CzechGlobe

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

www.czechglobe.cz

Co víme o klimatické změně

září 2017

Jan Hollan

OP Výzkum a vývoj pro inovace

MINISTERSTVO ŠKOLSTVÍ, MLÁDEŽE A TĚLOVÝCHOVY

EVROPSKÁ UNIE
EVROPSKÝ FOND PRO REGIONÁLNÍ ROZVOJ
ŠANCE PRO VÁŠ ROZVOJ

Tento projekt je spolufinancován Státním fondem životního prostředí České republiky na základě rozhodnutí ministra životního prostředí. www.sfzp.cz a www.mzp.cz

STÁTNÍ FOND ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ ČESKÉ REPUBLIKY

Ministerstvo životního prostředí

Co to je klimatická změna?

Složka *globální změny*. **Proměna klimatického systému (ovzduší, vodstva, kryosféry a biosféry) vlivem lidstva**

– hlavně tím, že jsme **změnili složení ovzduší** a tím i toky záření atmosférou.

Země nyní do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce

To nazýváme **globální oteplování**

Klimatická změna je jeho důsledkem

Proč ale Země vrací méně tepla než dříve?

A proč je klimatická změna tak vážná věc, že se ji lidstvo snaží zbrzdit, ba zastavit?

Lidem se daří tam, kde mají dostatek přírodních zdrojů.

Co jsou ale ty hlavní zdroje?

- přiměřené množství vláhy
- příznivý průběh teplot
- počasí s nemnoha drsnými zvraty
- přírodní či lidmi kultivovaná vegetace

V každé klimatické oblasti jsou takové poměry jiné. Ale pokud se nemění, místní příroda i obyvatelé se jim dávno přizpůsobili.

Až když chod počasí zcela vybočuje z někdejších mezí, začínáme si uvědomovat, že tím

nejcennějším přírodním zdrojem je stabilní klima

– z něj se odvozují ty ostatní

Stabilní klima jsme bohužel už ztratili.

Teď jde o to, jak moc a jak rychle se klima dále změní.

Připustit, že rychle měníme zemské klima a s ním i mnoho dalších věcí, 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 CO_2 byl spočítán už na konci 19. století.
5. Růst koncentrace CO_2 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 **snižovat a pomáhat těm, kteří jsou nejvíce postiženi**, je výrazem kompetence a odpovědnosti.

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

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

2. **Přírodní vlivy působily spíše opačně**

3. Země si ponechává **skoro watt na metr čtvereční**.

4. **Hlavní roli má oxid uhličitý** z fosilních paliv.

5. Růst koncentrace CO_2 a oteplování jsou nyní **rychlé jako během vymírání na konci prvohor**

6. To vede ke **změně, která dosáhla nebezpečného rozsahu**

7. **Pařížská dohoda chce zabrzdit oteplování, jak je jen možné**

8. **České emise na obyvatele patří k nejvyšším**

- tolik stručně, podrobně s odkazy viz

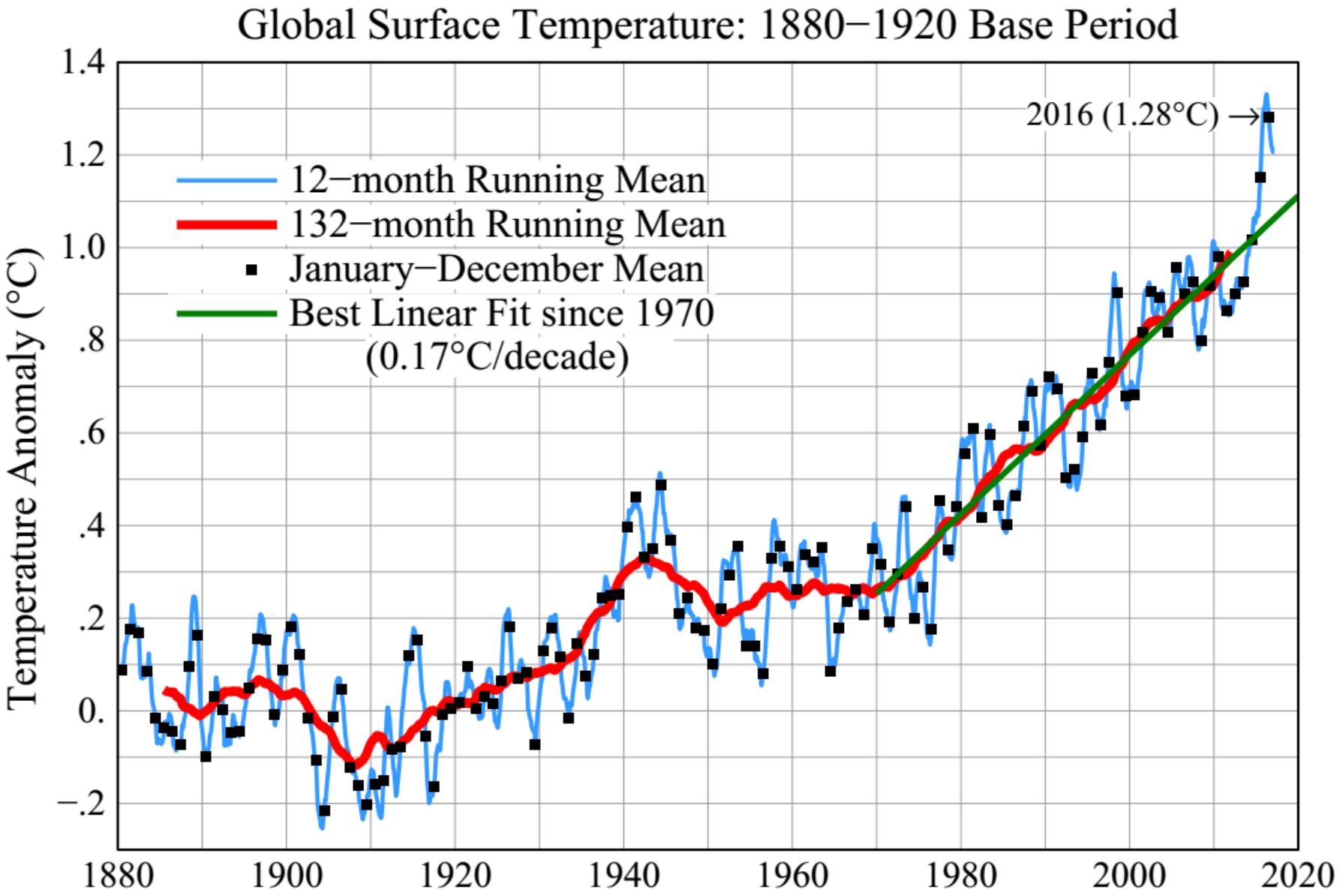
http://amper.ped.muni.cz/gw/CoVime.html

1. Globální oteplování...

Rozumí se tím obvykle jen **nárůst teplotních odchylek** měření z pozemních stanic a z povrchu moří,

braný jako průměr pro celou Zemi.

Později si ukážeme, že naprostá většina tepla jde jinam.



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

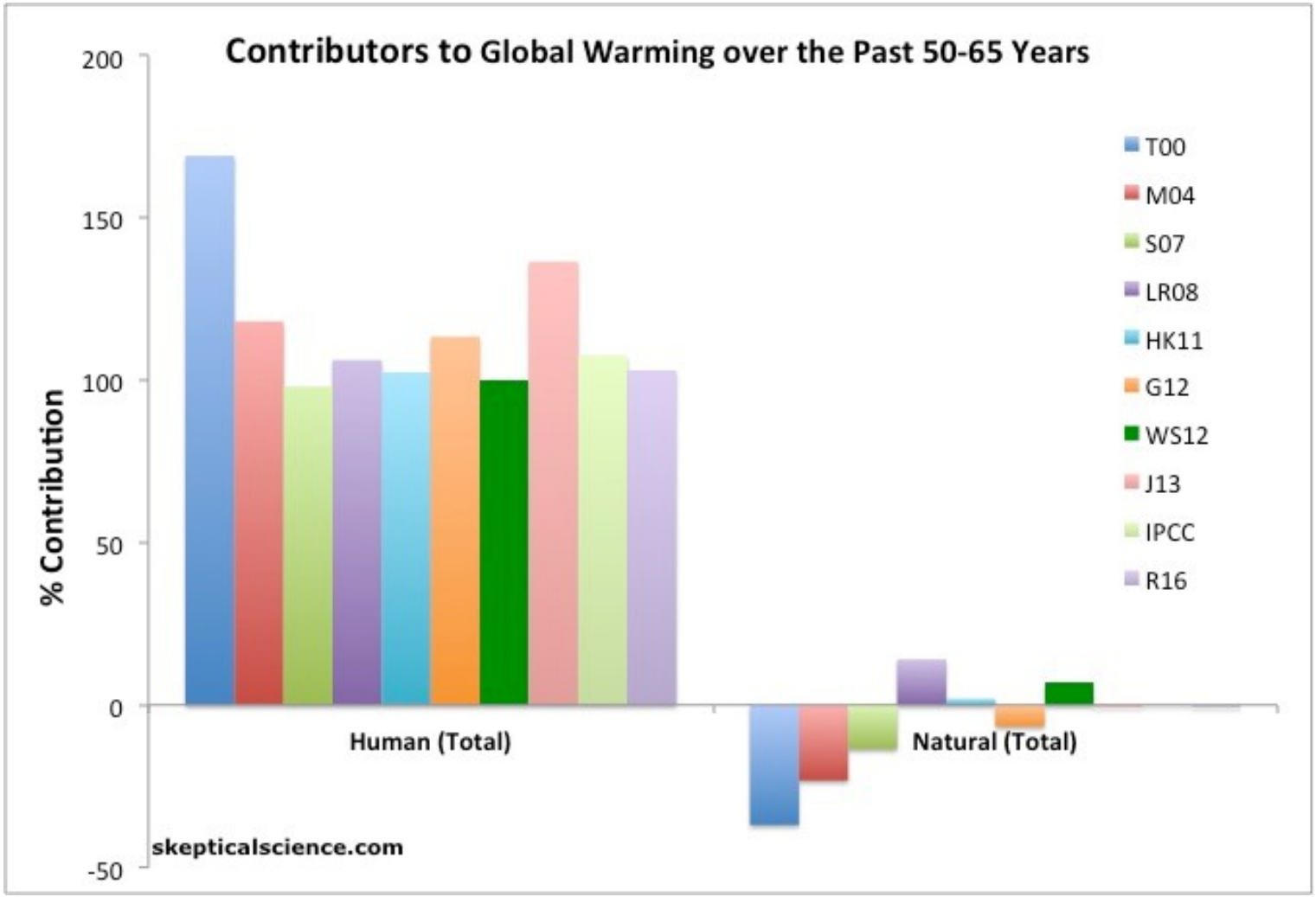
(http://www.columbia.edu/~mhs119/Temperature/ - J. Hansen a M. Sato z NASA GISS)

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 solidního nepřečetli...

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



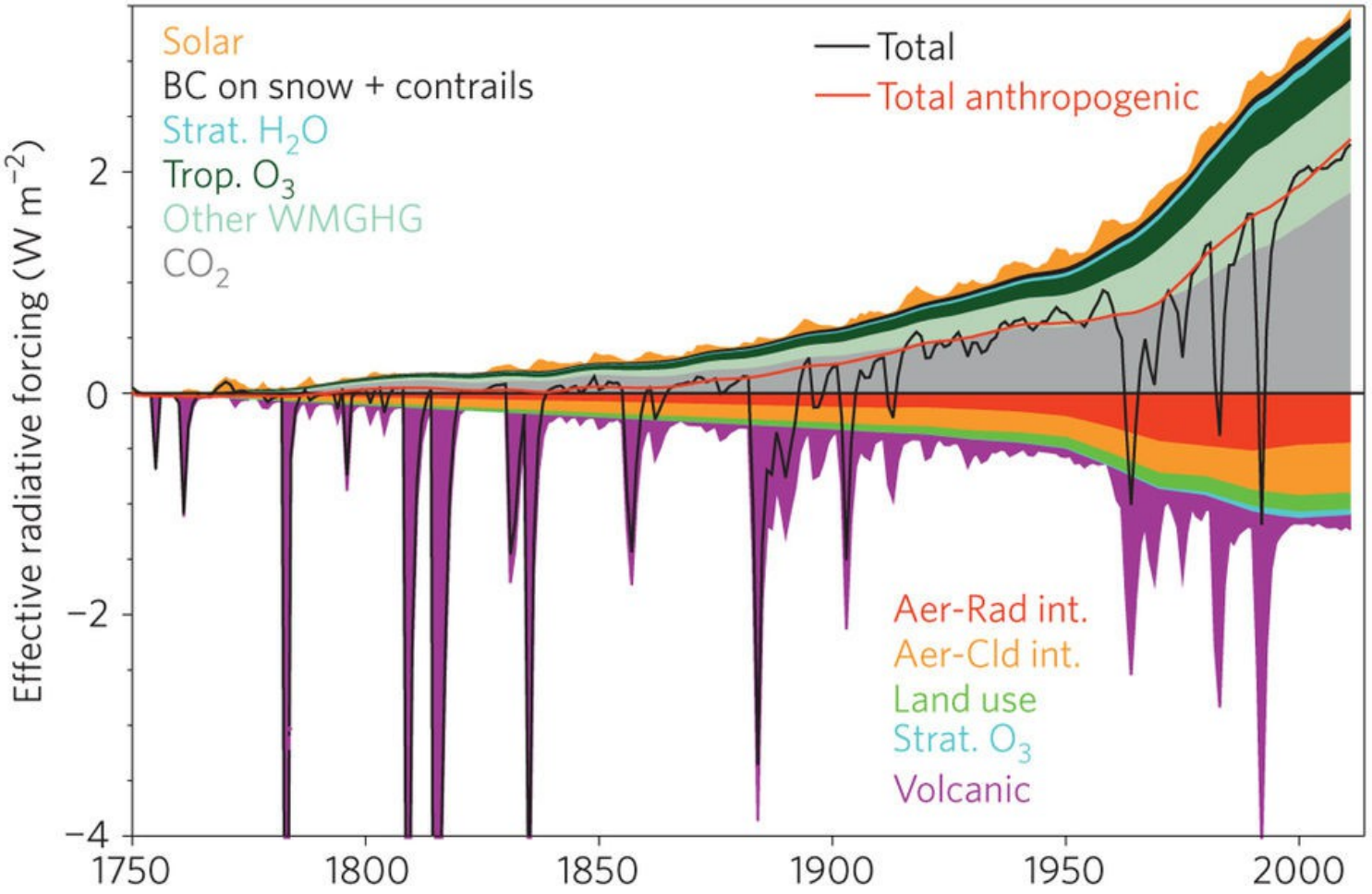
Human vs. Natural Contributions to Global Warming, čili **příspěvky lidstva a příspěvky přírodní ke globálnímu oteplování**, za posledních 50 až 65 let, dle různých prací – převzato ze Skepticalscience.com. Vliv lidstva (vlevo) je kolem 100 %.

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.

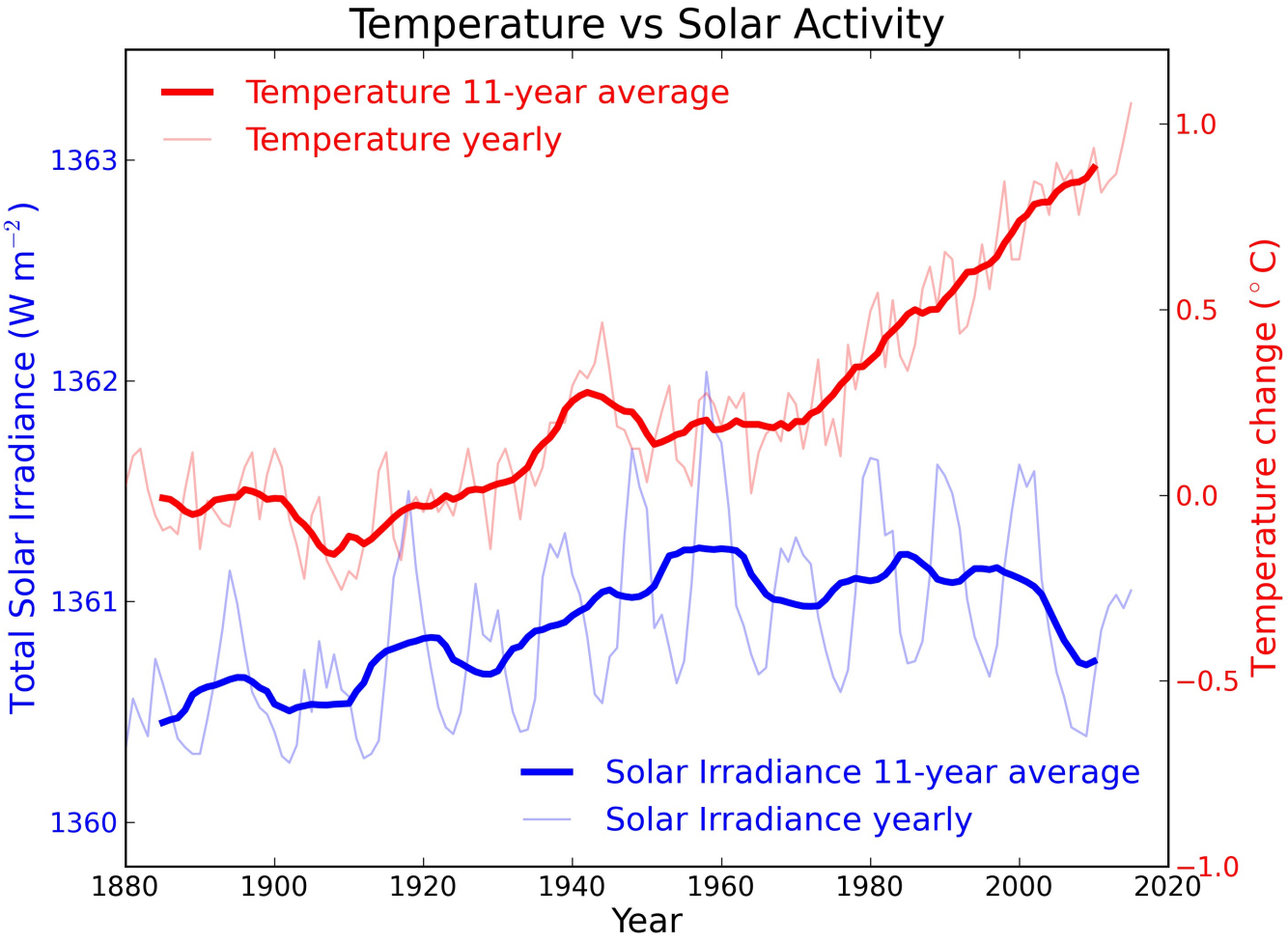
Proti oteplujícímu vlivu skleníkových plynů stojí ochlazující vliv lidských emisí SO_2 ze spalování sirnatých paliv. Ten ale už neroste.

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). Antropogenní aerosoly mají v úhrnu velký vliv ochlazující, menší má i antropogenní změna krajiny. Vlnky nahoře: proměnlivost Slunce; „rampouchy“ dole: ochlazující vliv sopečných erupcí.

2. ...a i výkon Slunce v posledním půlstoletí klesá (jeho růst mírně přispěl k oteplení v 1. půli 20. stol.)



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.

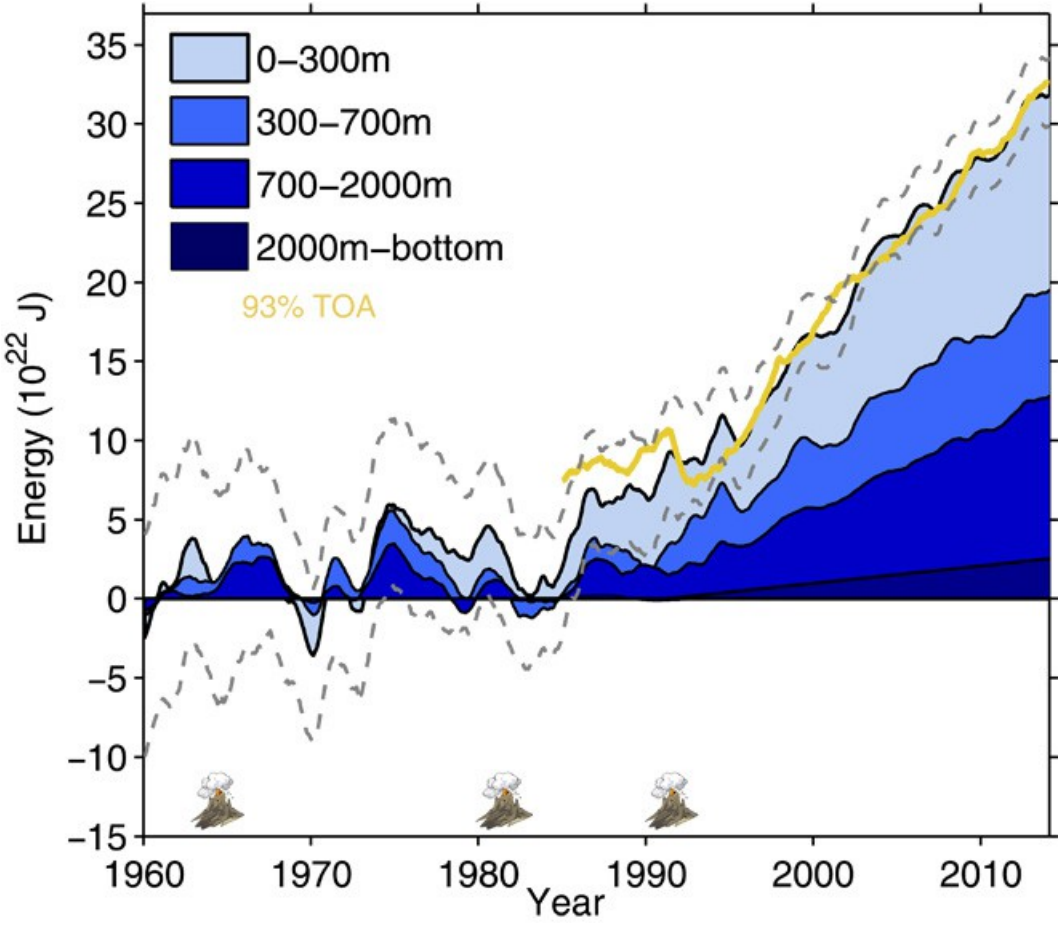
3. Země do vesmíru vrací méně tepla, než získává od Slunce. Ponechává si **skoro watt na metr čtvereční**. Většina jde do oceánů, kde je dobře změřena, na ovzduší připadá jedno procento.

To víme díky měření teplot oceánu, dříve do hloubek 2 km, nyní zčásti až do 6 km (projekt Argo).

První graf ukazuje nárost 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 (doi: 10.1126/sciadv.1601545)

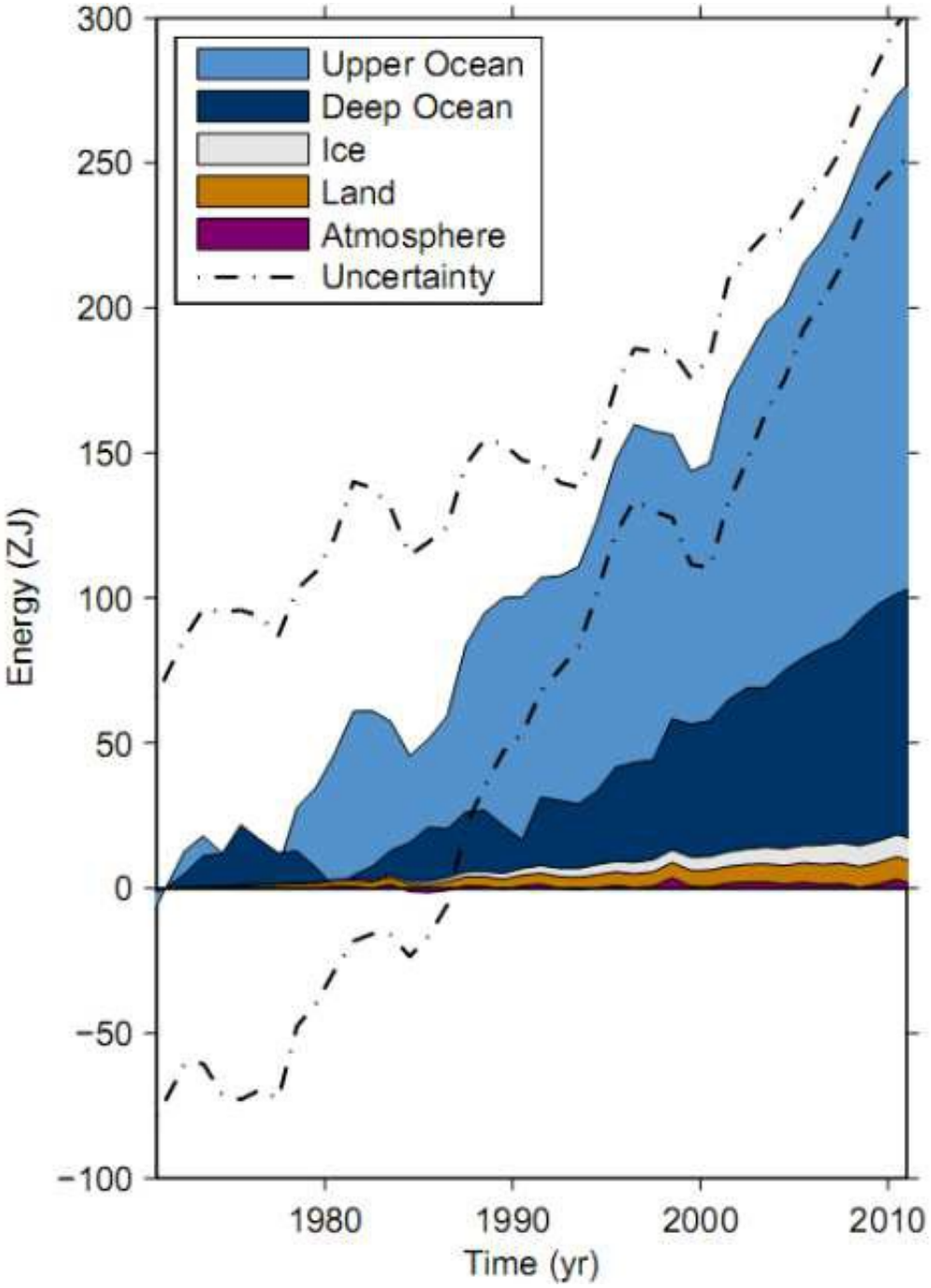
3. ... Na ohřev ovzduší připadá jen 1 % tepla, které Země nevrací do vesmíru.

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 ZJ = 1000 EJ = 10^{21} 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 sálá na zem sklo či plast propustný pro sluneční záření. V ovzduší jsou to **příměsi, jejichž molekuly jsou tvořeny více než dvěma atomy - skleníkové plyny**

Nebo jinak, při pohledu „zvenčí“:

do vesmíru sálá až chladné ovzduší místo teplého povrchu.

(sálání = emise záření vlivem teploty tělesa)

zdroj: Veronica, kreslila Olga Pluháčková; *prostudujte si prosím plně čitelnou pdf verzi plakátu*

Jak silné je sálání ovzduší dolů?

Na metr čtvereční povrchu dopadá tohoto infračerveného záření v průměru **třetina kilowattu**

Slunečního záření získává povrch Země

dvakrát méně

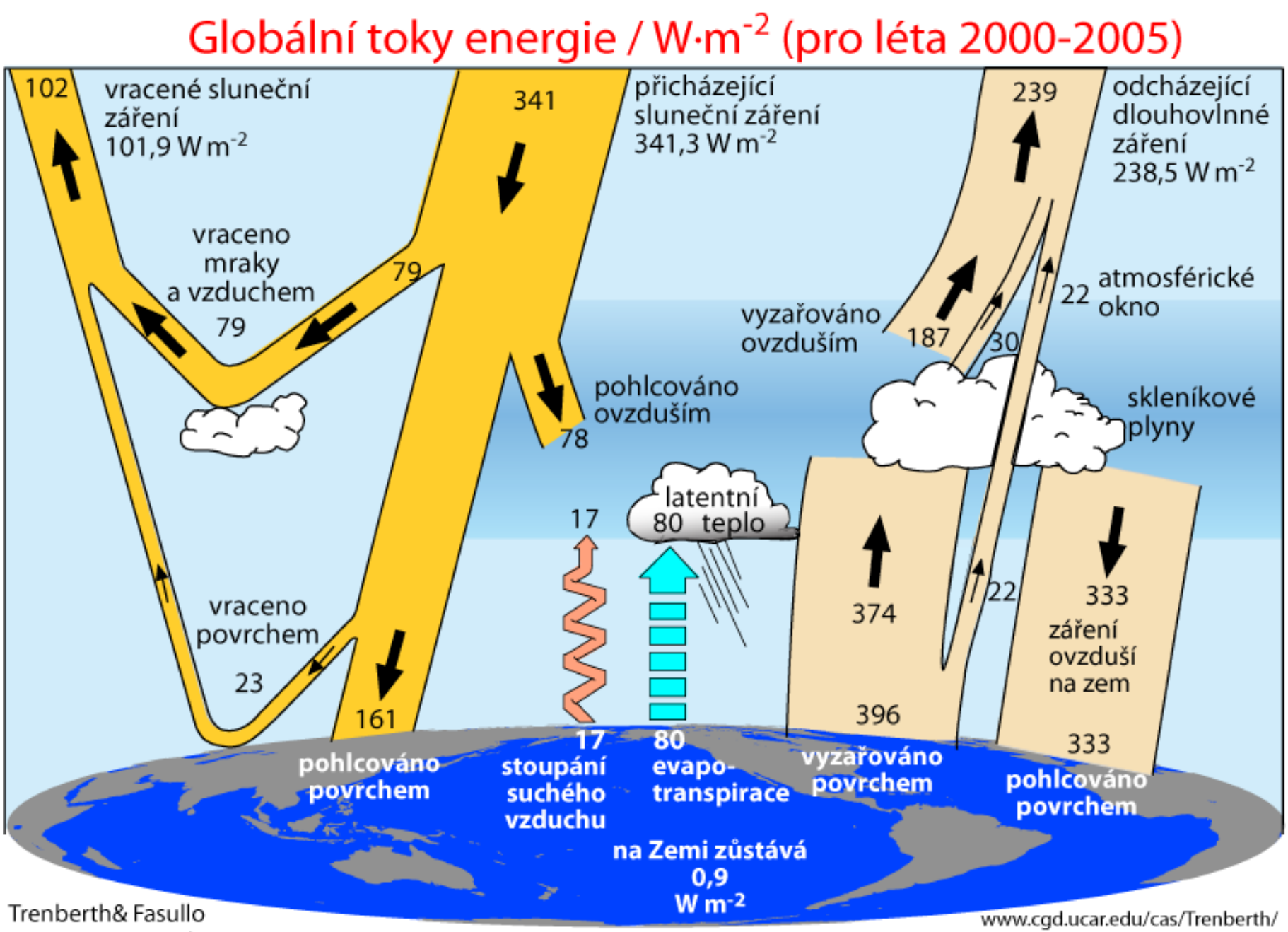
Přírodní skleníkový jev je ohromně silný:

dvakrát silnější než sluneční záření
pohlcované zemským povrchem

a proto jeho, vlastně jen malé, jednoprocentní **zesílení**, které jsme způsobili přidáním skleníkových plynů (hlavně oxidu uhličitého z fosilních paliv) do ovzduší,

vede k nevídanému ohřívání planety

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



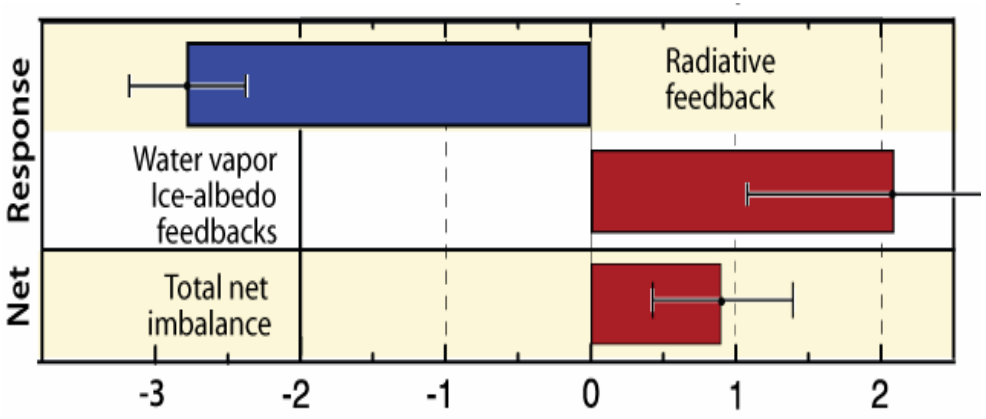
Trenberth& Fasullo
(National Center for Atmospheric Research), 2011 – Tracking Earth's Energy: From El Niño to Global Warming

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

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. Už by se neoteplovalo, kdyby vlivem oteplení nepřibylo v ovzduší vodní páry a povrch neztmavl úbytkem sněhu a ledu



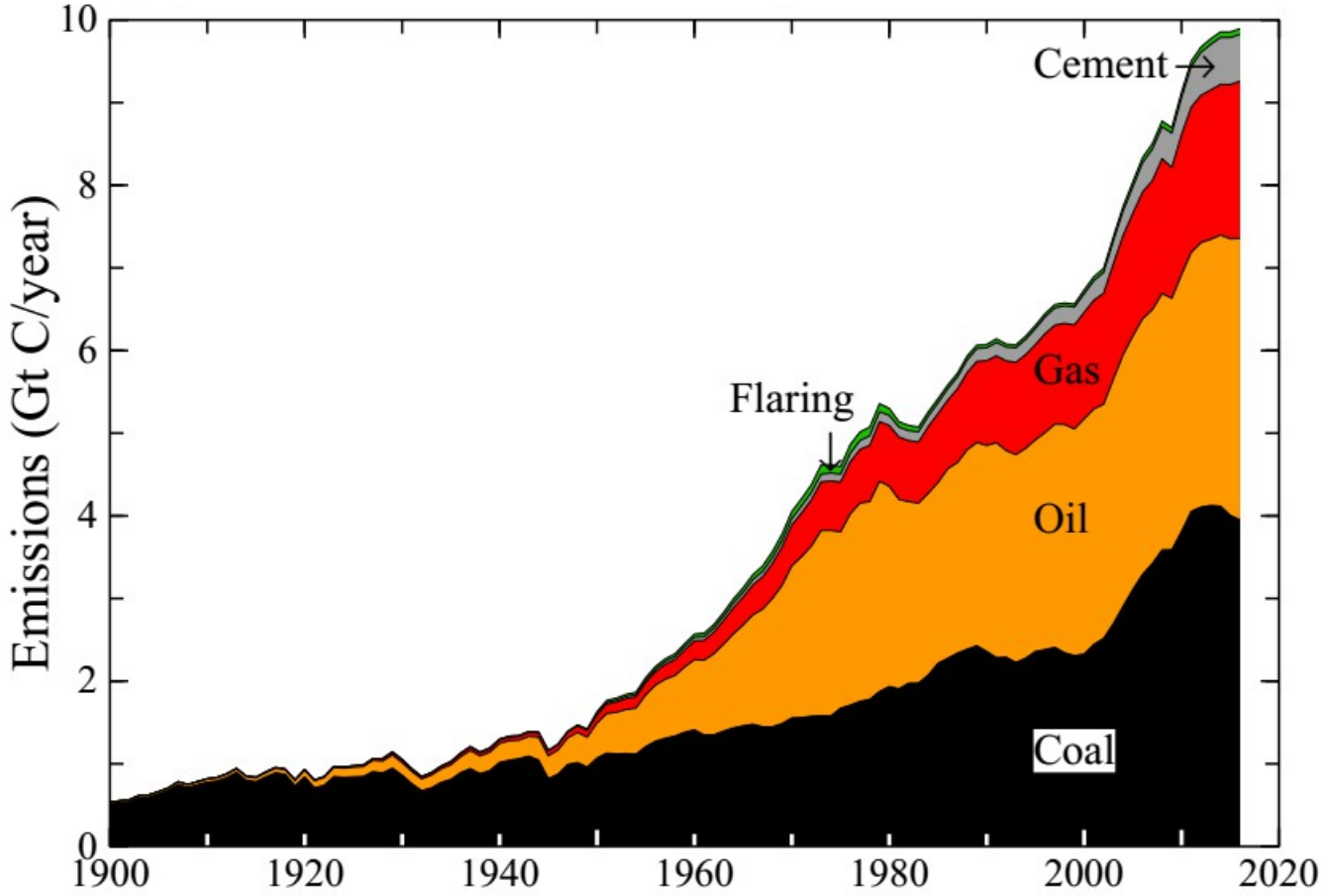
Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné jako “Energy Diagnostics...” v seznamu autorových publikací

4. Hlavní roli má **oxid uhličitý** z fosilních paliv,
lidstvo ročně vypouští na 40 Gt,
vulkanismus 100× méně.

Vliv CO_2 byl spočítán už na konci 19. století.

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

Tolik gigatun uhlíku z fosilních paliv (a výroby cementu) bylo ročně emitováno do ovzduší ve formě CO_2:



hmotnost uvolněného CO_2 je 3,67× vyšší

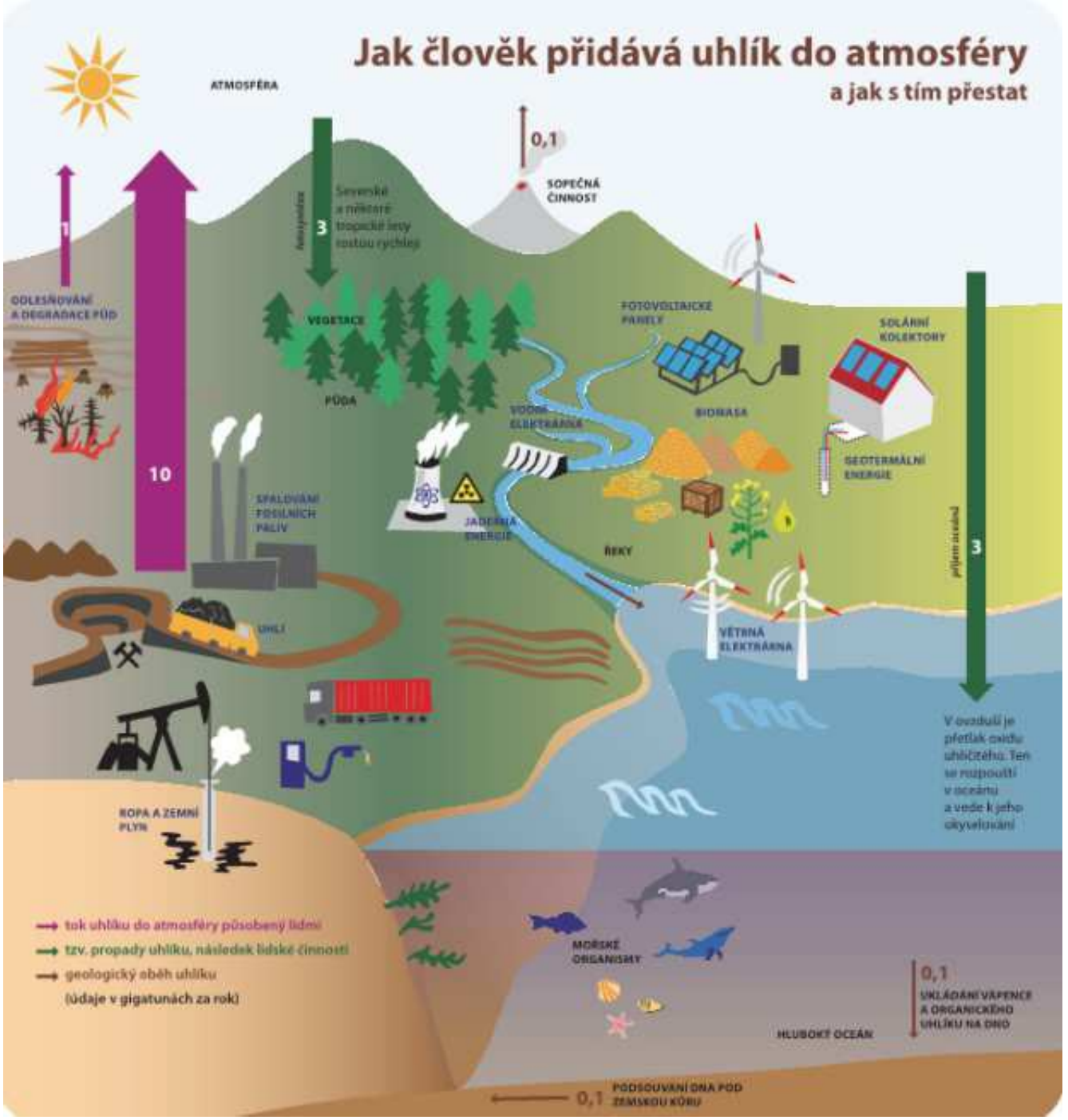
(Hansen a Sato, http://www.columbia.edu/~mhs119/CO2Emissions/)

4. …
vulkanismus
100× méně

zdroj: Veronica;
prostudujte si pdf verzi

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

...vliv CO_2 na teplotu Země spočítal již Svante Arrhenius na konci 19. stol.



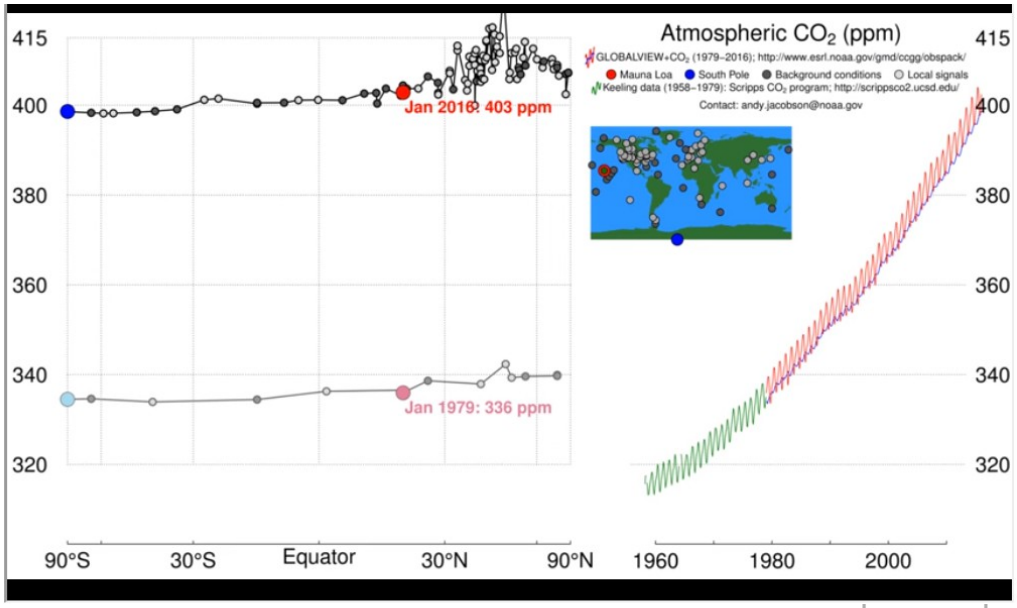
Zopakujme:

Příčinou oteplování je

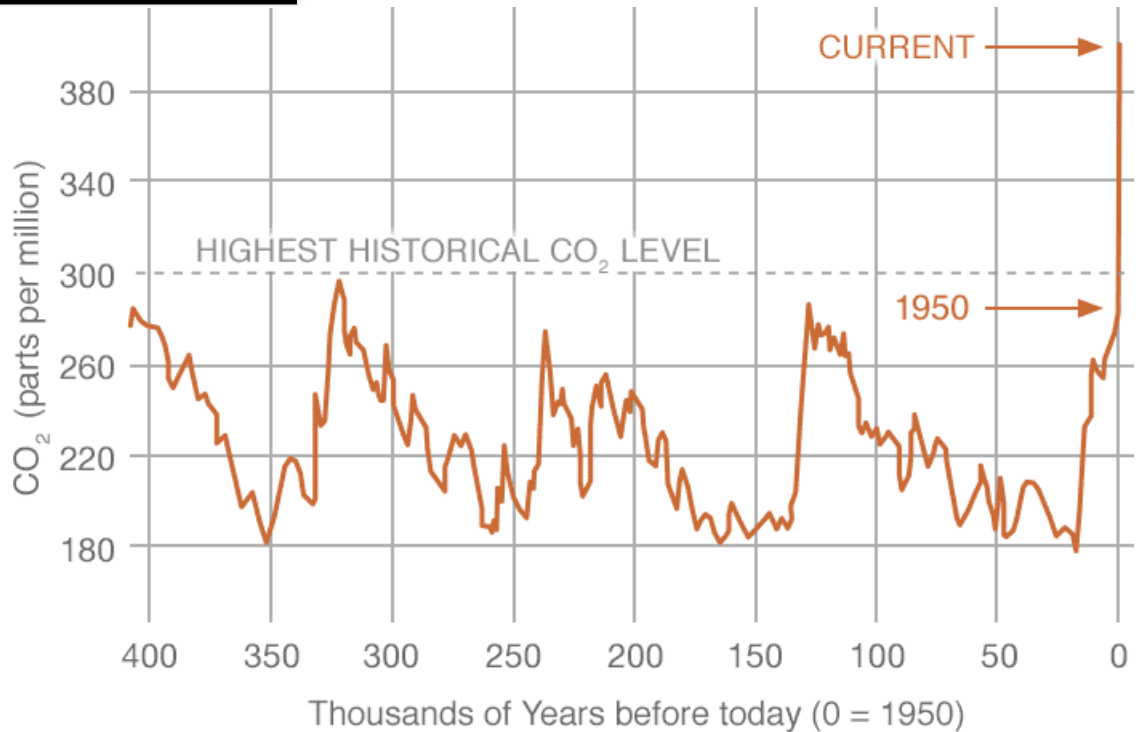
rostoucí koncentrace
skleníkových plynů
vinou využívání fosilních paliv

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

(odkaz vede na animovaný graf koncentrací CO_2
http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/history.html, – Kellingovu křivku prodlouženou díky antarktickému ledu až 0,8 Ma do minulosti)



Koncentrace CO_2 byla před staletími 0,28 ‰, nyní již přesáhla laťku 0,4 ‰
Ve čtvrtohorách byla vždy pod 0,30 ‰



5. Růst koncentrace CO_2 a tím vyvolané oteplování jsou nyní

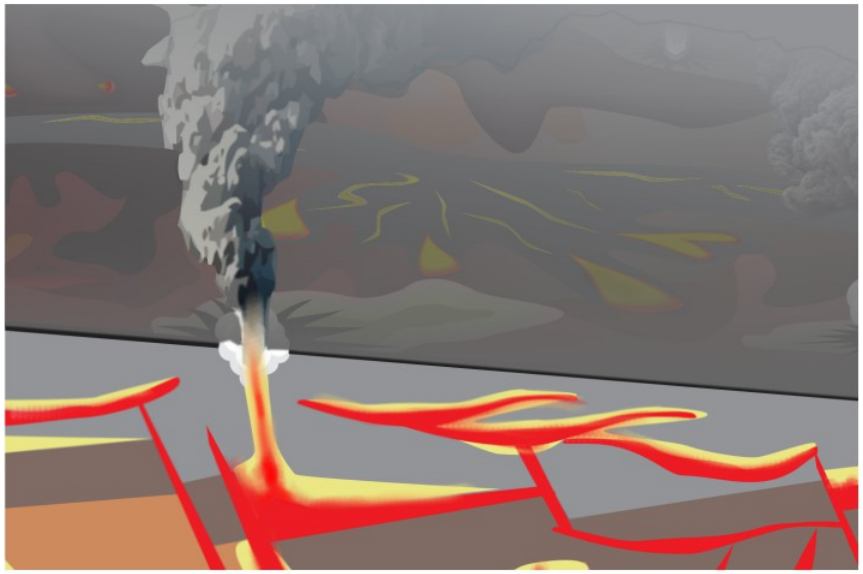
rychlé jako během vymírání na konci prvohor

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 klima neměnilo už desítky, ne-li stovky miliónů let**.

5. Růst koncentrace CO_2 a tím vyvolané oteplování jsou nyní aspoň tak rychlé jako během vymírání na konci prvohor ...



Then

Now

...které bylo způsobeno gigantickým vulkanismem v místech dnešní Sibiře. Rozhodující emise CO_2 ale nebyly z magmatu, nýbrž z uhelných slojí, které byly magmatem zahřáty. Ohřev poskytly tzv. ložní žíly magmatu (sills), které pronikaly mezi vrstvy sedimentů. Maximální tempo růstu koncentrace oxidu uhličitého 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.

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.

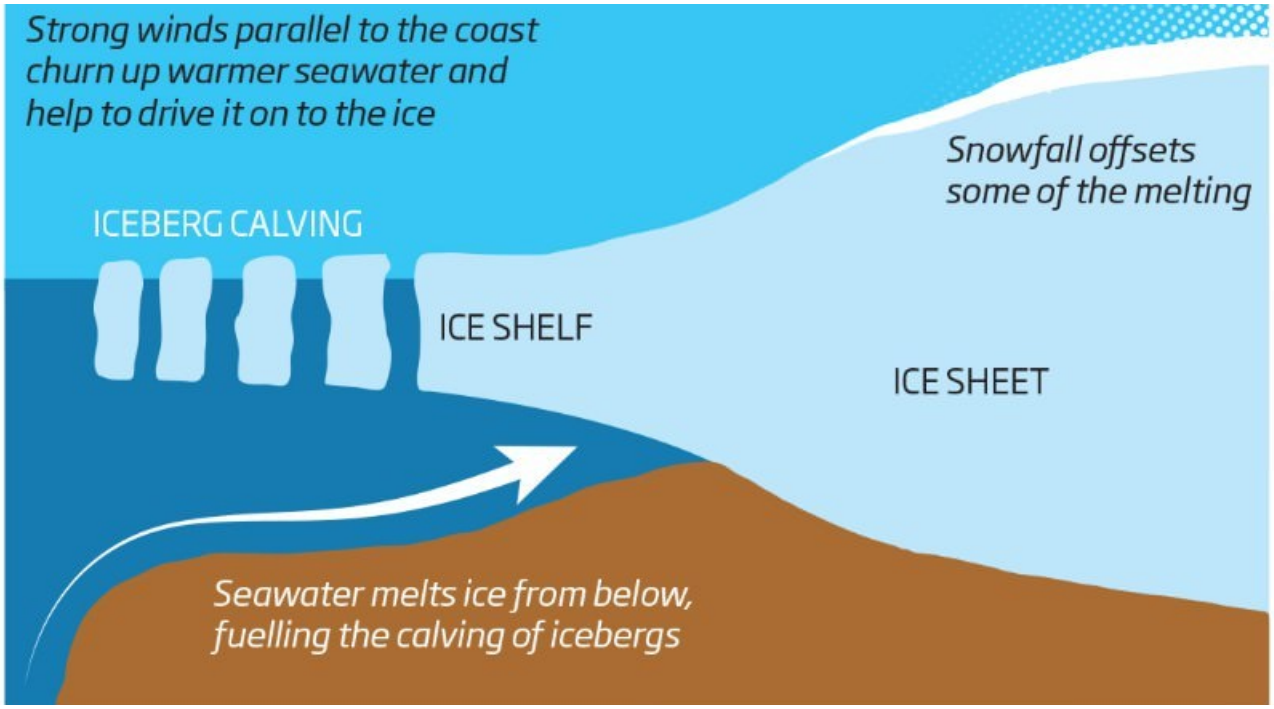
O dopadech globálního oteplování, které je příčinou klimatické změny, slýcháme už skoro pořád. Ona změna je už v mnoha regionech velmi škodlivá a dále roste a poroste.

Neodvratný se už jeví rozpad většiny ledového příkrovu Západní Antarktidy a možná i Grónska

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

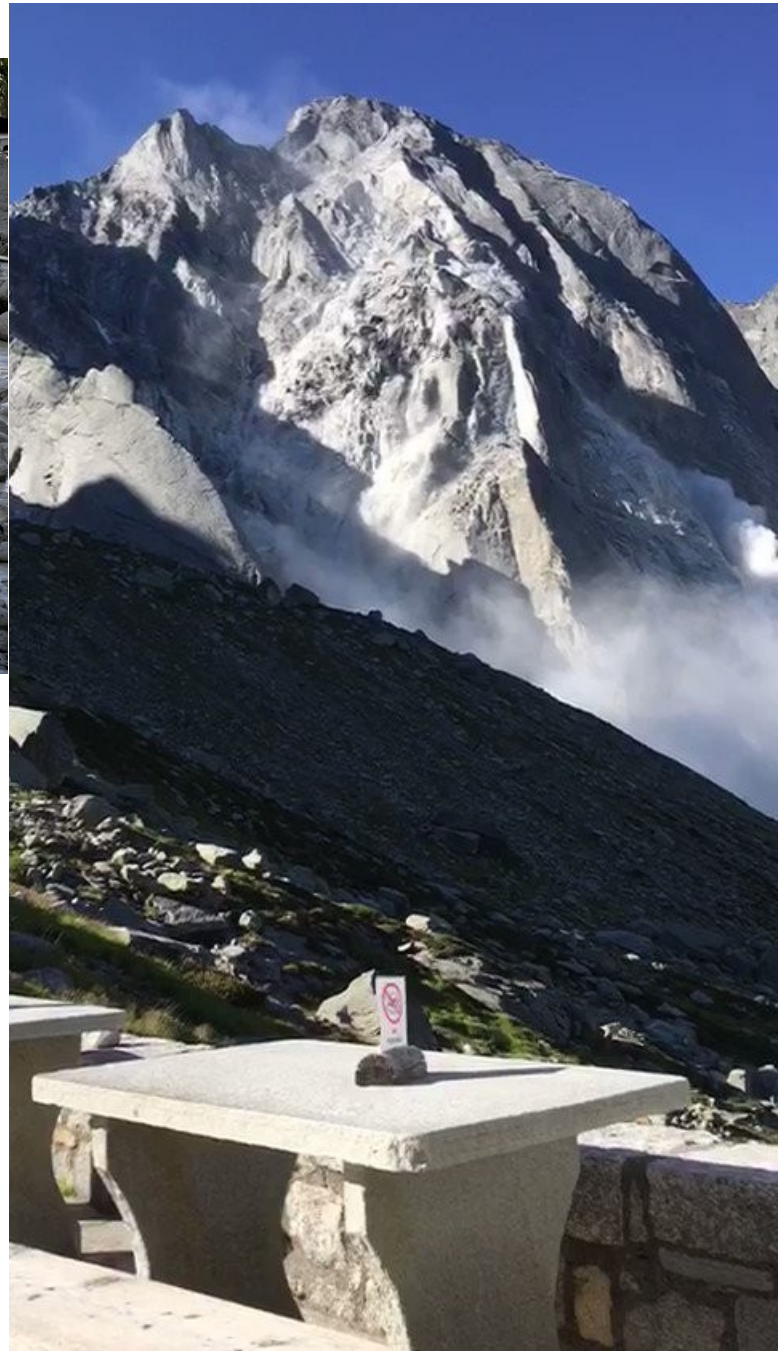
...rozpad příkrovu Západní Antarktidy a možná i Grónska:

vlivem příliš teplé mořské vody; jen z tamního ledu, který předtím byl opřen o pevninu, může hladina oceánu do konce století stoupnout o 1 m



Problém dělá ale i tání v Alpách...

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 odklízení prvního sedimentu.

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

Teplejší atmosféra může pojmout více vodní páry

Mohou tak nastávat **mohutnější srážky**

(jako monzunové povodně a záplavy v Nepálu, Indii a Bangladéši v létě 2017).

Ale přijde-li nebývale teplý vzduch, který je suchý, **vysuší krajinu** mnohem více než vzduch chladný

(jako se to děje od r. 2015 na Moravě – důsledkem je pokles hladin spodních vod).

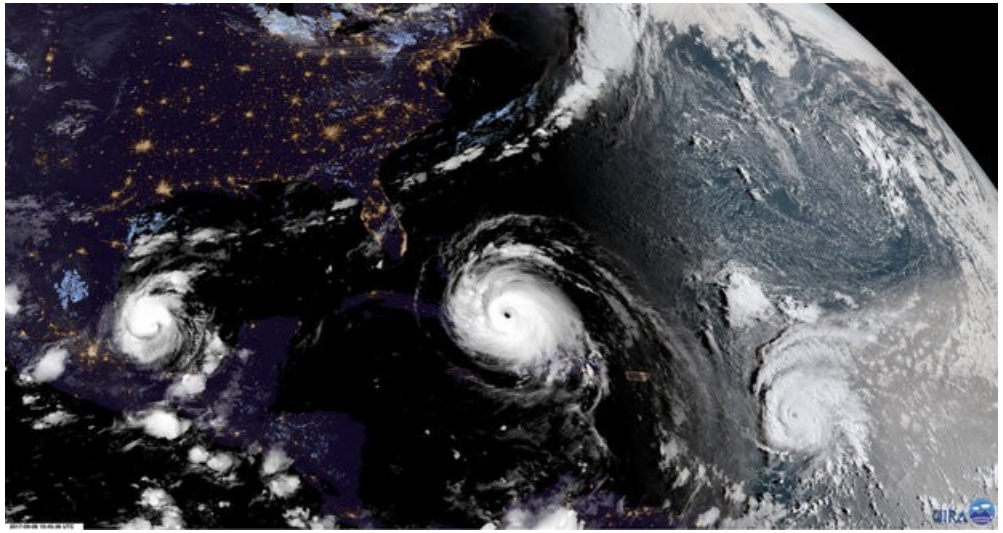
Nebývale teplý, do hloubky prohřátý oceán

umožňuje rozvoj tropických cyklónů do té největší rychlosti větru: „5“

a jejich pokračování v ohromném rozsahu

a s ohromnými srážkami

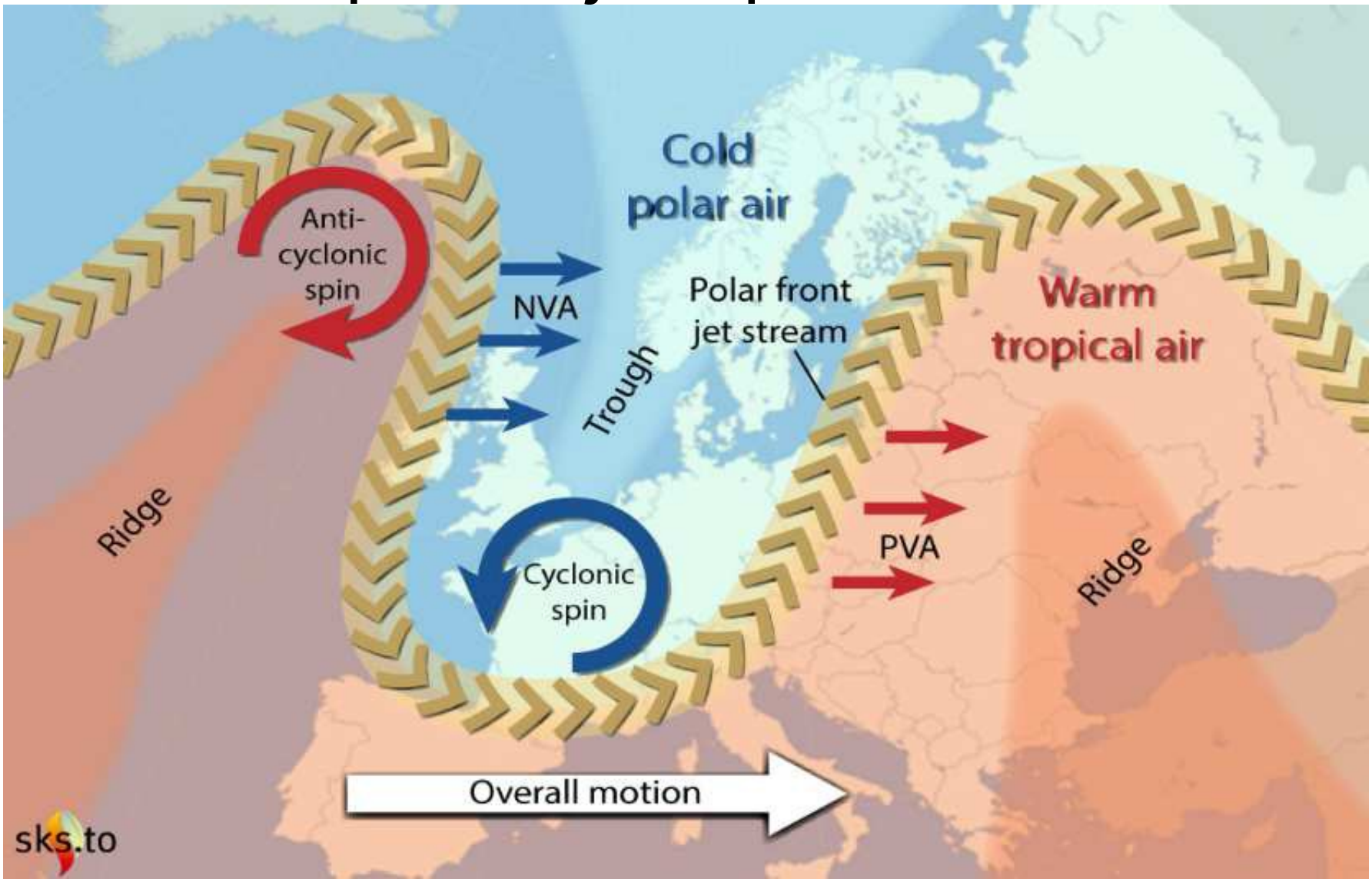
(Florida měla teď štěstí... hurikán Irma se zeslabil kontaktem s Kubou a pak průchodem nad pevninou místo nad mořem)



A u nás?

Teplá Arktida
=>
Ztráta našeho mírného podnebí

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



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 méně hrozné důsledky než oteplení o celé dva kelviny, natož větší.

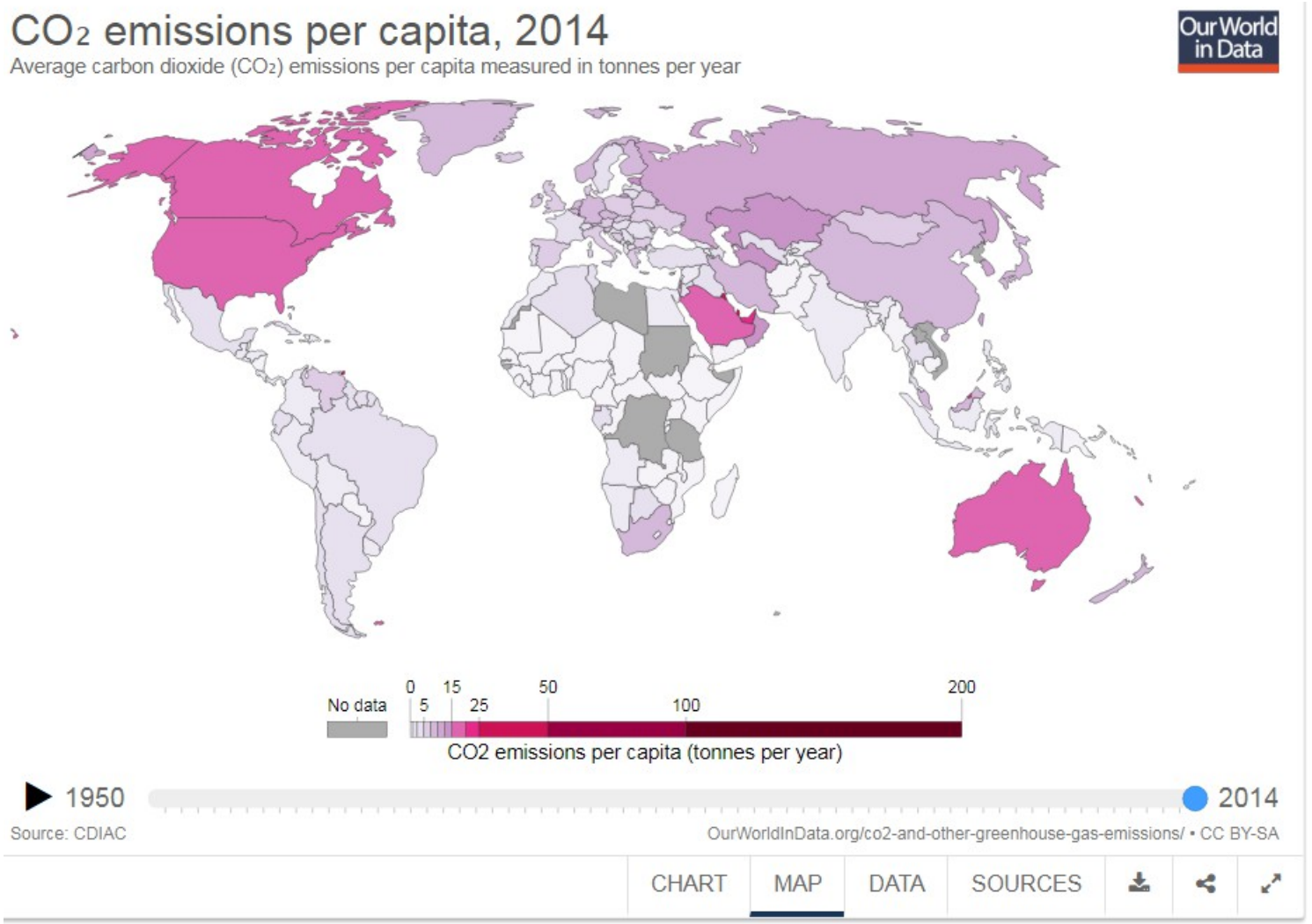
Závazky všech států jsou jejich, dobrovolné. Když je nebudou plnit, budou z toho mít jen hanbu. **Dosavadní závazky zdaleka na zastavení oteplování pod laťkou 2 K nestačí.**

1 K už máme za sebou

Společný závazek dávat *100 miliard $ ročně zemím chudším*, zvláště postiženým, na snižování emisí a adaptaci (Green Climate Fund), není nijak silný. Je to 2200 miliard korun – *jen dvojnásobek rozpočtu Česka* a polovina jeho HDP... Fond má totiž pomáhat asi pěti miliardám lidí.

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.



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

V úterý 6. září se Poslanecká sněmovna usnesla, že souhlasí s ratifikací Pařížské dohody.

A brněnské zastupitelstvo schválilo přistoupení k Úmluvě starostů a primátorů v oblasti klimatu a energetiky (www.paktstarostuaprimatoru.eu).

V ní se signatáři zavazují „snížit do roku 2030 emise CO2 alespoň o 40 % a přijmout integrovaný přístup k mírnění změn klimatu a adaptaci na ně“

Týž závazek už mají 3 jiné české obce, jiné pak závazek k roku 2020:

Signatories	Population	Commitments	Status
Brno, CZ	377,973	2030 ADAPT	
Chrudim, CZ	22,684	2020	
Hlinsko, CZ	10,143	2020	
Jeseník, CZ	12,510	2020	
Liberec, CZ	106,000	2030 ADAPT	
Litoměřice, CZ	24,101	2030 ADAPT	
Lkan, CZ	170	2020	
Mezilesí, CZ	1,995	2020	
Ostrava, CZ	300,569	2020	
Písek, CZ	29,800	2030 ADAPT	
Praha, CZ	1,246,780	ADAPT	

Každá spotřeba, je-li opřená o fosilní paliva a není-li nezbytná, je nemravná

- A to je naprostá většina **topení, cestování, elektřiny**
- a také **výroba** čehokoliv (kolik fosilního uhlíku na ni bylo spotřebováno, leckdy dobře odráží cena výrobku).
- Výrobu posiluje **zahazování a opětovné nakupování**.

Dodatek:

nemluvili jsme o **emisích metanu** a oxidu dusného. K jejich snížení je nutná **veliká redukce spotřeby mléčných výrobků a masa**, tedy mnohem větší podíl potravy rostlinného původu. *K tomu může přímo přispět každý, kdo není vegan...*

Z encykliky Laudato si' papeže Františka

14. Naléhavě vyzývám k obnovení dialogu o způsobu, jímž pojímáme 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

(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. ...