

8 odstavců o klimatické změně

srpen 2017

Jan Hollan



OP Výzkum a vývoj
pro inovace



MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ,
MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY



EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
ŠANCE PRO VAŠ ROZVOJ

Připustit, že rychle měníme zemské klima a s ním i mnoho dalších věcí, a že je nemorální to ignorovat, to je Inconvenient Truth, čili Nepříjemná pravda.

Mnozí se jí brání argumenty, které se pořád opakují.
Že o tom ještě dost nevíme, že to v minulosti bylo taky tak...

Probereme 8 témat, s nimiž se setkáváme nejčastěji.

Půjde o povídání ke stránce

<http://amper.ped.muni.cz/gw/CoVime.html>

Stav vědeckého poznání o klimatické změně a role Česka – 8 odstavců pro každého

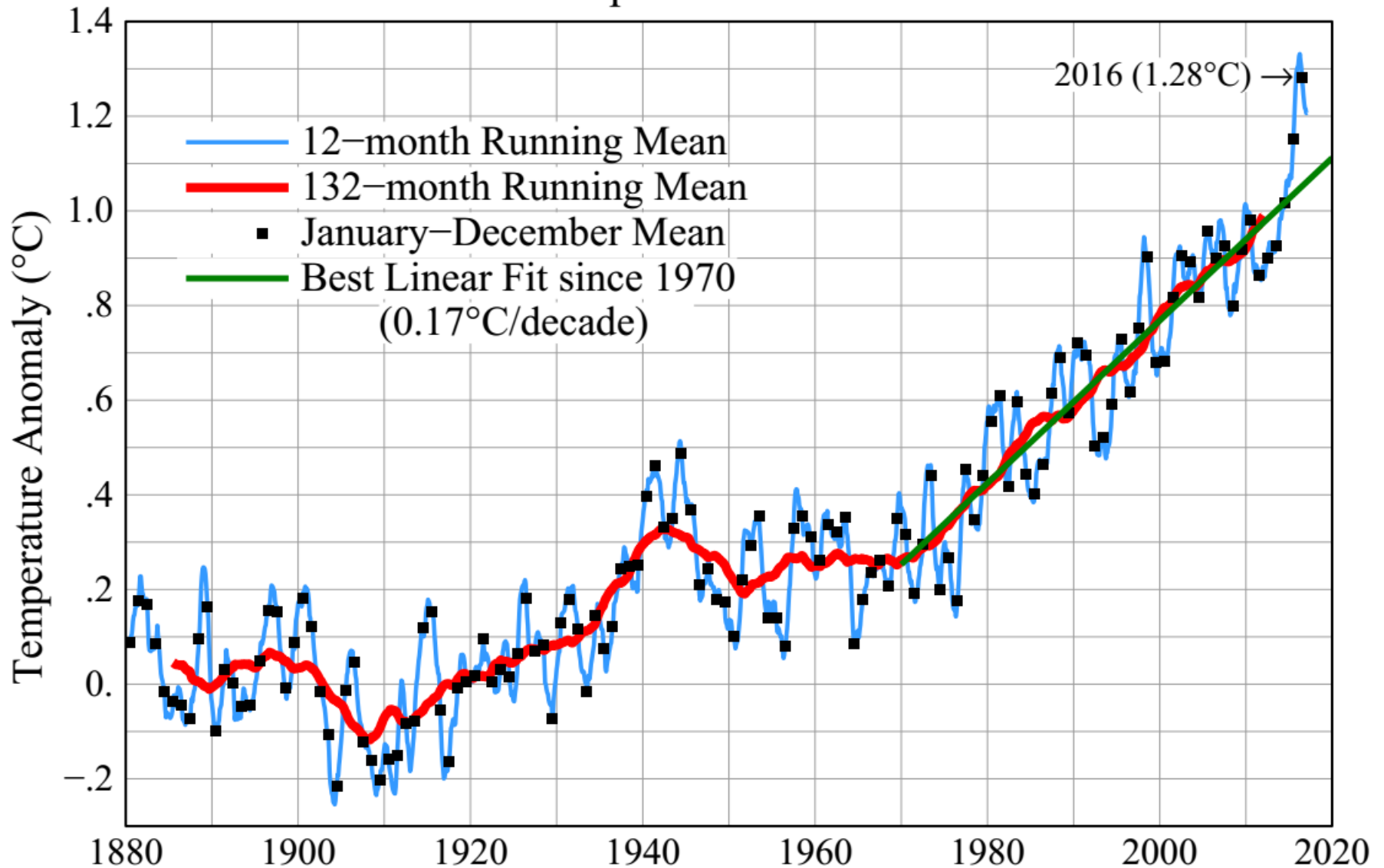
1. Globální oteplování má už **jen antropogenní příčiny**, emise skleníkových plynů (a černých částic z nedokonalého spalování).
2. **Přírodní vlivy** v posledním půlstoletí (růst vulkanických emisí oxidů síry a pokles výkonu Slunce) **působily spíše opačně** a (velmi malou) část oteplení tak kompenzovaly.
3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si **skoro watt na metr čtvereční**. Většina jde do oceánů, kde je dobře změřena, na ovzduší připadá jedno procento.
4. Hlavní roli má **oxid uhličitý** z fosilních paliv, lidstvo ročně vypouští na čtyřicet miliard tun, vulkanismus stokrát méně. Vliv CO₂ byl spočítán už na konci 19. století.
5. Růst koncentrace CO₂ a tím vyvolané oteplování jsou nyní **rychlé jako během vymírání na konci prvohor** a druhohor (tehdy šlo o gigantický vulkanismus) a řádově rychlejší než na konci doby ledové.
6. Prudké oteplování vede ke **změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu**; tím byla porušena Rámcová úmluva OSN (stabilizovat koncentrace na úrovni, která předejde nebezpečnému narušení klimatického systému), již jsme r. 1993 ratifikovali.
7. Pařížská dohoda reflektuje vážnost situace, **chce zabrzdit oteplování, jak je jen možné**, odvrátit dopady ještě horší.
8. České emise na obyvatele patří k nejvyšším. Přihlásit se záměru je **snížovat a pomáhat těm, kteří jsou nejvíce postiženi**, je výrazem kompetence a odpovědnosti.

1. Globální oteplování...

Rozumí se tím obvykle jen nárůst průměru teplotních odchylek měření z pozemních stanic a měření teplot povrchu moří, bráno jako průměr pro celou Zemi

Ukážeme si ale, že naprostá většina tepla jde jinam

Global Surface Temperature: 1880–1920 Base Period



Absolutní velikost globálního oteplení, o níž se mluví, je odchylka od úrovně 2. poloviny 19. stol., což je zhruba totéž jako od období 1880-1920

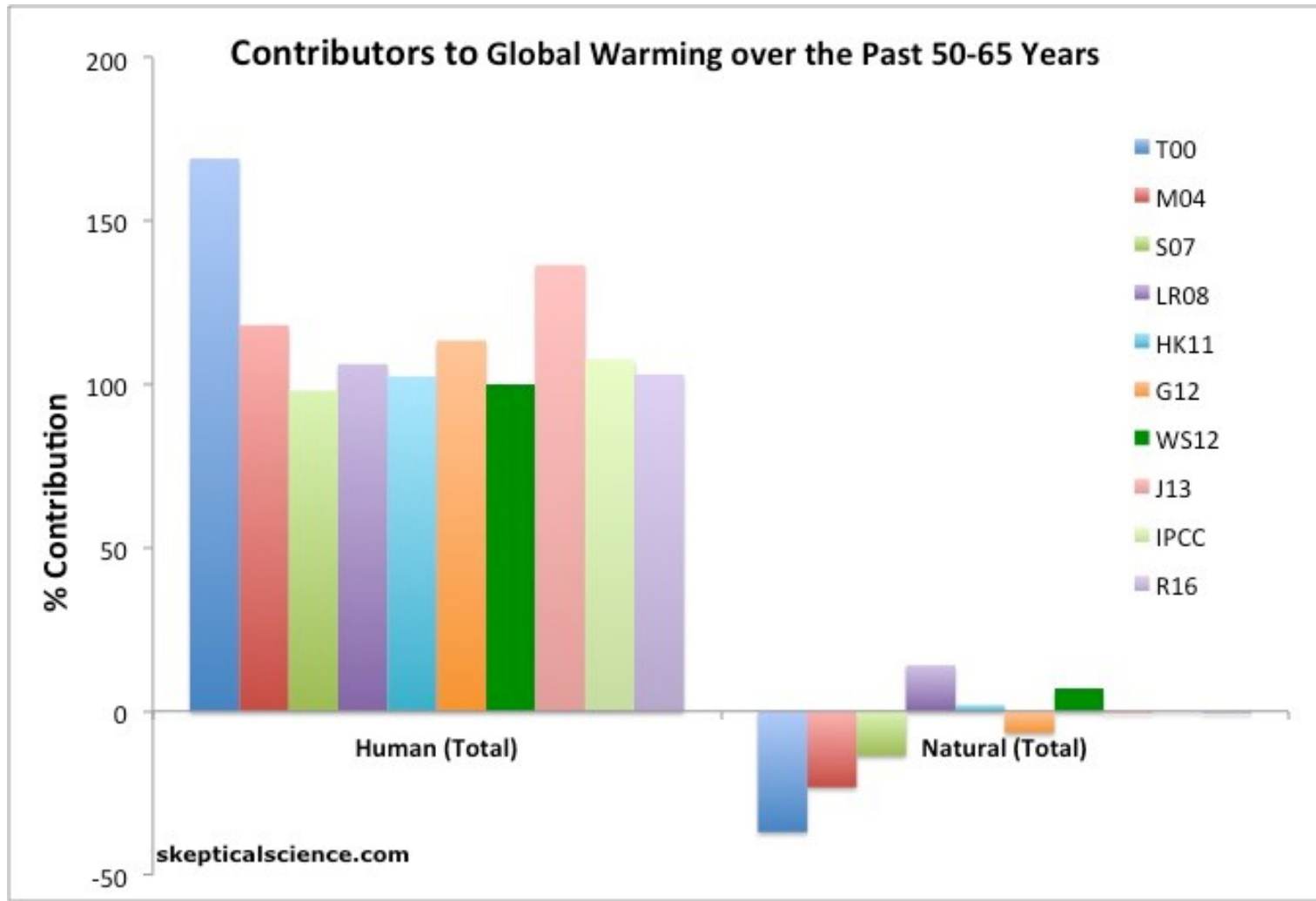
(<http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/> - J. Hansen a M. Sato z NASA GISS)

1. Globální oteplování má už jen antropogenní příčiny ...

Bohužel, i mnozí vědci na otázku, jestli nynější oteplování způsobilo lidstvo, odpovídají vyhýbavě, např. „tak napůl“.
Nikdy si o tom nic nepřčetli...

Pravda ovšem je, že žádný přírodní popud, který by v posledním půlstoletí vedl k oteplování, nebyl nalezen, a že oteplení probíhá tempem bohužel očekávaným.

1. Globální oteplování má už jen antropogenní příčiny...
2. Přírodní vlivy v posledním půlstoletí působily spíše opačně



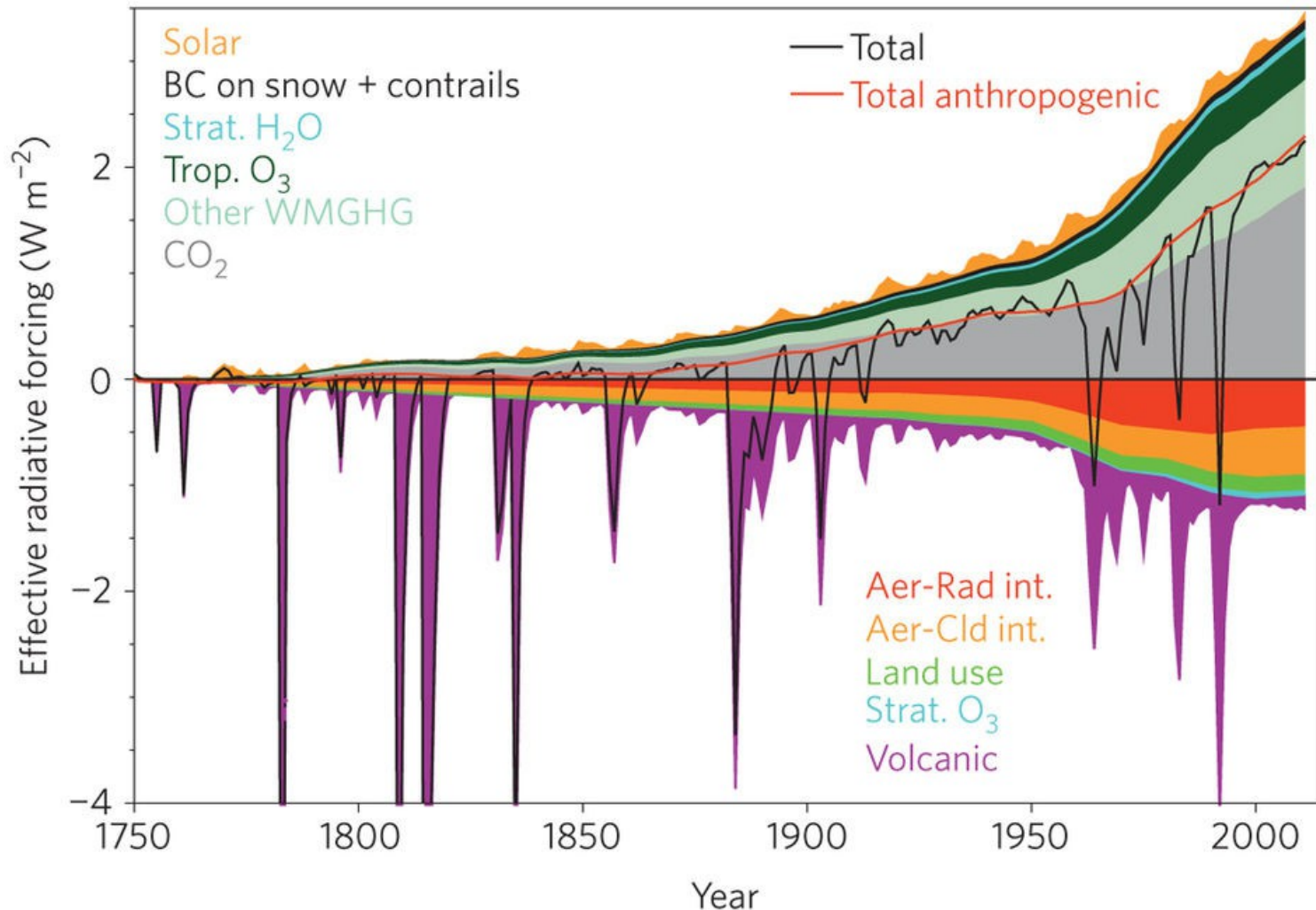
[Human vs. Natural Contributions to Global Warming](#), čili **příspěvky lidstva a příspěvky přírodní ke globálnímu oteplování**, za posledních 50 až 65 let, dle různých prací – převzato ze Skepticalscience.com

2. Přírodní vlivy v posledním půlstoletí (růst vulkanických emisí oxidů síry a pokles výkonu Slunce) **působily spíše opačně** a (velmi malou) část oteplení tak kompenzovaly.

Emise z lidské činnosti zcela dominují jako hybatelé změn teplot. K oteplování v první půli 20. století přispěl ale i pokles ochlazujícího vlivu vulkanických emisí oxidů síry a tehdejší mírný nárůst výkonu Slunce.

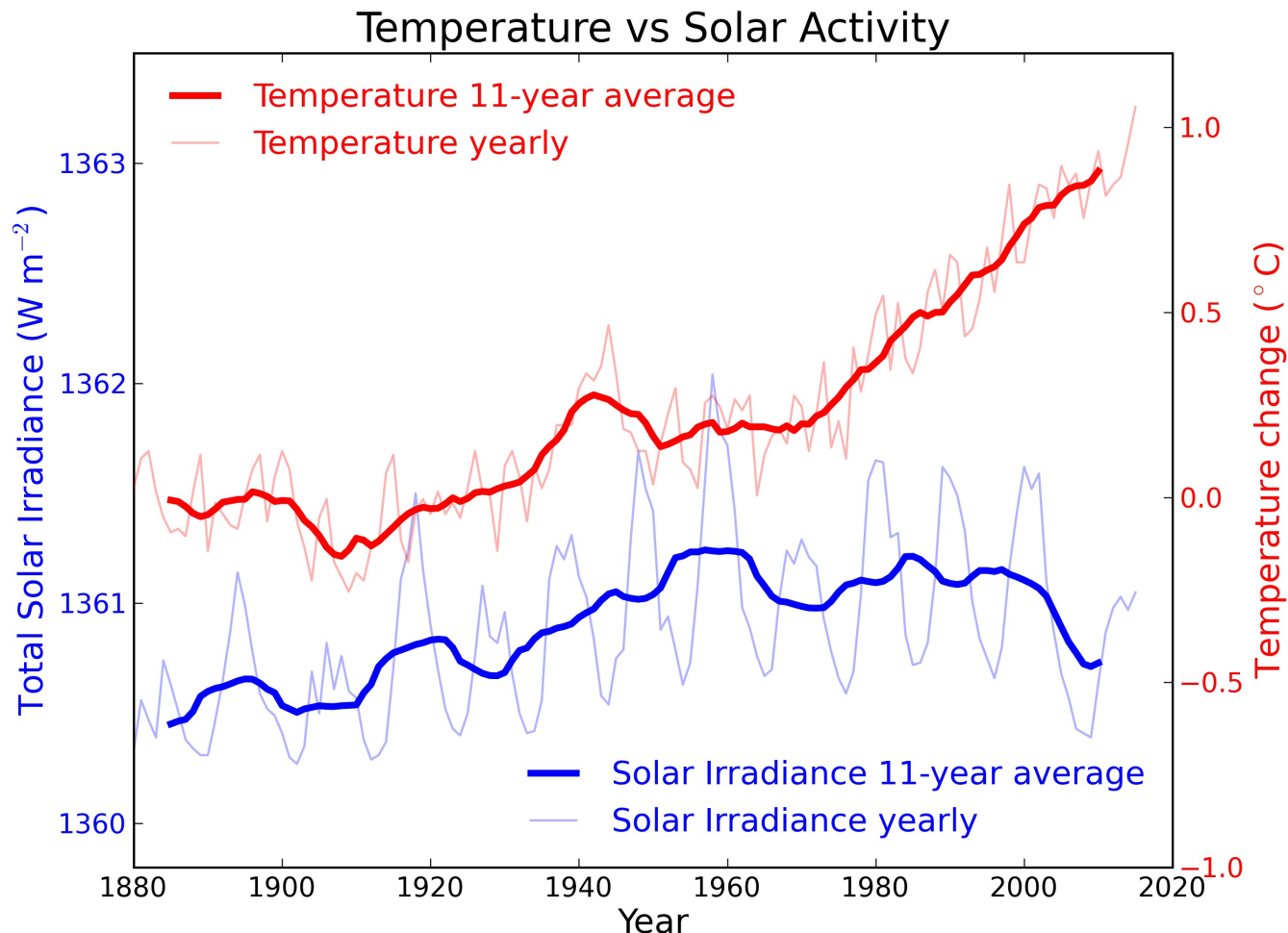
Proti oteplujícímu vlivu skleníkových plynů stojí ochlazující vliv lidských emisí SO_2 ze spalování sirnatých paliv. Ten ale už neroste.

1. ...jen antropogenní příčiny, emise skleníkových plynů (a černých částic z nedokonalého spalování)...
2. ...vulkanické emise oxidů síry byly v posledním půlstoletí větší než v tom minulém



Jednotlivé vlivy lidstva a přírodní vlivy na oteplování od r. 1750 – [obr. 1](#) ze článku „An imperative to monitor Earth's energy imbalance“ v časopise Nature Climate Change, 2016 ([doi:10.1038/nclimate2876](https://doi.org/10.1038/nclimate2876)). Antropogenní aerosoly mají v úhrnu velký vliv ochlazující, menší má i antropogenní změna krajiny.

2. ...a i výkon Slunce v posledním půlstoletí, na rozdíl od předchozího, neroste, ale klesá



Graf ze článku [Slunce a klima: mění se v opačných směrech](#), převzato ze [skepticalscience.com](#). Modře je zobrazen příkon na čtvereční metr obrácený ke Slunci; příkon na metr čtvereční atmosféry zeměkoule je čtyřikrát menší a pohlceno je z něj jen sedm desetin.

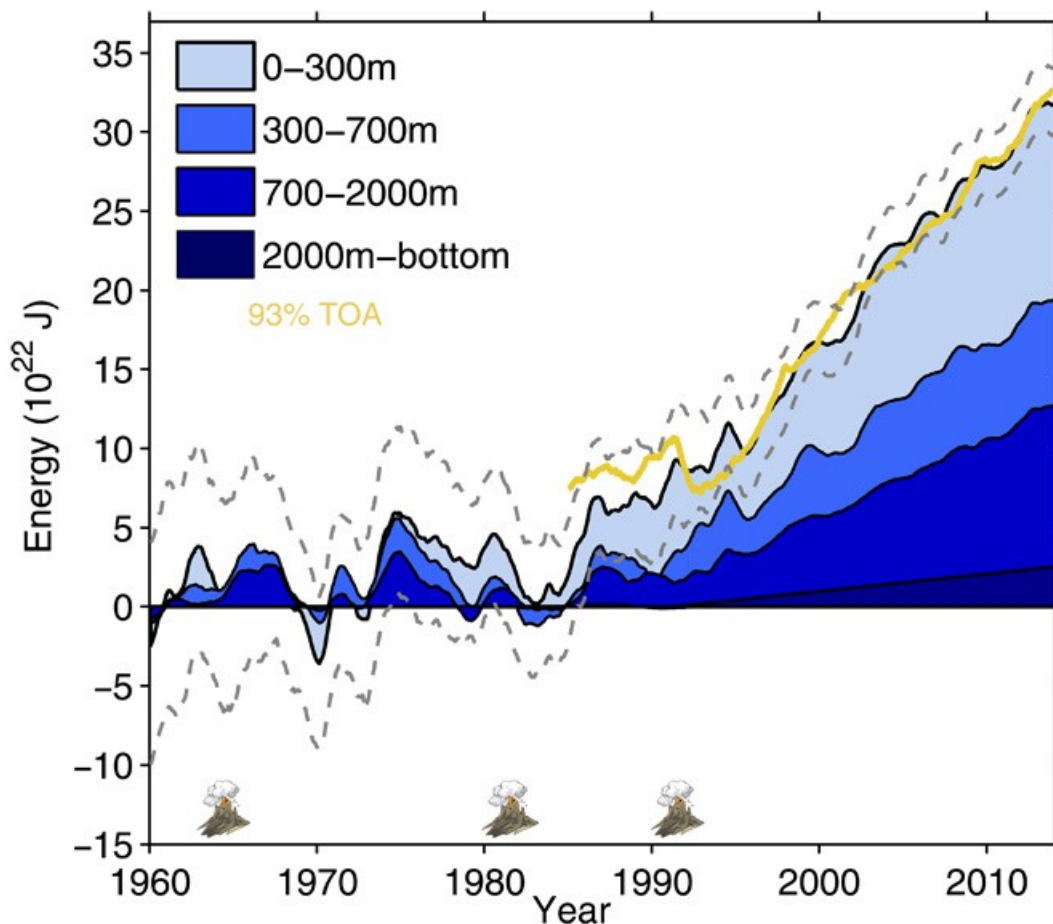
3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si **skoro watt na metr čtvereční**. Většina jde do oceánů, kde je dobře změřena, na ovzduší připadá jedno procento.

To víme díky měření teplot oceánu, dříve do hloubek 2 km, nyní zčásti až do 4 km.

První graf ukazuje nárůst entalpie (tj. energie) globálního oceánu, celkový i rozdělený na různé hloubky. Z tempa nárůstu vyplývá, kolik slunečního tepla si vlivem zesíleného skleníkového jevu Země ponechává.

Druhý, starší graf demonstruje, že na ohřev samého povrchu oceánů a ovzduší připadá jen malinká část, a že se na pozadí trendu oteplování občas i ochlazují. To závisí na tom, jak se mění proudění v oceánech.

3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si skoro watt na metr čtvereční. Většina jde do oceánů...



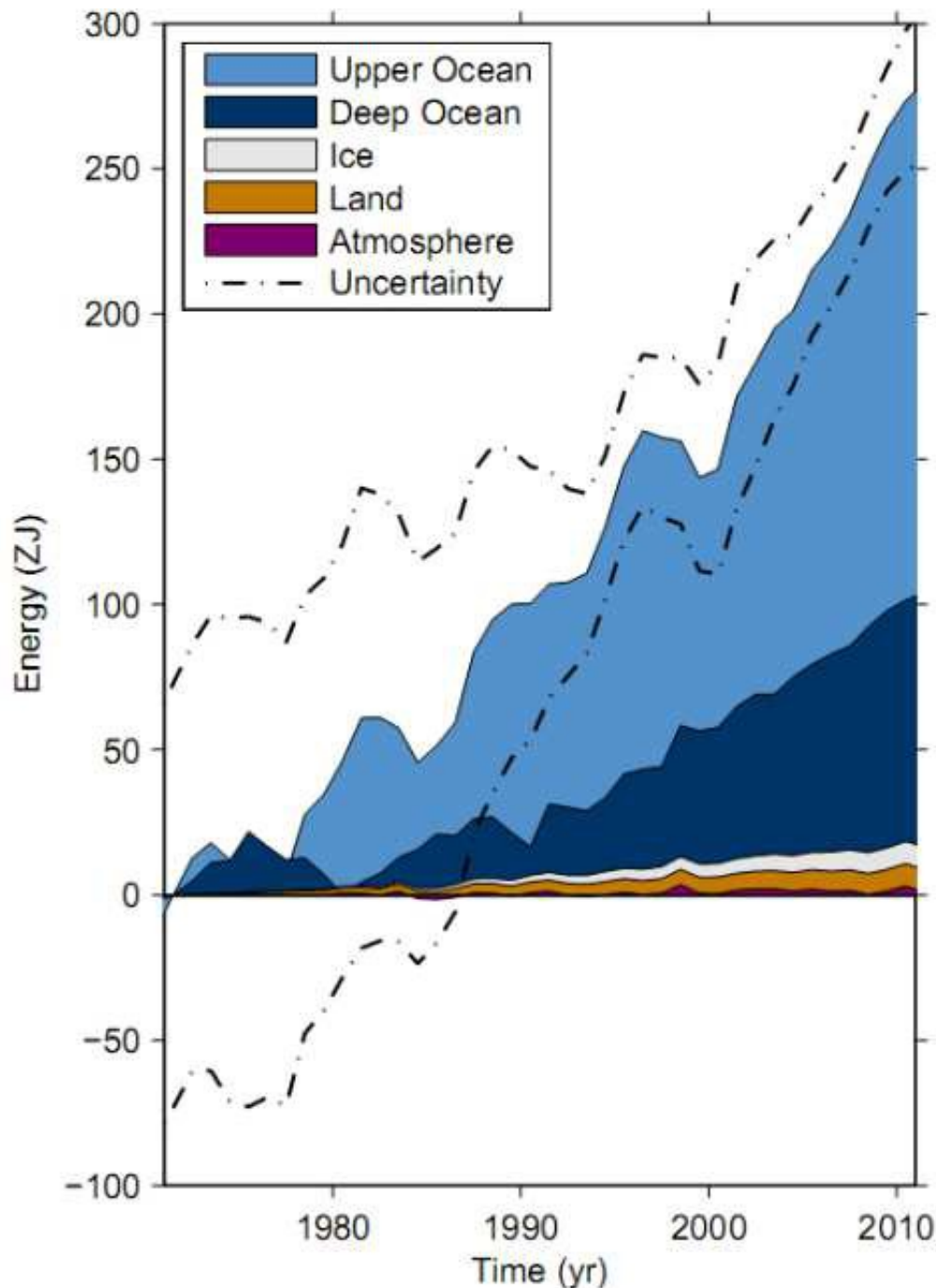
Modře jsou vyznačené změny entalpie oceánu vypočtené z měření teplot v různých hloubkách. Žlutá křivka je odvozena z měření změn radiace Země do vesmíru a navázána na bilanci entalpie oceánu v letech 2013 až 2014. Čárkovaně jsou vyznačeny meze, v nichž se změna entalpie nachází s jistotou 95 %. Podělíme-li změnu entalpie dobou, za níž nastala, a obsahem Země, dostaneme výsledek nahoře. Jde o obr. 6 ze článku [Improved estimates of ocean heat content from 1960 to 2015](https://doi.org/10.1126/sciadv.1601545) (doi: 10.1126/sciadv.1601545)

3. ... Na ohřev ovzduší připadá jen 1 % tepla, které Země nevrací do vesmíru.

Obrázek ukazuje nárůst
entalpie Země, především
oceánu (ale bez hloubek pod
2000 m). Několik procent
připadá na tání ledu a
prohřívání pevnin.

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

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



potřebná odbočka:

Proč se ale vlastně Země otepluje?
Protože se zesílil **skleníkový jev**... což je:

Fyzikální proces, v němž

na povrch planety sálá kromě Slunce též její ovzduší.

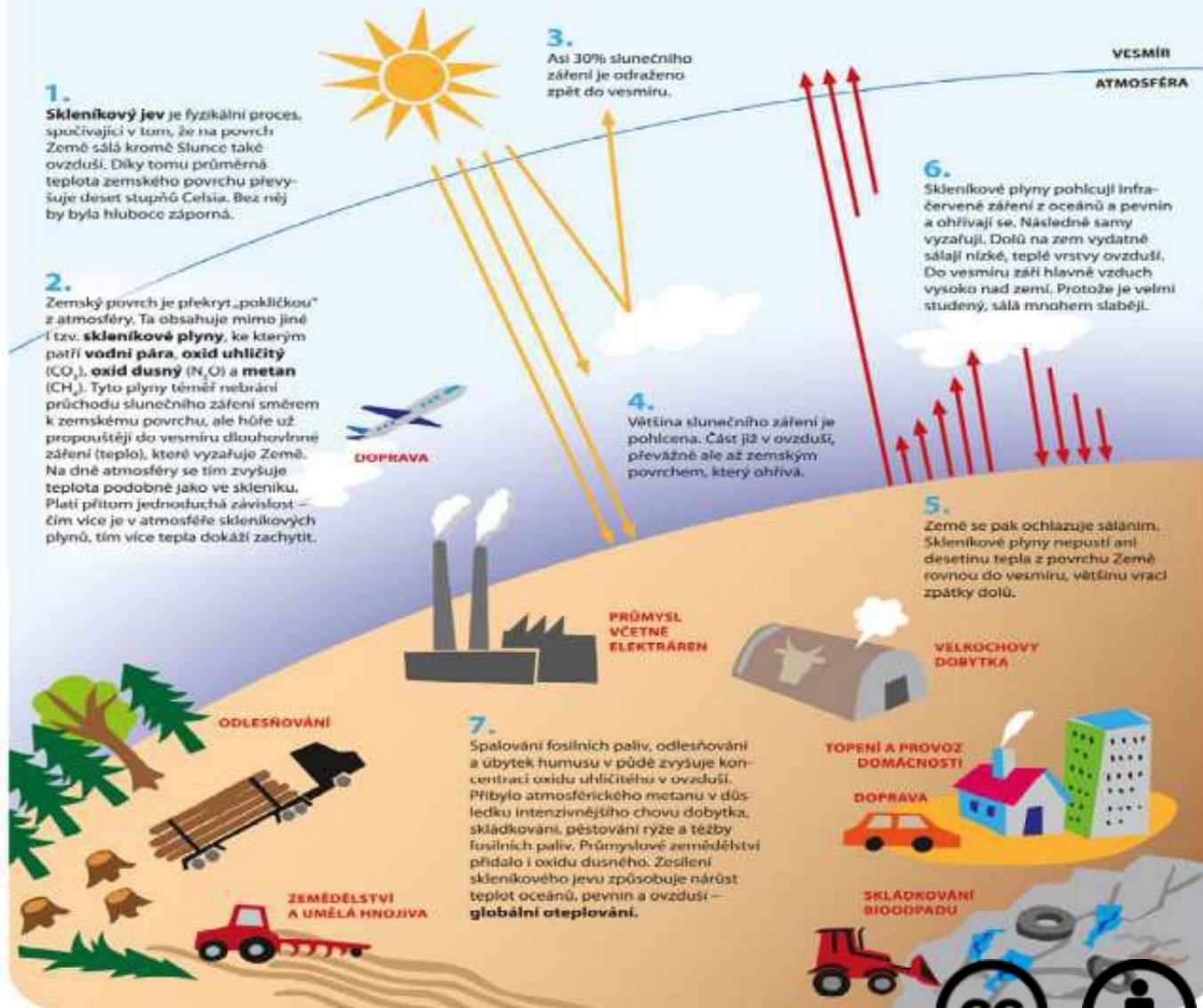
Podstatou skleníkového jevu je **vyšší propustnost ovzduší pro sluneční sálání** (záření vlnových délek převážně pod 3 μm) **než pro sálání zemského povrchu a ovzduší samého** (převážně nad 3 μm).

V případě skleníku apod. místo ovzduší sálá na zem sklo či plast propustný pro sluneční záření.

Nebo jinak, při pohledu „zvenčí“:

do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu.

Schéma skleníkového efektu a zdroje skleníkových plynů z lidské činnosti



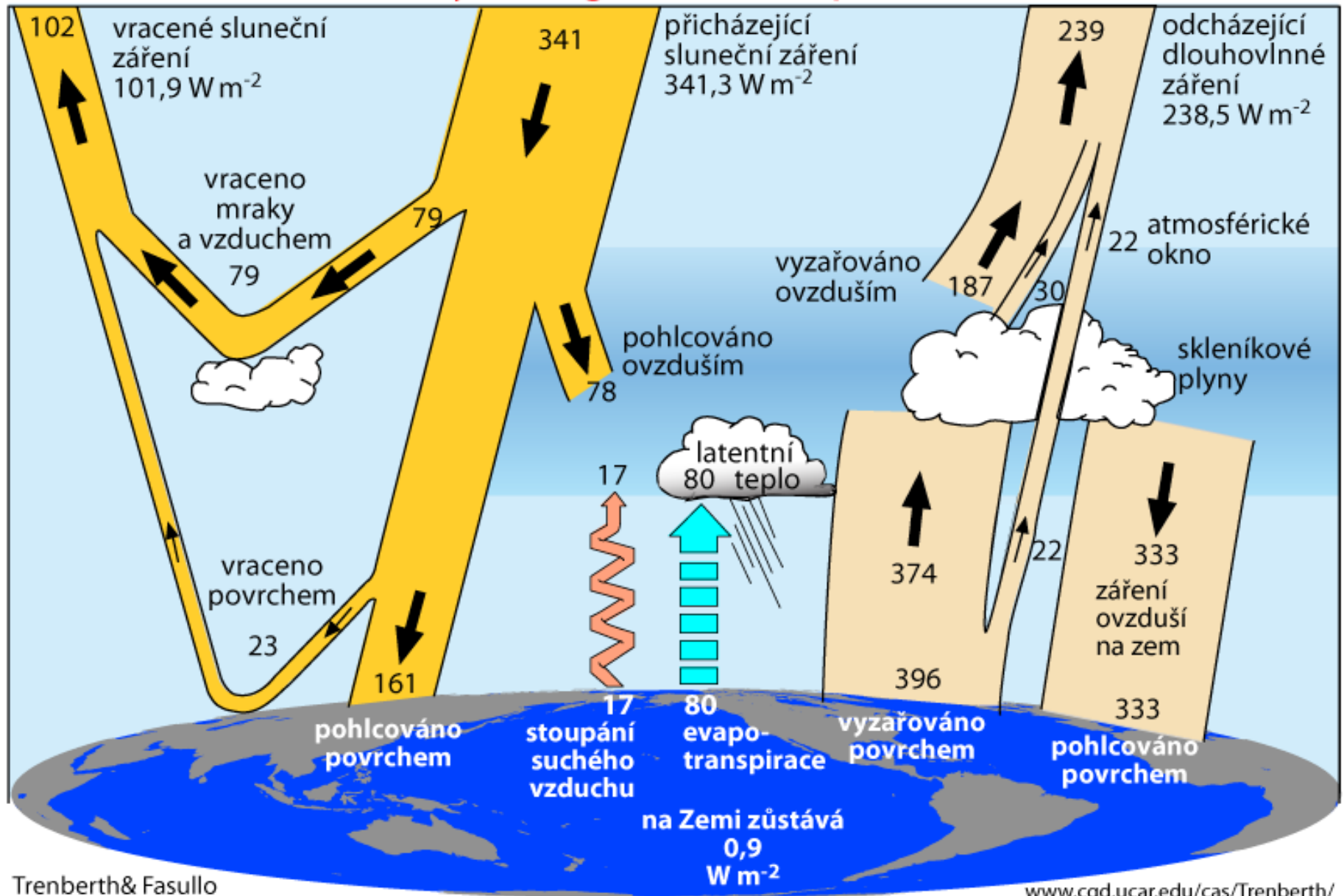
zdroj: Veronica, kreslila Olga Pluháčková



**Přírodní skleníkový jev je ohromně silný:
dvakrát silnější než sluneční záření
pohlcované zemským povrchem**

**a proto jeho, vlastně jen malé, jednaprocentní zesílení,
které jsme způsobili přidáním skleníkových plynů
(hlavně oxidu uhličitého z fosilních paliv) do ovzduší,
vede k nevídanému ohřívání planety**

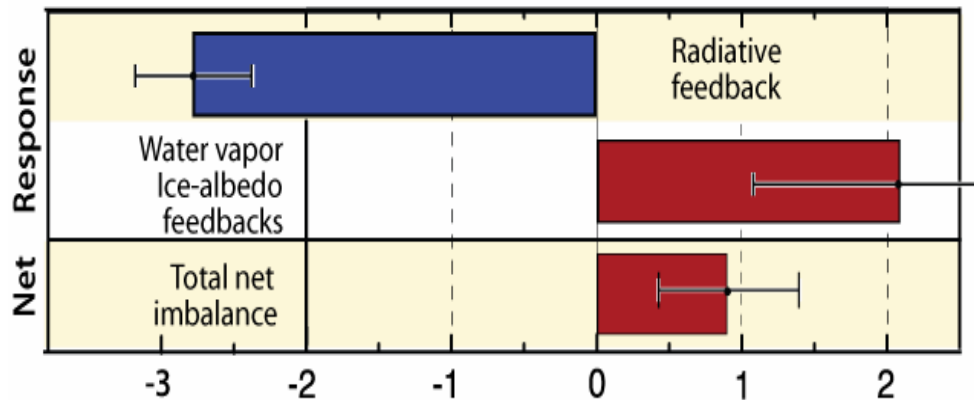
Globální toky energie / $W \cdot m^{-2}$ (pro léta 2000-2005)



Popud k oteplování („radiační působení“) činí, v soupeření
přidaných skleníkových plynů a aerosolů, 2 W/m^2 .

Proč je tedy nerovnováha mezi příjmem a výdejem energie
Země „jen“ necelý 1 W/m^2 ?

Je to proto, že se Země už ohřála, takže i ovzduší více sálá.
Vlastně by se už neoteplovalo, kdyby vlivem oteplení nepřibylo
v ovzduší vodní páry a povrch neztmavil úbytkem sněhu a ledu



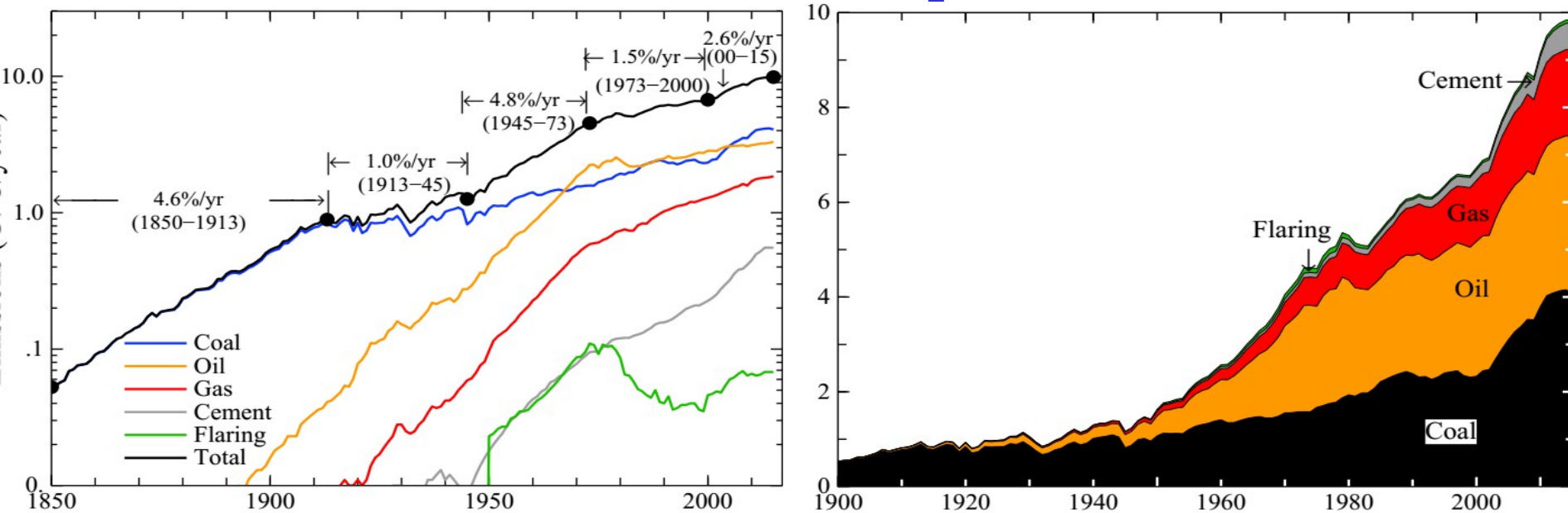
Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné jako "Energy Diagnostics..."

v seznamu autorových publikací

4. Hlavní roli má **oxid uhličitý** z fosilních paliv, lidstvo ročně vypouští na čtyřicet miliard tun, vulkanismus stokrát méně. Vliv CO₂ byl spočítán už na konci 19. století.

4. Hlavní roli má oxid uhličitý z fosilních paliv, lidstvo ročně vypouští na čtyřicet miliard tun,...

Kolik gigatun uhlíku z fosilních paliv (a výroby cementu) bylo ročně emitováno do ovzduší ve formě CO₂



Vlevo v logaritmické škále, vpravo lineárně a jen od r. 1900;

hmotnost uvolněného CO₂ je 3,67× vyšší

(Hansen a Sato, <http://www.columbia.edu/~mhs119/CO2Emissions/>)

4. ... vulkanismus stokrát méně

zdroj: Veronica

(více o vulkanických
emisích viz
<http://sks.to/volcano>
a video ve verzi článku
„intermediate“)

...vliv CO₂ na
teplotu Země
spočítal již
Svante
Arrhenius na
konci 19. stol.



Zopakujme:

Příčinou oteplování je
rostoucí koncentrace
skleníkových plynů

vinou využívání fosilních paliv.

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

(odkaz vede na animovaný graf koncentrací CO₂

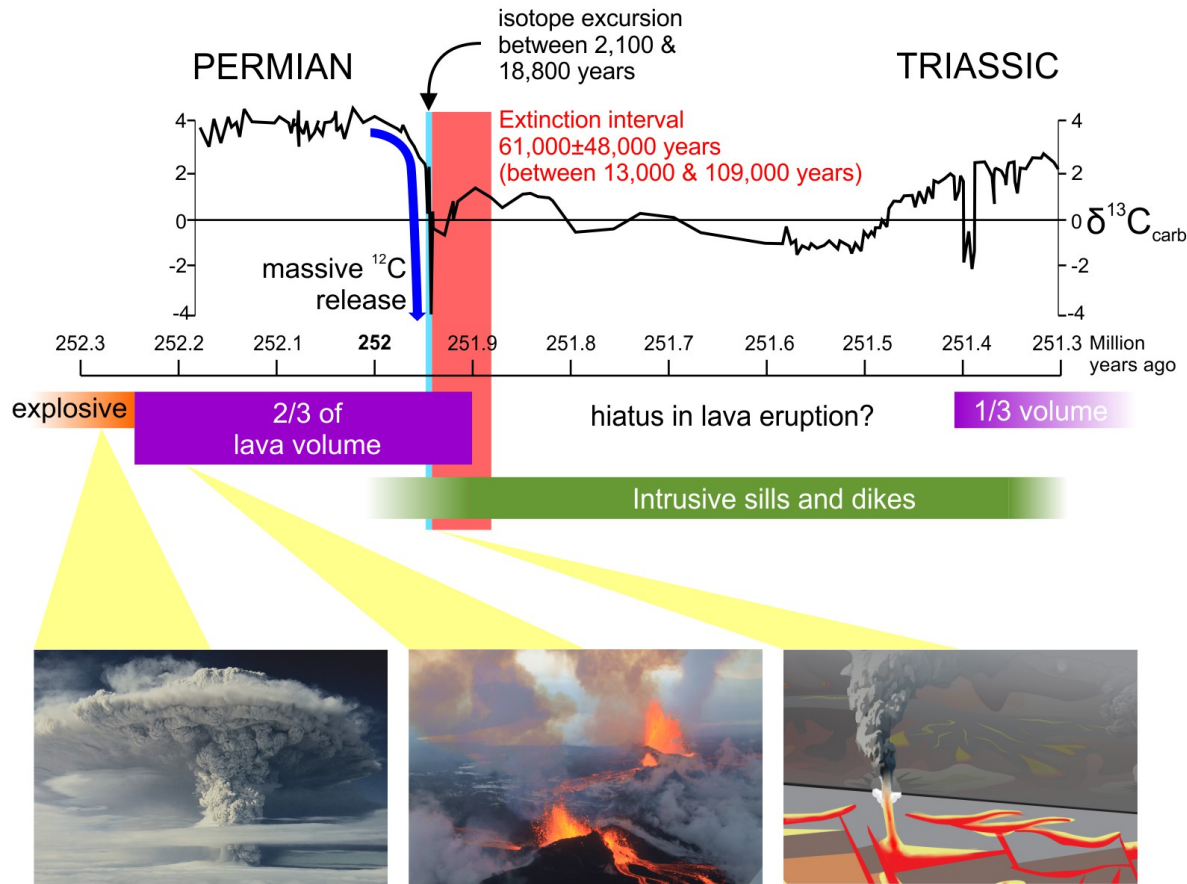
<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html>, –
Kellingovu křivku prodlouženou díky antarktickému ledu až 0,8 Ma do
minulosti)

5. Růst koncentrace CO₂ a tím vyvolané oteplování jsou nyní

rychlé jako během vymírání na konci prvohor a druhohor (tehdy šlo o gigantický vulkanismus) a řádově rychlejší než na konci doby ledové.

Častou námitkou je, že klima se měnilo vždycky, že se nemáme čeho bát... Jenže takovým tempem jako nyní se neměnilo už desítky, ne-li stovky miliónů let.

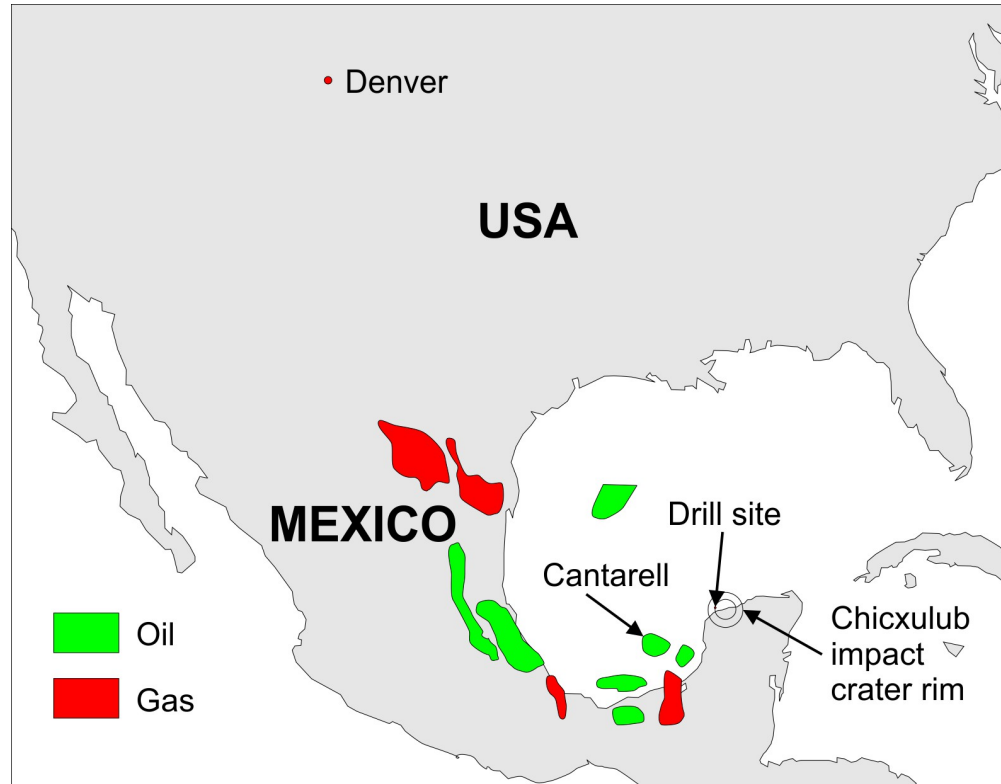
5. Růst koncentrace CO₂ a tím vyvolané oteplování jsou nyní rychlé jako během vymírání na konci prvohor ...



Vymírání na konci prvohor bylo způsobeno gigantickým vulkanismem v místech dnešní Sibiře. Rozhodující emise CO₂ ale nebyly z magmatu, nýbrž z uhelných slojí, které byly magmatem zahráty, jak dokládá pokles koncentrace izotopu ¹³C. Ohřev poskytly tzv. ložní žíly magmatu (sills), které pronikaly mezi vrstvy sedimentů. Maximální tempo růstu koncentrace CO₂ bylo pravděpodobně nižší než dnes, ale trvání delší.

Ze článku [Earth's worst extinction "inescapably" tied to Siberian Traps, CO₂, and climate change](#), na [skepticalscience.com](#); další info viz článek (a odkazy z něj) [Underground magma triggered Earth's worst mass extinction with greenhouse gases](#).

5. ... a druhohor ...



Vymírání na konci druhohor bylo zřejmě umožněno gigantickým vulkanismem v místech dnešní Indie (tzv. Dekkanské trapy). Tam ale nebyla fosilní paliva, která by mohla být magmatem spálena, k „vymření dinosaurů“ by nejspíš nedošlo. V tomto unikátním případě asi hrál roli dopad planety na okraj poloostrova Yucatán, který uvolnil SO_2 z tamních sádrovců a CO_2 z vápenců, ale hlavně zapálil rozsáhlá ropná ložiska, čímž vyprodukoval přes miliardu tun sazí. To by pak vedlo mj. k prudkému ochlazení povrchových vod o 3 K až 10 K po dobu několika let, na pozadí pomaleji probíhajícího globálního oteplování. A též ke zneprůhlednění oněch vod a potlačení fotosyntézy v nich. (Dle článku

<https://skepticalscience.com/So-what-did-in-the-dinosaurs-update.html>.)

5. ... a řádově rychlejší než na konci doby ledové.



Trends in Atmospheric Carbon Dioxide

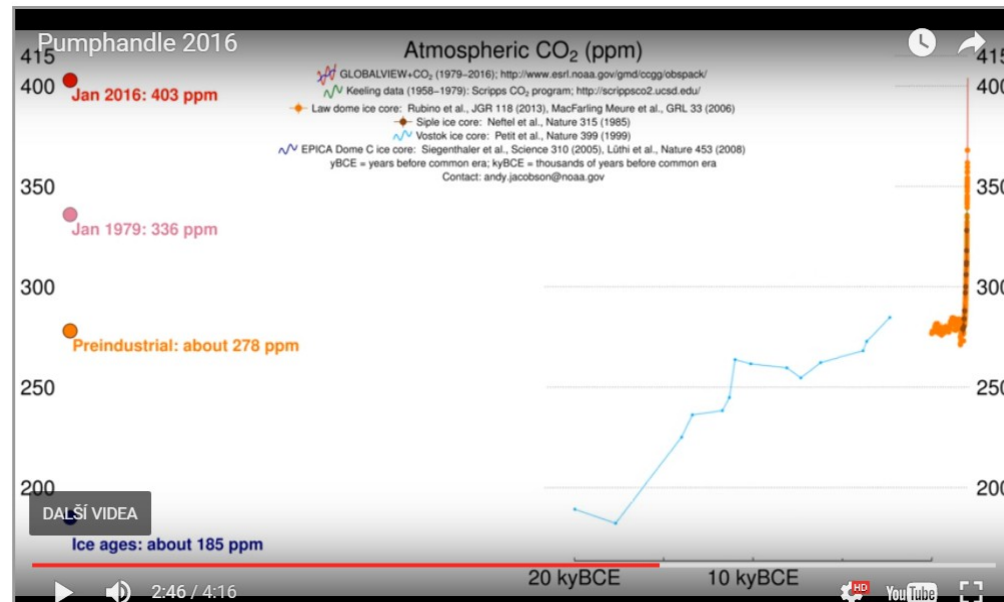
Mauna Loa, Hawaii

Global

CO₂ Movie

CO₂ Emissions

History of atmospheric carbon dioxide from 800,000 years ago until January, 2016.



Obrazovka z animace NASA, <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html> ukazuje, že z doby ledové do holocénu vzrostla koncentrace CO_2 o polovinu, což trvalo více než 10 000 let.

Nyní vzrostla opět už téměř o polovinu, ovšem během pouhých 100 let...

(jednotky na svislé ose jsou ppm, čili počet částic na milion, aneb tisíciny promile)

6. Prudké oteplování vede ke **změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu**; tím byla porušena [Rámcová úmluva OSN](#) (stabilizovat koncentrace na úrovni, která předejde nebezpečnému narušení klimatického systému), již jsme r. 1993 ratifikovali.

O dopadech globálního oteplování, které je příčinou klimatické změny, slýcháme už skoro pořád. Ona změna je už v mnoha regionech velmi škodlivá a dále roste a poroste. Neodvratný se už jeví rozpad většiny ledového příkrovu Západní Antarktidy a možná i Grónska.

6. Prudké oteplování vede ke změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu...



Bergrutsch, Bergsturz – z Piz Cengalo se ve středu 23. 8. 2017 ráno odlomil kus hory a z výšky 3000 m se jako lavina kamení a bahna vevalil do vesnice Bondo v jižním Švýcarsku. Předtím v ní zahynulo 8 turistů. Sesuv má objem 3 miliónů kubických metrů.

Příčinou byl úbytek ledu a rozmrznutí permafrostu. Taková řícení hor hrozí nyní už v mnoha místech.

V pátek se vesnicí provalil ještě jeden bahno-kamenotok (Murgang), v něm zůstal i bagr, který se věnoval odklizení prvního sedimentu.

(Horní obr. [z článku na srf.ch](https://www.srf.ch), boční ze zpráv 24.-26. na <https://news.heute.ch/index.php?q=Lawine>)





Nárůst extrémů

Teplejší atmosféra pojme /
může pojmout více vlhkosti

(~7 % / K)

- Větší srážky v přívalech
- větší povodně a záplavy
- horší vlny veder a smogu
- drsnější a delší sucha

Teplá Arktida

=>

Ztráta našeho mírného podnebí

6. ...změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu; tím byla porušena Rámcová úmluva OSN:

1992: Stabilizovat složení ovzduší „na úrovni, která zamezí nebezpečnému lidskému zásahu do klimatického systému“

- **United Nations Framework Convention on Climate Change**

7. Pařížská dohoda reflektuje vážnost situace, chce zabrzdit oteplování, jak je jen možné, odvrátit dopady ještě horší:

2015: „udržení nárůstu průměrné globální teploty výrazně pod hranicí 2 °C oproti hodnotám před průmyslovou revolucí a úsilí o to, aby nárůst teploty nepřekročil hranici 1,5 °C“

Pařížská dohoda je konsensem, že oteplování je potřeba co nejdříve zastavit. Hranice 1,5 K samozřejmě není bezpečná, ale měla by přece jen méně hrozná důsledky než oteplení o celé dva kelviny, natož větší.

Závazky všech států jsou jejich, dobrovolné. Když je nebudou plnit, budou z toho mít jen hanbu. Dosavadní závazky zdaleka na zastavení oteplování pod laťkou 2 K nestačí.

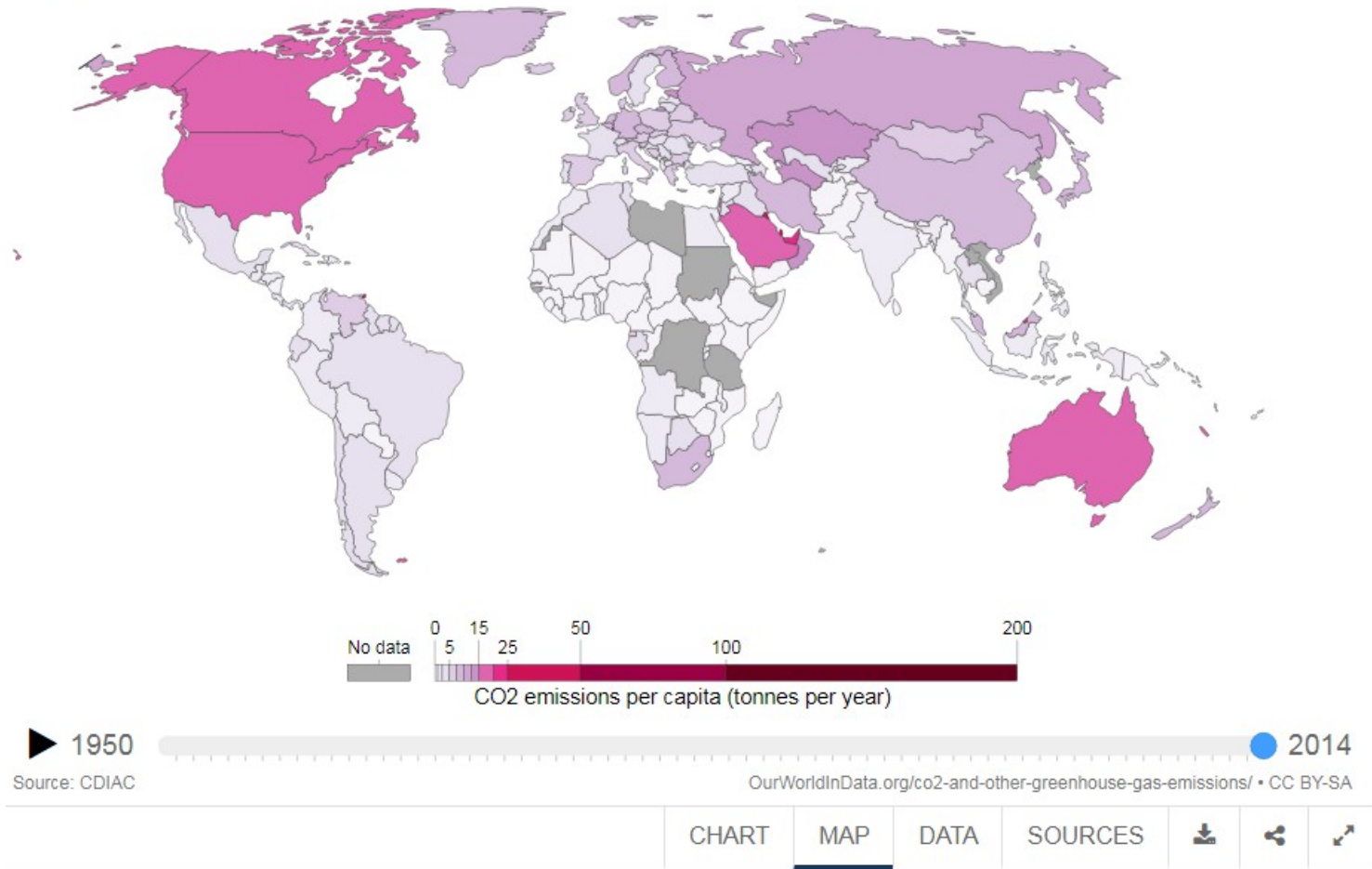
Závazek dávat 100 miliard ročně zemím chudším, zvláště postiženým, na snižování emisí a adaptaci, není nijak silný. Je to jen dvojnásobek rozpočtu Česka a polovina jeho HDP...

Historická odpovědnost českých zemí, bráno na osobu, není menší než německá nebo britská.

8. České emise na obyvatele patří k nejvyšším. **Přihlásit se záměru je snižovat a pomáhat těm, kteří jsou nejvíce postiženi, je výrazem kompetence a odpovědnosti.**

CO₂ emissions per capita, 2014

Average carbon dioxide (CO₂) emissions per capita measured in tonnes per year



Výřez z interaktivní mapy na <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions/>

Z encykliky Laudato si' papeže Františka

14. Naléhavě vyzývám k obnovení dialogu o způsobu, jímž pojmáme budoucnost planety. Je třeba, abychom se do jednání zapojili všichni, vždyť krize životního prostředí a její lidské kořeny se týkají a dotýkají nás všech. ...

[http://amper.ped.muni.cz/gw/encyklika/
tinyurl.com/LaudatoSi-cz](http://amper.ped.muni.cz/gw/encyklika/tinyurl.com/LaudatoSi-cz)

(stačí ale zadat „*encyklika hollan*“)

51. ...Zvláště je třeba počítat s užíváním ekologického prostoru celé planety při **ukládání plynného odpadu**, který se během dvou století naakumuloval a vytvořil situaci, která nyní postihuje všechny země světa. **Oteplování, způsobené enormní spotřebou některých bohatých zemí, se odráží na těch nejchudších místech světa,** zvláště v Africe, kde má zvyšování teploty spojené se suchem katastrofální účinky na úrodu. ...