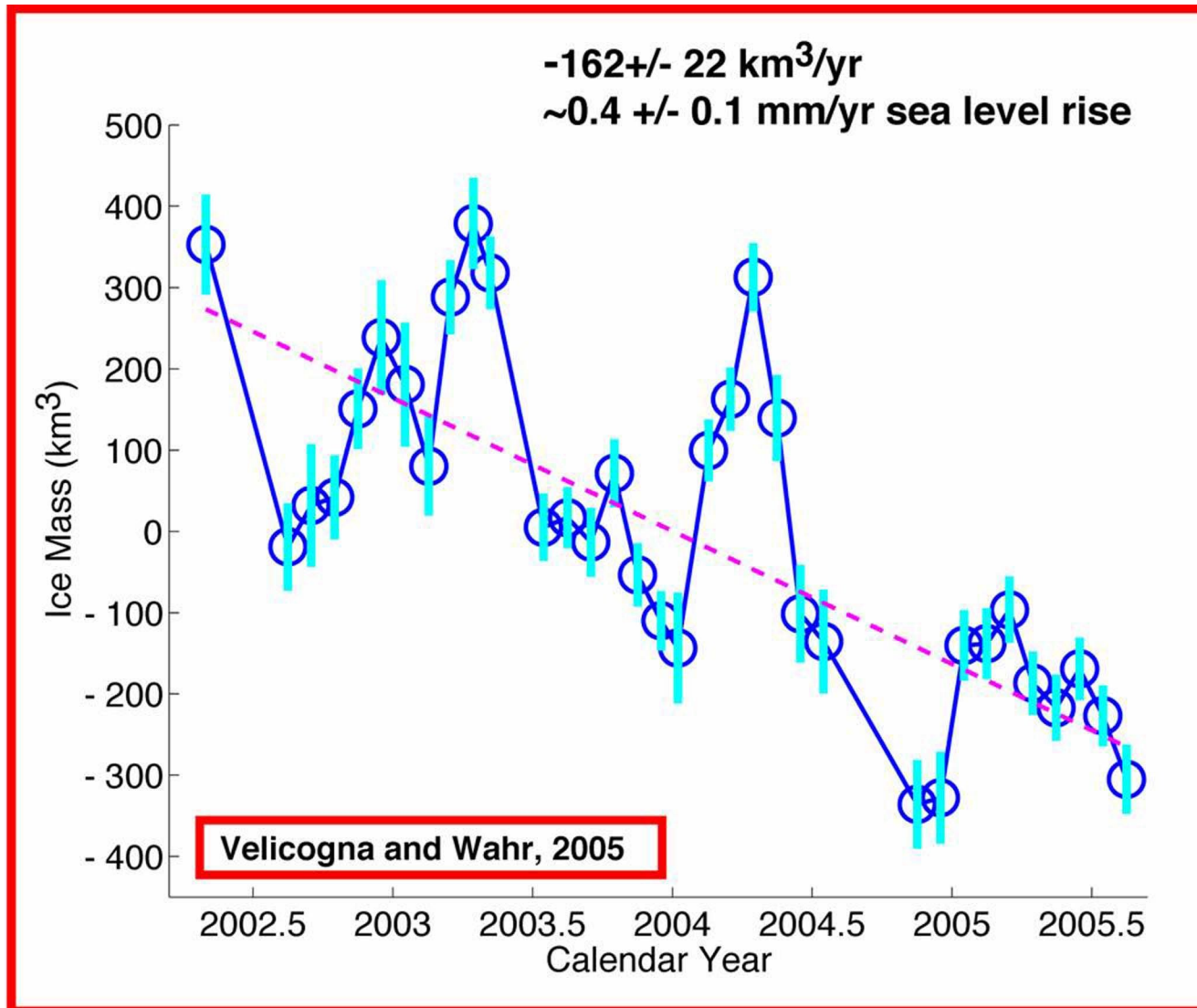
Ledový proud Jakobshavn v Grónsku

Odtok z velkých grónských ledových proudů se značně zrychluje

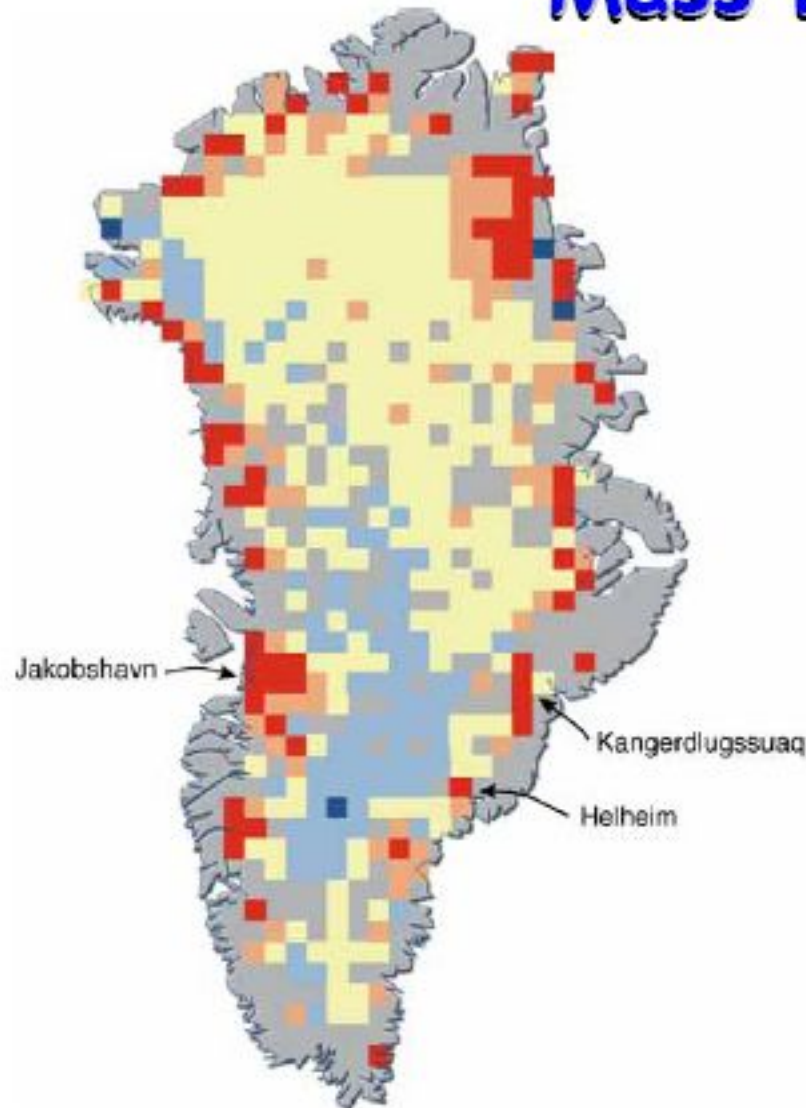


*Zdroj: Prof. Konrad Steffen,
Univ. of Colorado*

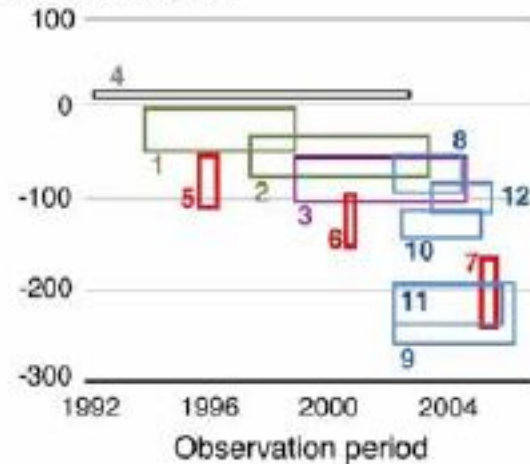
Úbytek ledu Grónska – satelitní grav. měření



Mass Balance of Greenland



Rate of mass increase (Gt/year)



Surface-elevation change (cm/year)



365 Gt/year = 1 mm SLR

Greenland ice-sheet: rate of change from airborne laser-altimeter surveys (green), airborne/satellite laser-altimeter surveys (purple), mass-budget calculations (red), temporal changes in gravity (blue).

Sources (corresponding to numbers on rectangles): 1 and 2 Krabill and others 200016 and 2004[; 3 Thomas and others 200617; 4 Zwally and others 20055; 5 to 7 Rignot and Kanagaratnam 200618; 8 and 9 Velicogna and Wahr 2005[and 2006b; 11 Chen and others 2006[; 10 Ramillien and others 200632; 12 Luthke and others 2006[

Kritérium hladiny oceánu*

1. Minulé meziledové doby

→ $\text{CO}_2 < \sim 300 \text{ ppm}$

2. Období třetihor

→ $\text{CO}_2 < \sim 300 \text{ ppm}$

3. Pozorování ledových štítů

→ $\text{CO}_2 < 385 \text{ ppm}$

* Předpokladem je přibližná rovnováha mezi non- CO_2 radiačními působeními

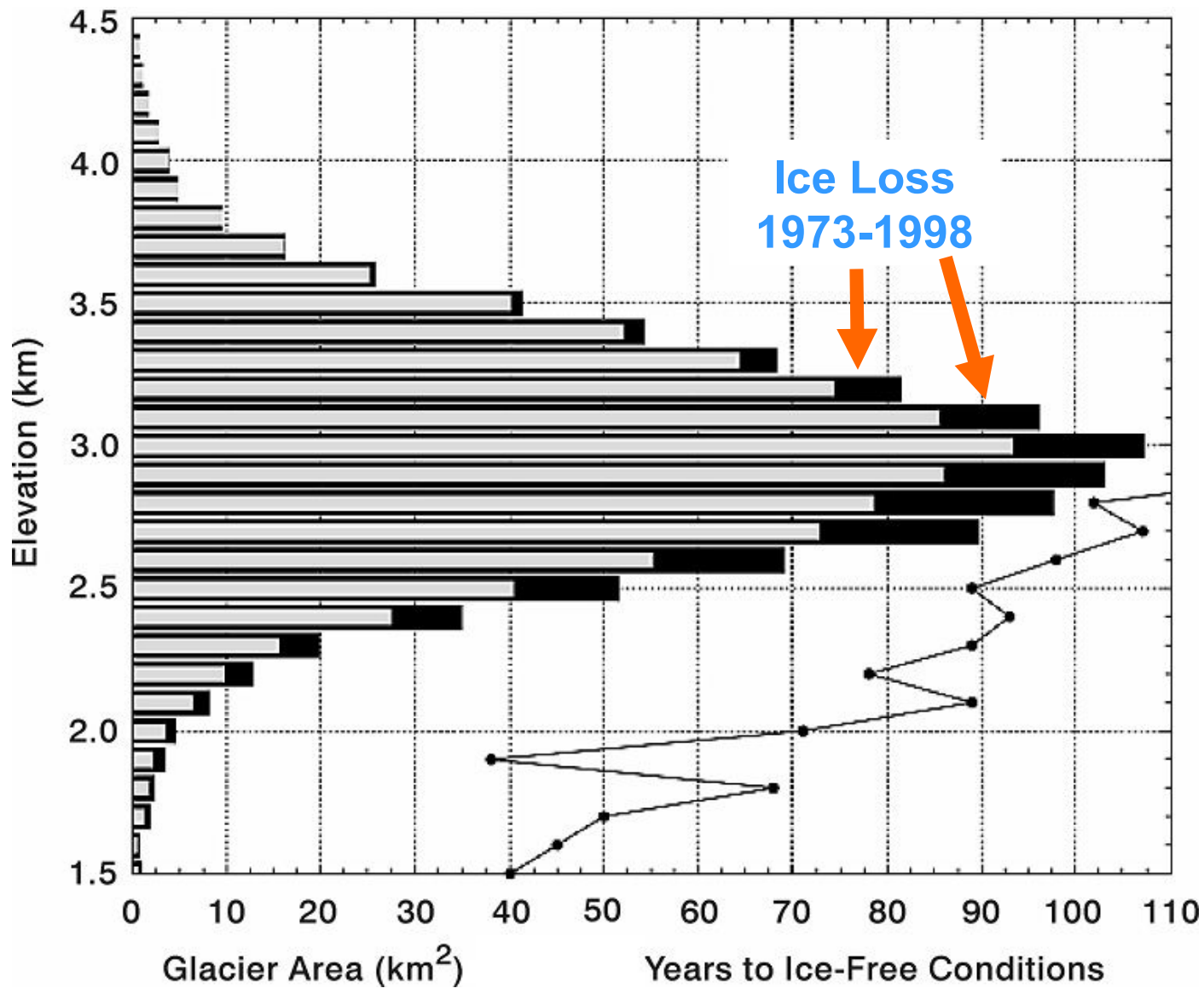


Molo na jezeru Mead.

Ledovec Rongbuk



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



Černě: ztráta ledu od r. 1973 do 1998. Křivka: roky do zániku tímto tempem.

Stresy na korálové útesy



Útes poblíž Fiji (Foto: Kevin Roland)

Posouzení cílové koncentrace CO₂

Jev či úkol

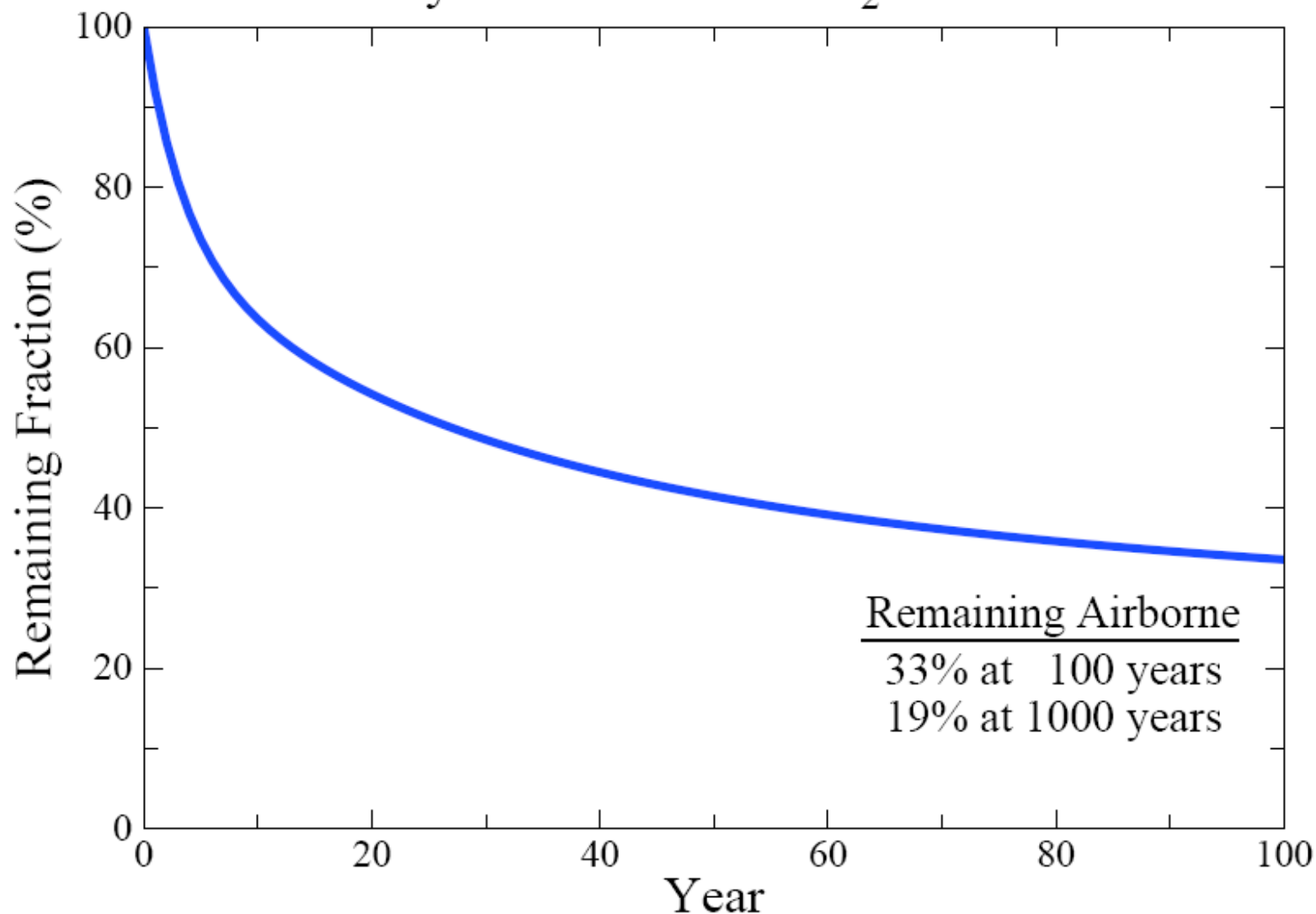
Cíl pro CO₂ / ppm

- | | |
|--------------------------------|---------|
| 1. Arktický mořský led | 300-325 |
| 2. Ledové štíty / hladina moří | 300-350 |
| 3. Posun klimatických zón | 300-350 |
| 4. Zásobování vodou z hor | 300-350 |
| 5. Zabránit okyselení oceánu | 300-350 |

→ Počáteční cíl pro CO₂ = 350* ppm

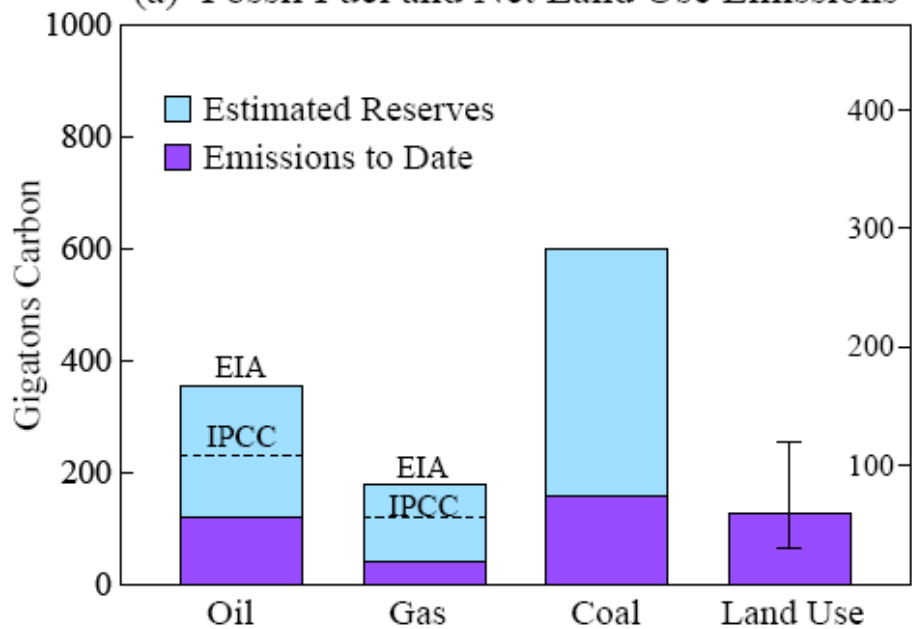
*pokud ubude CH₄, O₃ a sazí

Decay of Fossil Fuel CO₂ Emission

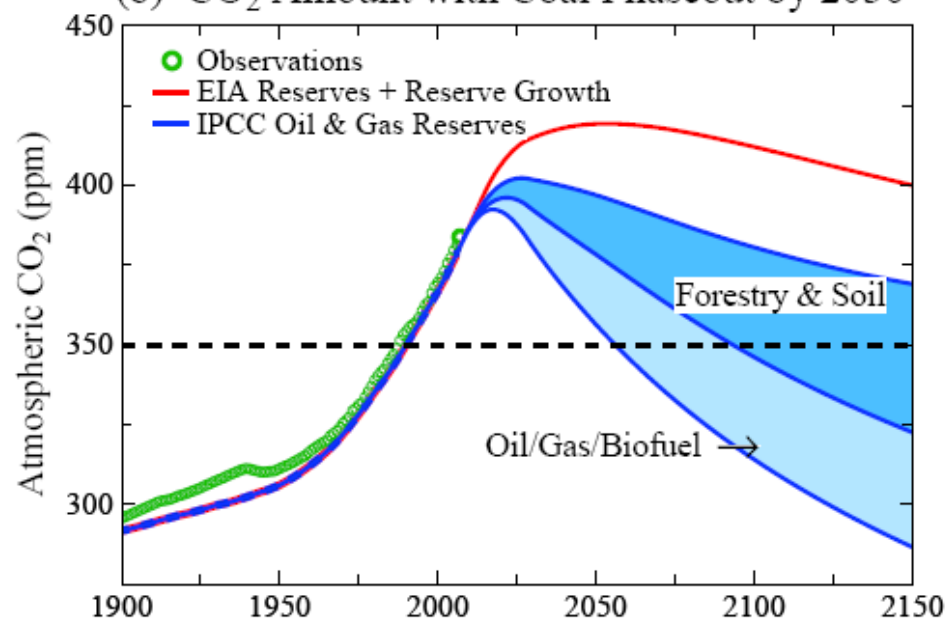


Podíl CO₂ zůstávajícího v ovzduší poté, co je emitován z fosilních paliv, zprvu rychle klesá, ale 1/3 zůstává v ovzduší i za sto let a 1/5 i za tisíc let (*Atmos. Chem. Phys.* **7**, 2287-2312, 2007).

(a) Fossil Fuel and Net Land Use Emissions



(b) CO₂ Amount with Coal Phaseout by 2030



Počáteční cíl CO₂: 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)

Uplatnění „svobodné vůle“

1. Opuštění uhelných emisí CO₂

- do 2025 / 2030 pro rozvinuté / rozvojové země

2. Stoupající cena uhlíku

- působí proti využití nekonvenčních fosilních paliv a vytěžení veškeré ropy (v Arktidě atd.)

3. Ukládání CO₂ v půdě a biosféře

- zlepšené postupy zemědělské a lesnické

4. Snížení non-CO₂ radiačních působení

- úbytek CH₄, O₃, stopových plynů, sazí

Uhlíková daň a 100% dividenda

- 1. Daň velká a rostoucí (ale nejdoucí pryč!)**
 - využití potenciálu úspor a voleb životního stylu
- 2. Celá daň se vrací**
 - všem stejné měsíční úložky na bankovní účty
- 3. Omezená role vlád**
 - dát ruce pryč od těchto peněz!
 - vyloučit podpory fosilních paliv
 - nechat trh, ať vybere vítěze
 - změnit ziskovou motivaci elektráren
 - hledět, jak se USA modernizují a emise klesají!

Klíčové prvky při transformaci

Elektrická síť s nízkými ztrátami

**Čistá energie 2020 (západ) až 2030
umožní, že obnovitelné zdroje převáží**

Uhlíková daň a 100% dividenda

Daň při prvním prodeji uhlí/ropy/plynu

Může růst a spustit transformace

**“100 % nebo boj! Ne botám z krokodýlí
kůže!”**

Základní konflikt

zájmy obchodu s fosilními palivy
oproti
mladým lidem a přírodě (zvířatům)

Fosilní zájmy: „shůry daný“ fakt, že
všechna fosilní paliva budou spálena
(žádná svoboda volby)

Mládež: Hej! Ne tak zhurta! Nechte
nám pěknou planetu!

Jaké jsou šance?

Fosilní zájmy: mají vliv v hlavních městech celého světa

Mladí lidé: musí se organizovat, přibrat další (rodiče aj.), ovlivnit volby

Zvířata: stěží pomohou (nevolí, nemluví)

Výzva

**Můžeme se vyhnout zničení světa!
(+ čistší planeta, + dobrá práce!)**

**Někdy musíme přijít na to, jak žít
bez fosilních paliv...**

Proč ne teď?

Web Site

www.columbia.edu/~jeh1

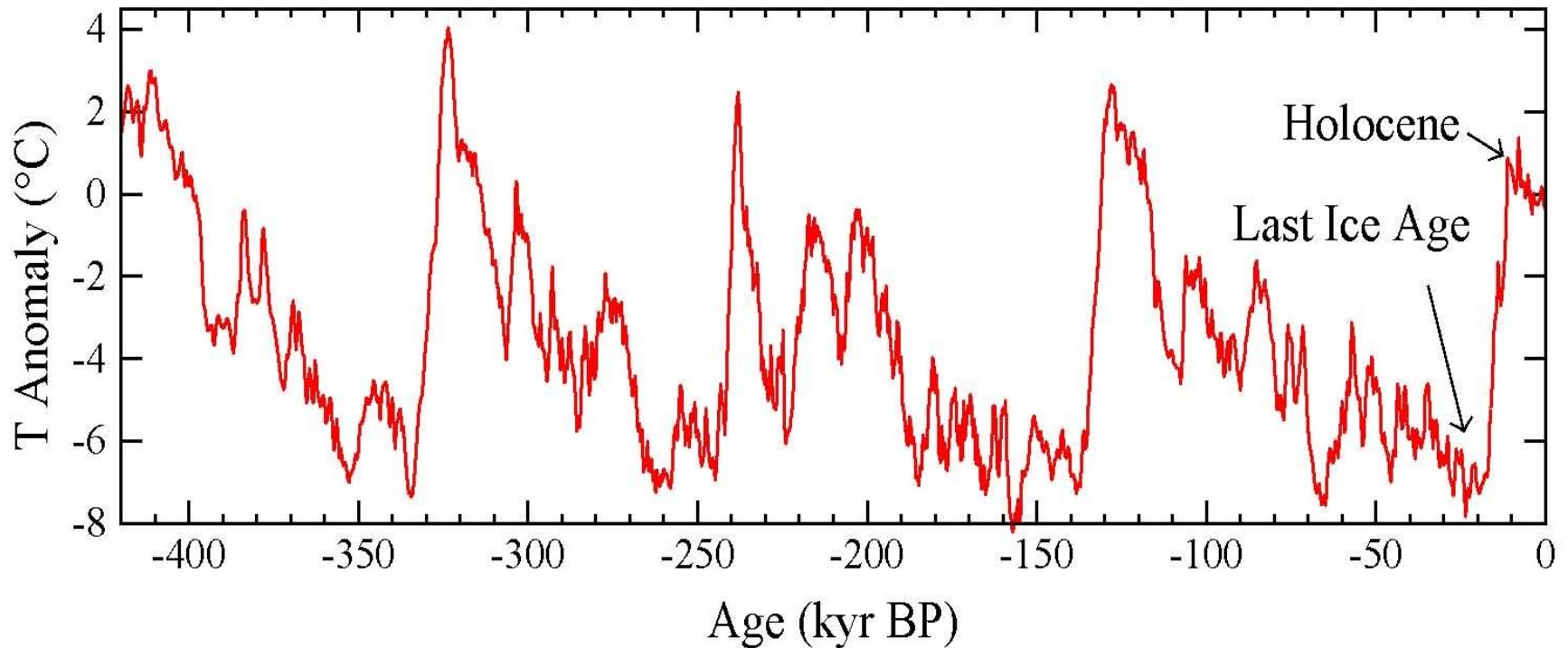
zahrnuje

**Globální oteplení po dvaceti letech: Body
zvratu nadosah (toto vystoupení)**

(cz: <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen>)

**Target Atmospheric CO₂: Where Should
Humanity Aim?**

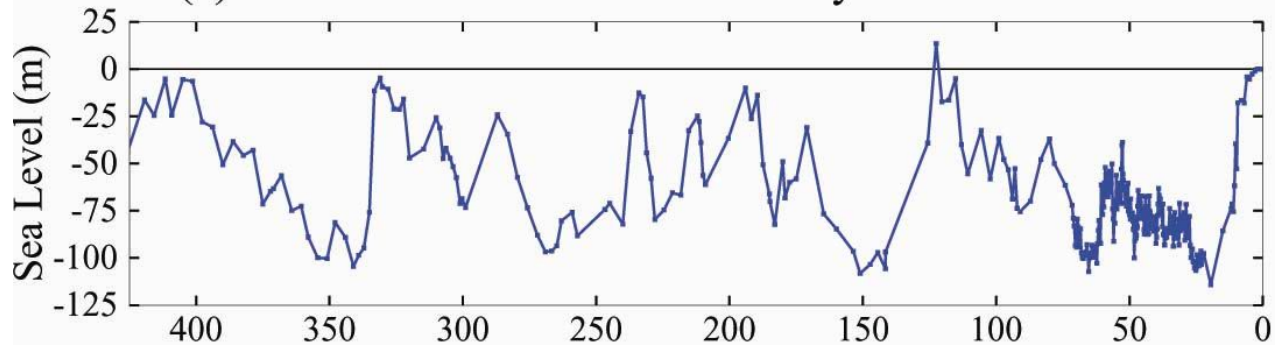
Antarctic (Vostok) Temperature



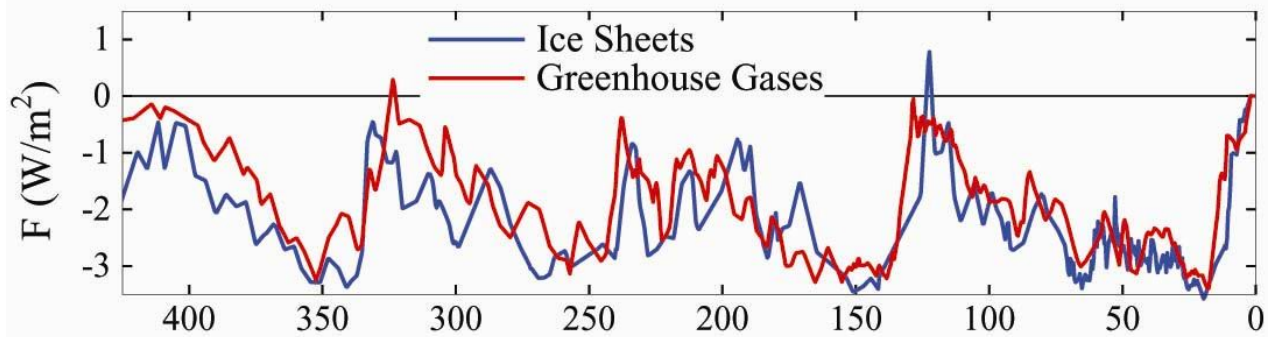
Minulost Země dává ty nejdůležitější informace o globálním oteplování.

Známa historie lidstva se odehrála v teplém období zvaném holocén.

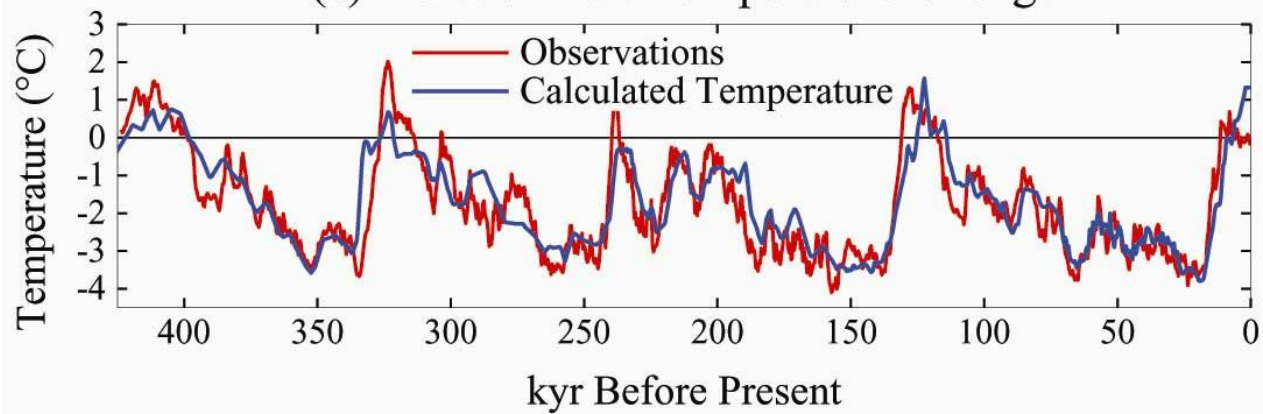
(a) Sea Level from Red Sea Analysis of Siddall et al.



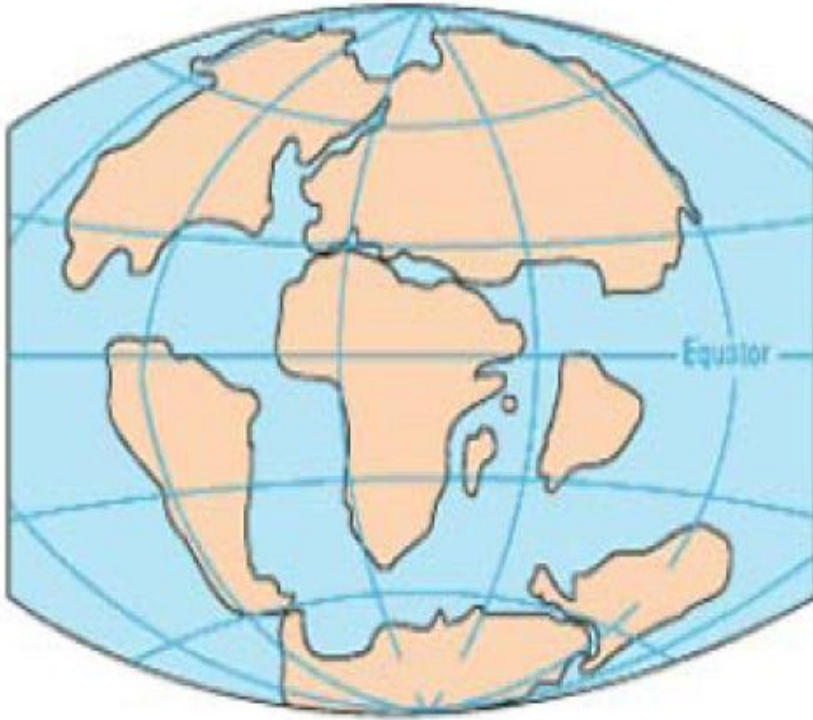
(b) Climate Forcings



(c) Paleoclimate Temperature Change



Třetihory a čtvrtohory



před 65 milióny let



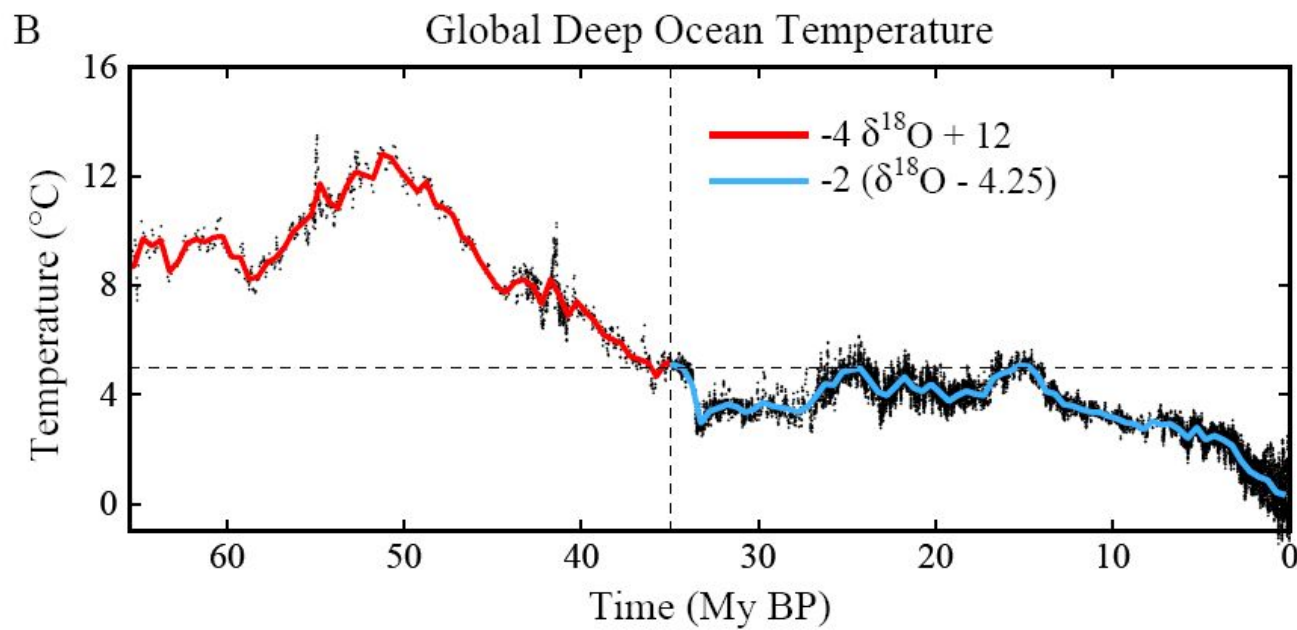
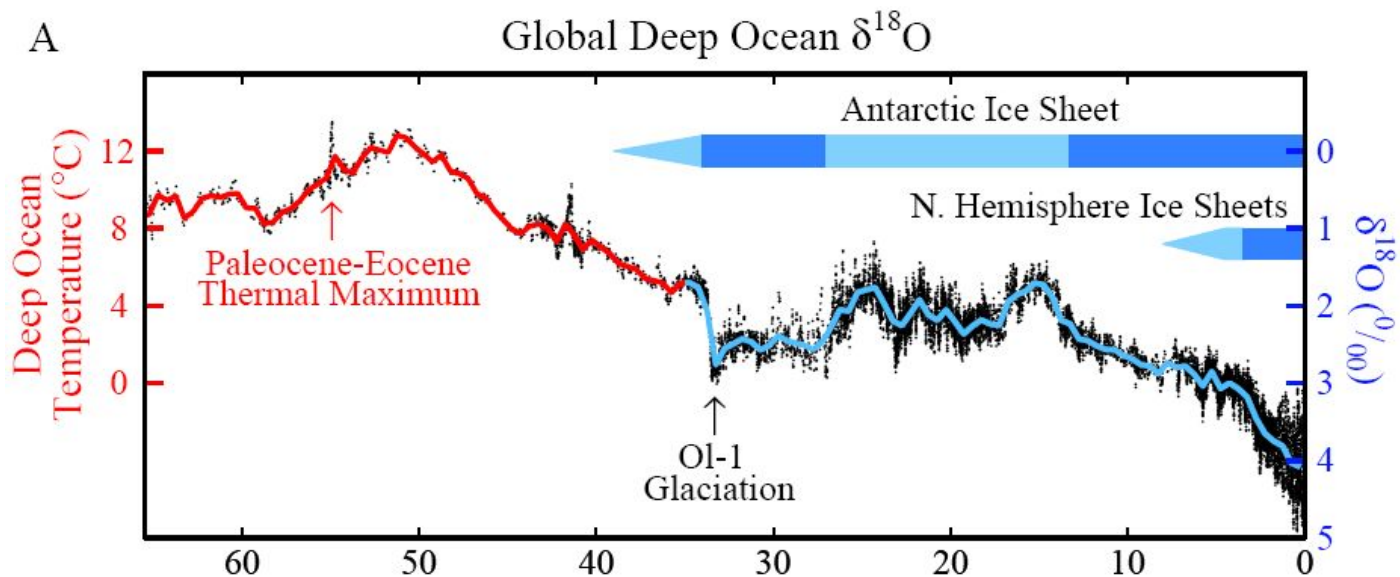
současnost

Radiační působení na globální klima

vnější (oslunění Země): $+1 \text{ W/m}^2$

povrch (rozmístění kontinentů): $\sim 1 \text{ W/m}^2$

ovzduší (změny CO_2): $> 10 \text{ W/m}^2$



Shrnutí: třetihory a čtvrtohory

1. Hlavní působení: přírodní ΔCO_2

- tempo ~ 100 ppm/Ma (0,0001 ppm za rok)
- antropogenní tempo dnes: ~ 2 ppm za rok

Pomalé geologické změny lze dnes zanedbat

2. Citlivost klimatu je vysoká

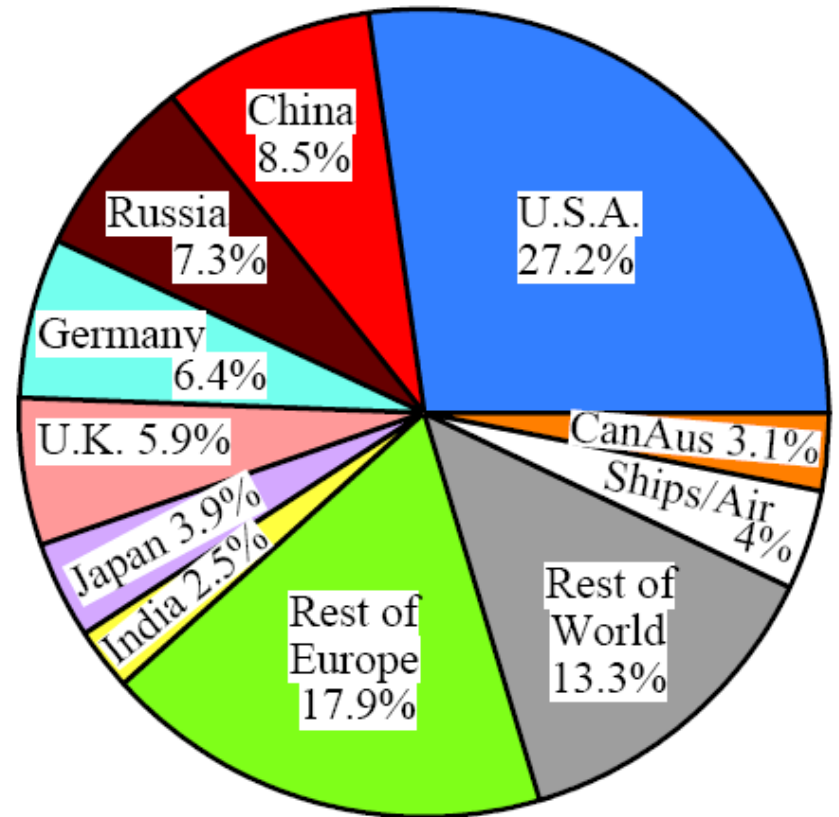
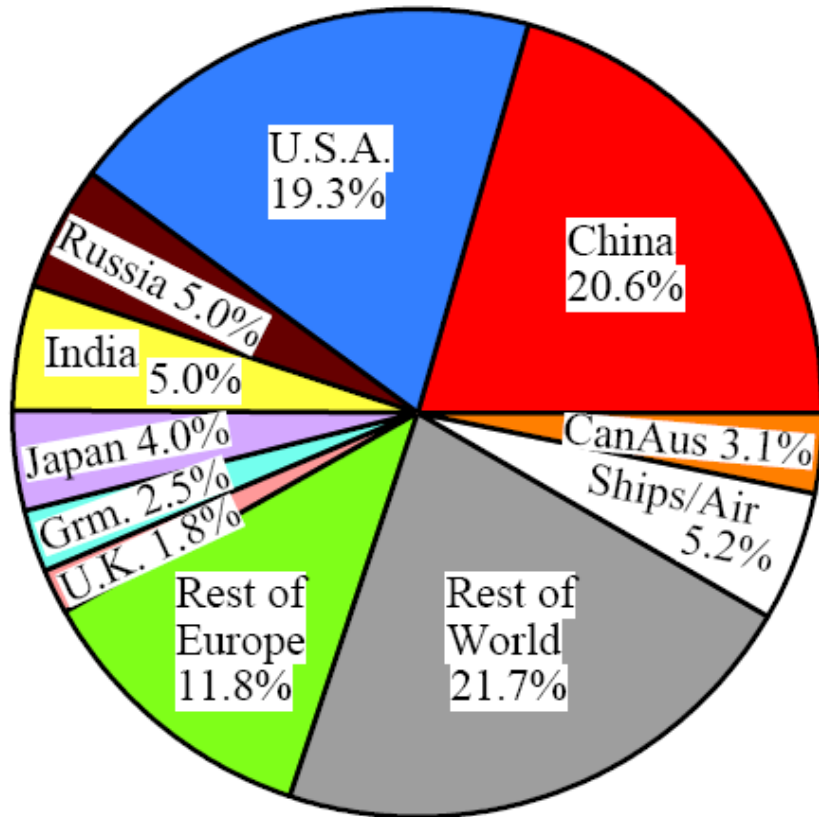
- zalednění Antarktidy při $\text{CO}_2 < \sim 450$ ppm
- vznik ledového příkrovu není nevratný

Lidé mohou vytvořit „jinou planetu“

Fossil Fuel CO₂ Emissions

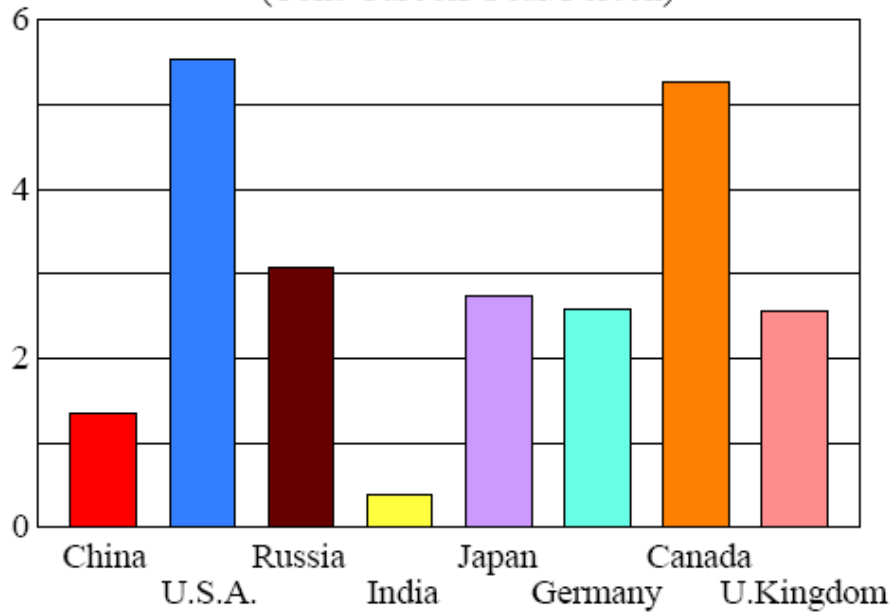
(a) 2007 Annual Emissions

(b) 1751-2007 Cumulative Emissions



Per Capita Fossil Fuel CO₂ Emissions

(a) 2007 Annual Emissions
(Tons Carbon/Year/Person)



(b) 1751-2007 Cumulative Emissions
(Tons Carbon/Person)

