

Jak učit o astronomických vlivech na zemské klima

Jan Hollan^{1,2} a Tomáš Miléř¹

¹ Pedagogická fakulta MU

² CzechGlobe –

Centrum výzkumu globální změny

AV ČR, v.v.i.

A: Příčiny střídání ročních období, teplotní vyzařování, insolace vysokých severních šířek, sluneční "aktivita" a proměny "sluneční konstanty", proměny albeda, podstata skleníkového jevu, jeho antropogenní zesílení, geologicky bezprecedentní proměny planety ve Sluneční soustavě - té naší.

Proč elita, kterou jistě představují hvězdáři, Zemi pomíjí?

Jak to napravit? Pracovní text může být oporou:

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

(**K:** geometrické proměny insolace; zář Slunce; albedo; růst skleníkového jevu; astronomie Země)

Příčiny střídání ročních období

„Modernisticky“: obrázky Země na její orbitě – zbytečně abstraktní, nevedou k pochopení

Topocentricky, jako po téměř celou dobu přítomnosti lidstva v mírném pásu:

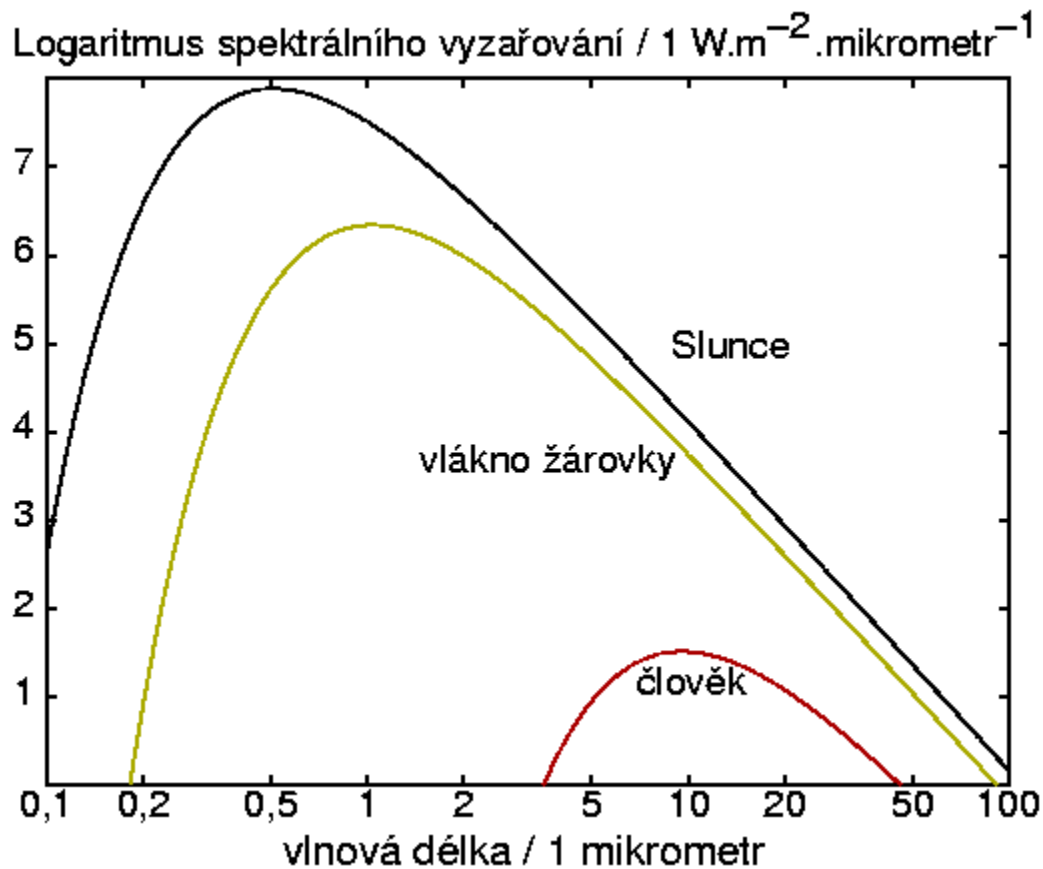
Slunce putuje po **obloze** různými rovnoběžnými cestami – dlouhými či krátkými, bývá i vysoko a pálí či jen nízko a je „zubaté“.

(nezapadá vždy na západě... slunovraty jsou azimuty, lze je pozorovat)

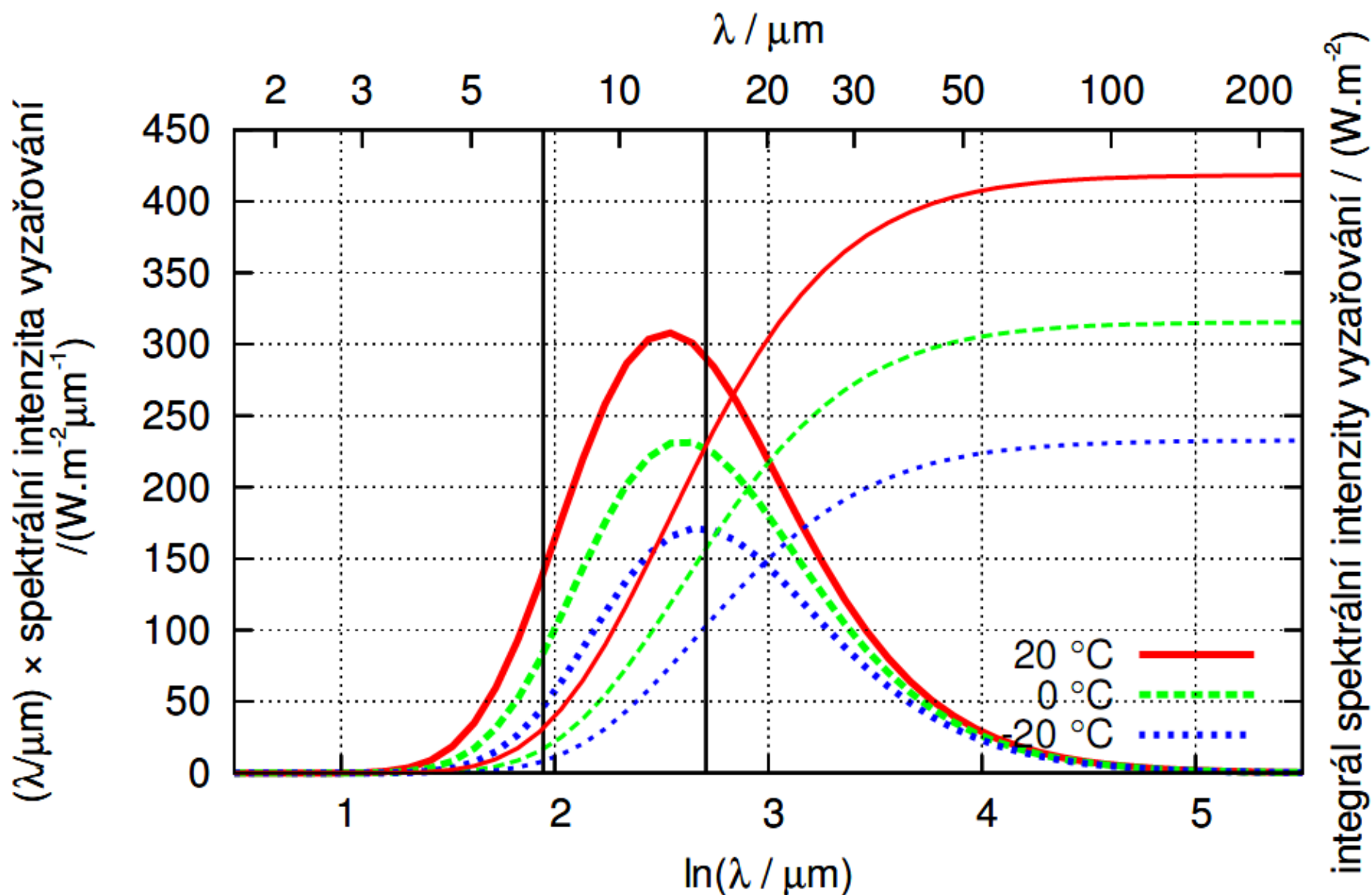
Teplotní vyzařování

- **nikoliv** „tepelné“
- protože **každé** záření je tepelný tok
- běžně užíváme světlo neteplotního původu
- většina tepelných toků je ale záření vzniklé tím, že látka, která ho vyslala, měla nějakou teplotu
- česky jednoslovně: **sálání**
- ne všechny látky sálají (mezihvězdný vodík, vzduch zbavený skleníkových plynů)
- emitance (=absorptance) + transmittance + reflektance = 1

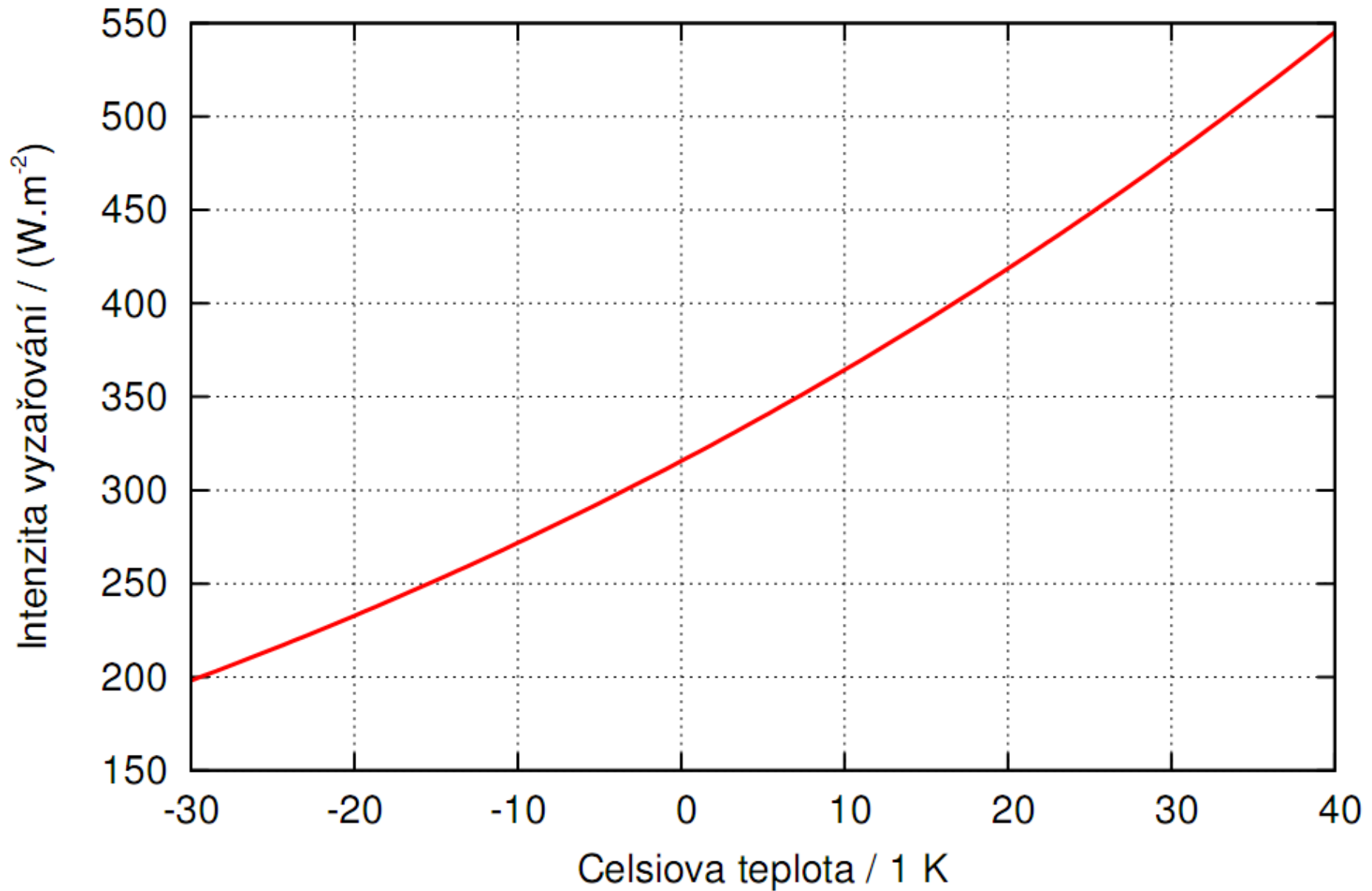
Planckův vyzařovací zákon



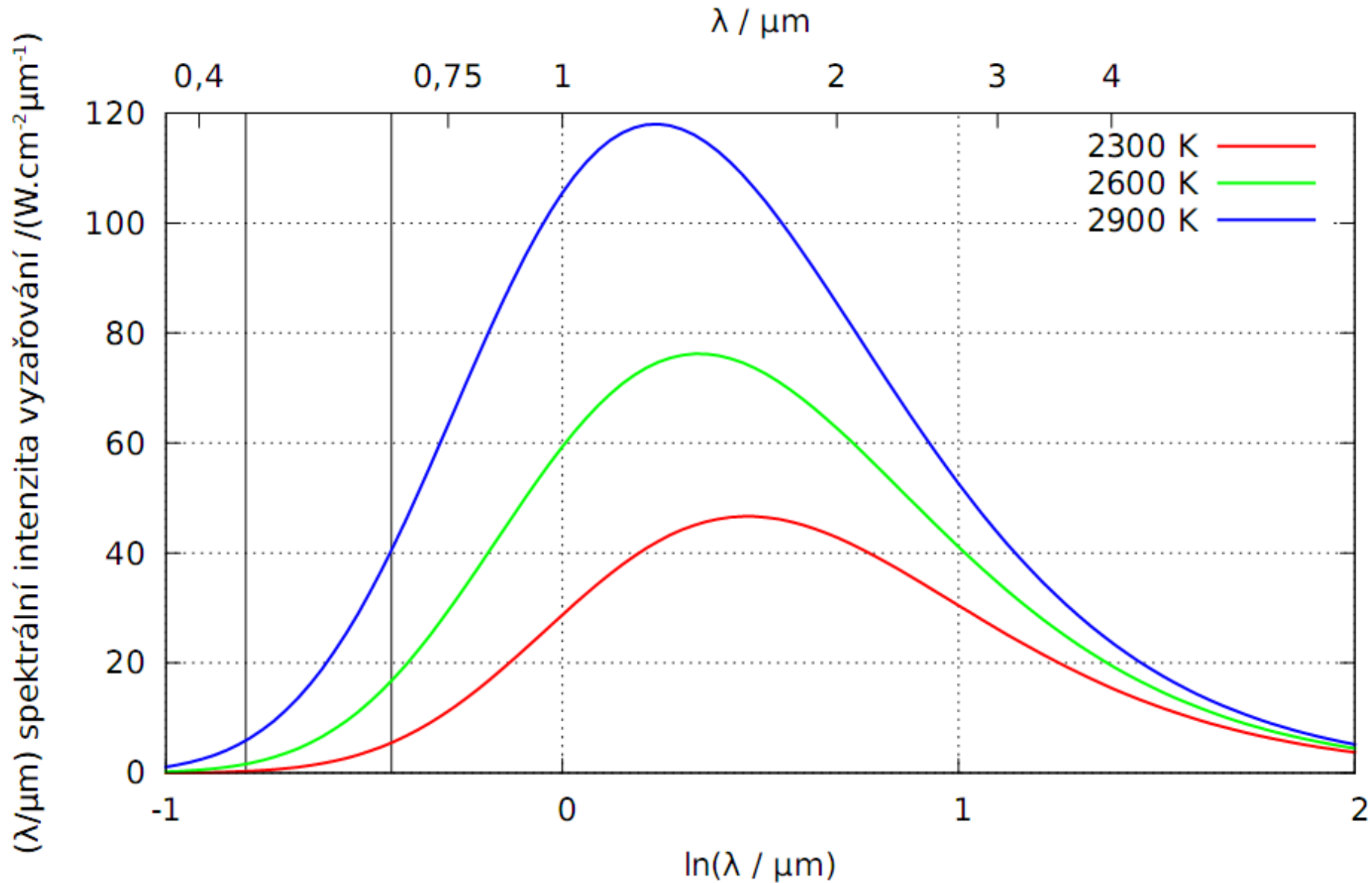
Záření černého tělesa - Planckovy funkce a jejich integrály
(je vyznačeno pásmo LWIR od 7 μm do 15 μm)



Záření černého tělesa

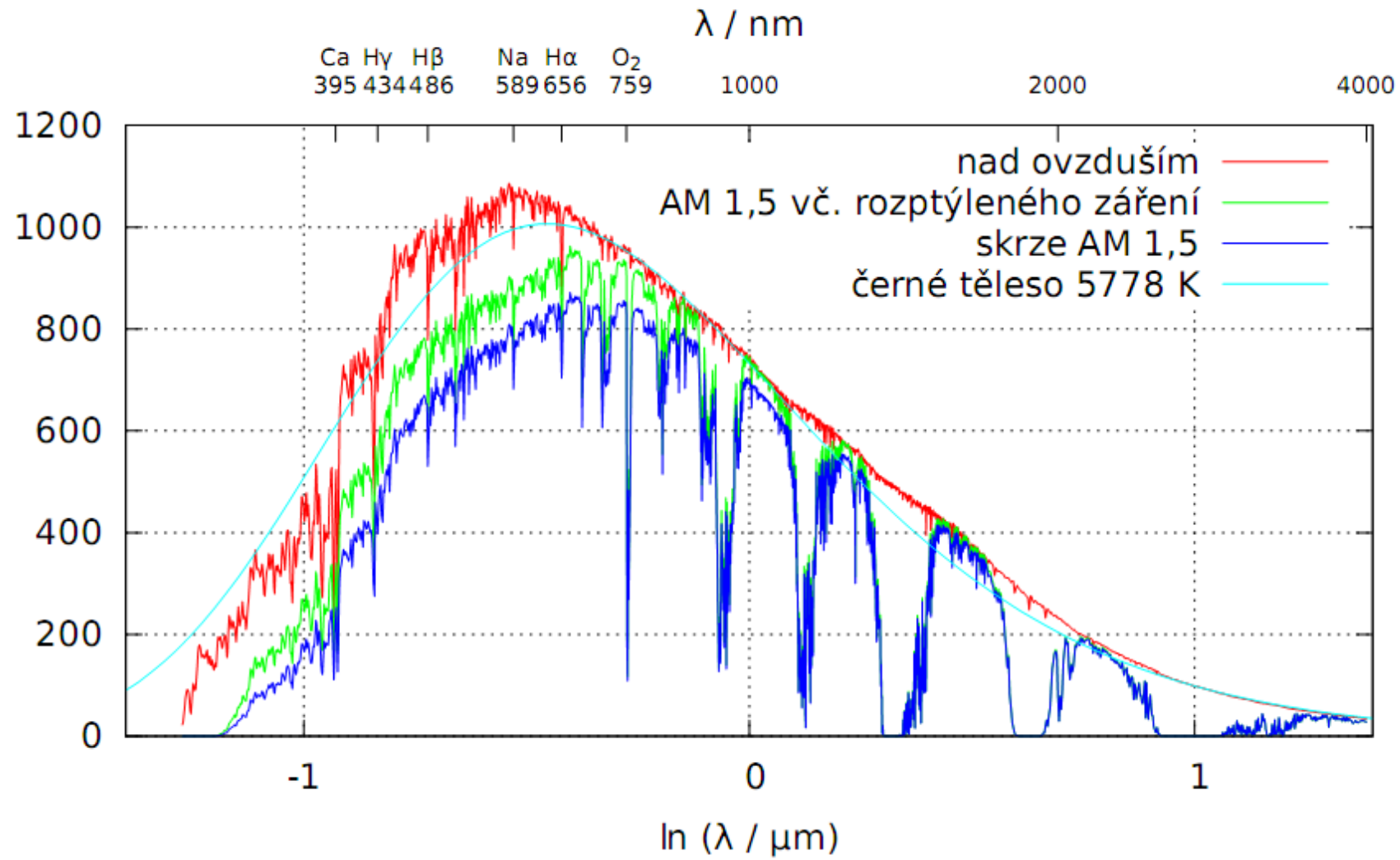


Záření vlákna s emitancí 0,4 - Planckovy funkce
(je vyznačeno pásmo od 0,45 μm do 0,65 μm , nejdůležitější pro osvětlování)



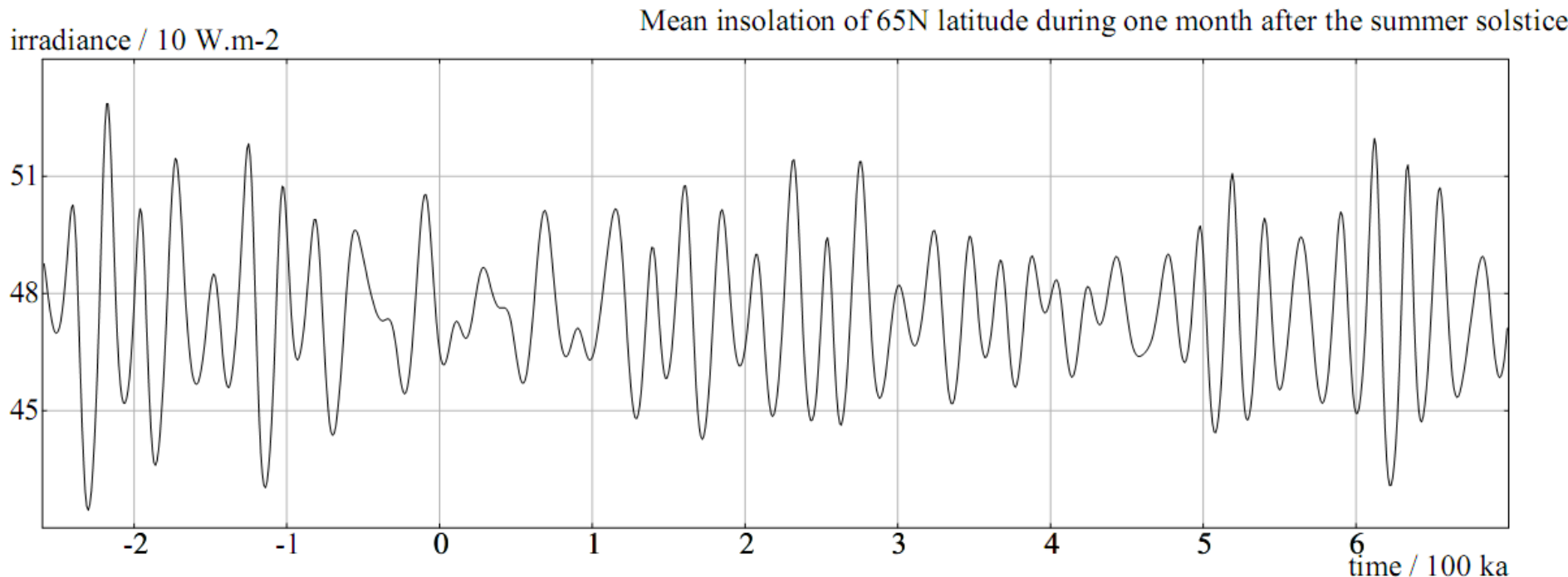
Sluneční spektra, log. stupnice λ ; Planckova funkce pro 5778 K

$(\lambda / \mu\text{m}) \times \text{hustota spektrálního zářivého toku} / (\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \mu\text{m}^{-1})$



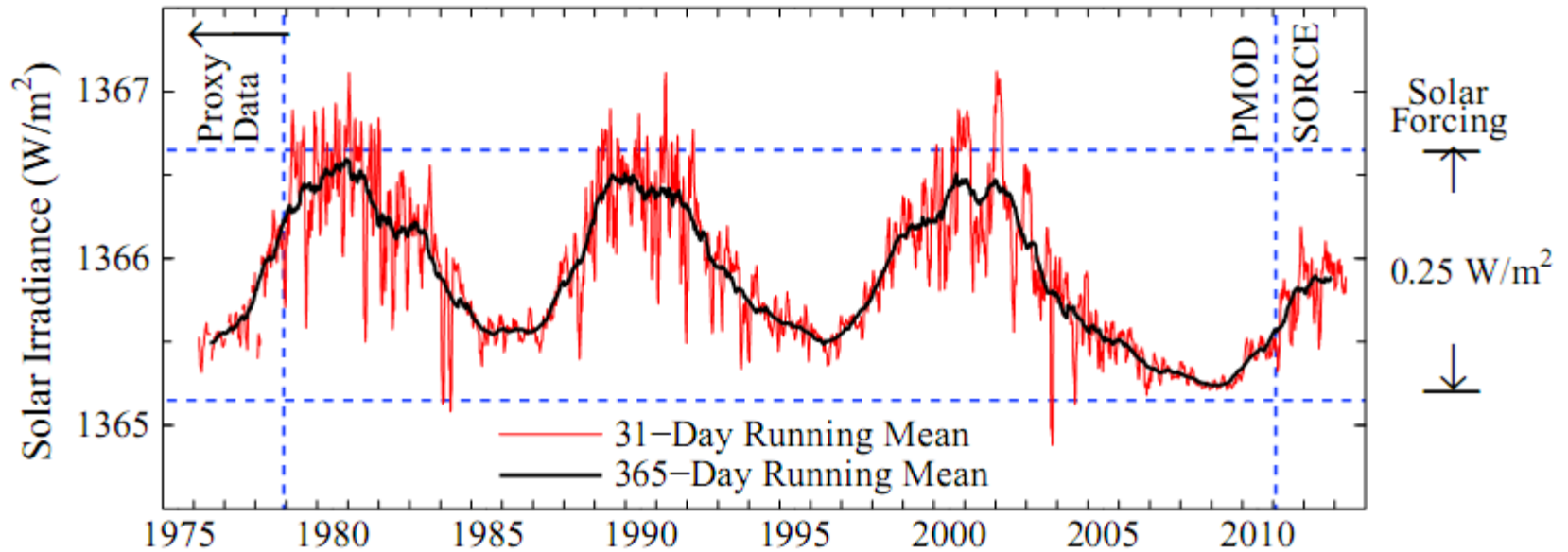
Insolace vysokých sev. šířek

v létě se mění hodně, ale pomalu... a nyní jen malinko, ježto je excentricita velmi malá

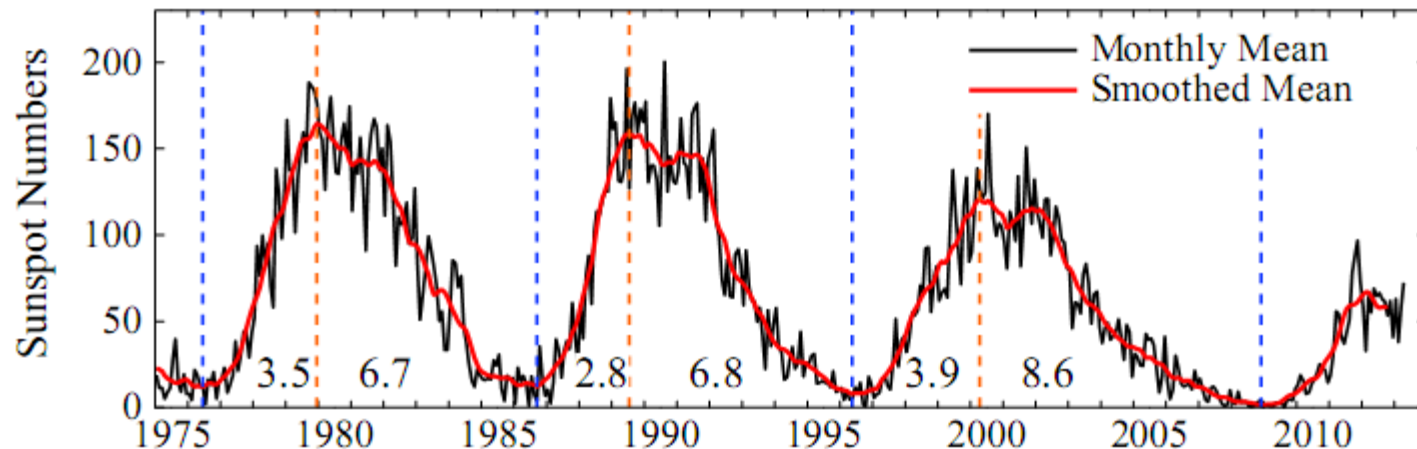


„Divné“ změny „sluneční konstanty“

Total Solar Irradiance

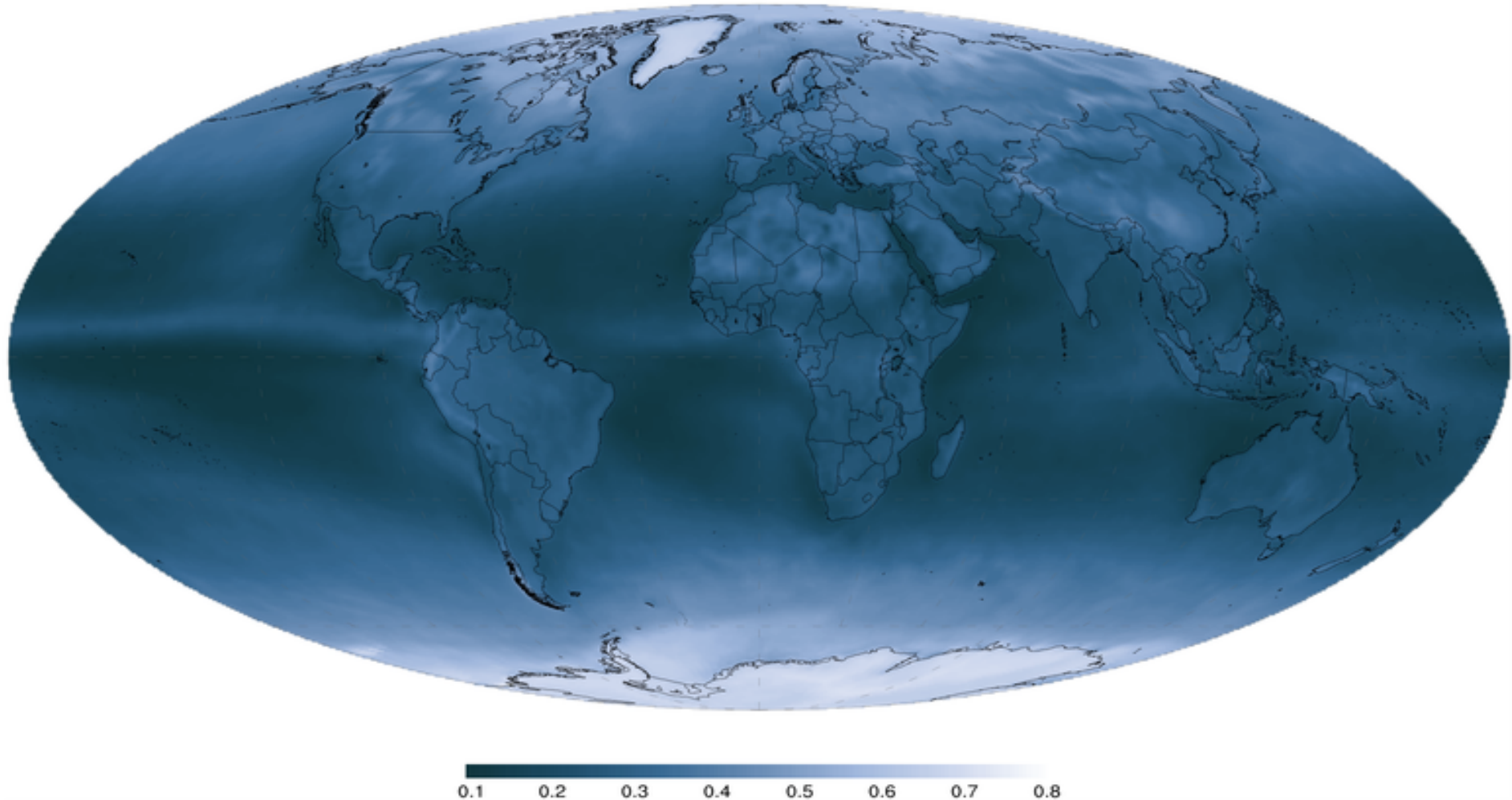


Monthly Sunspot Numbers

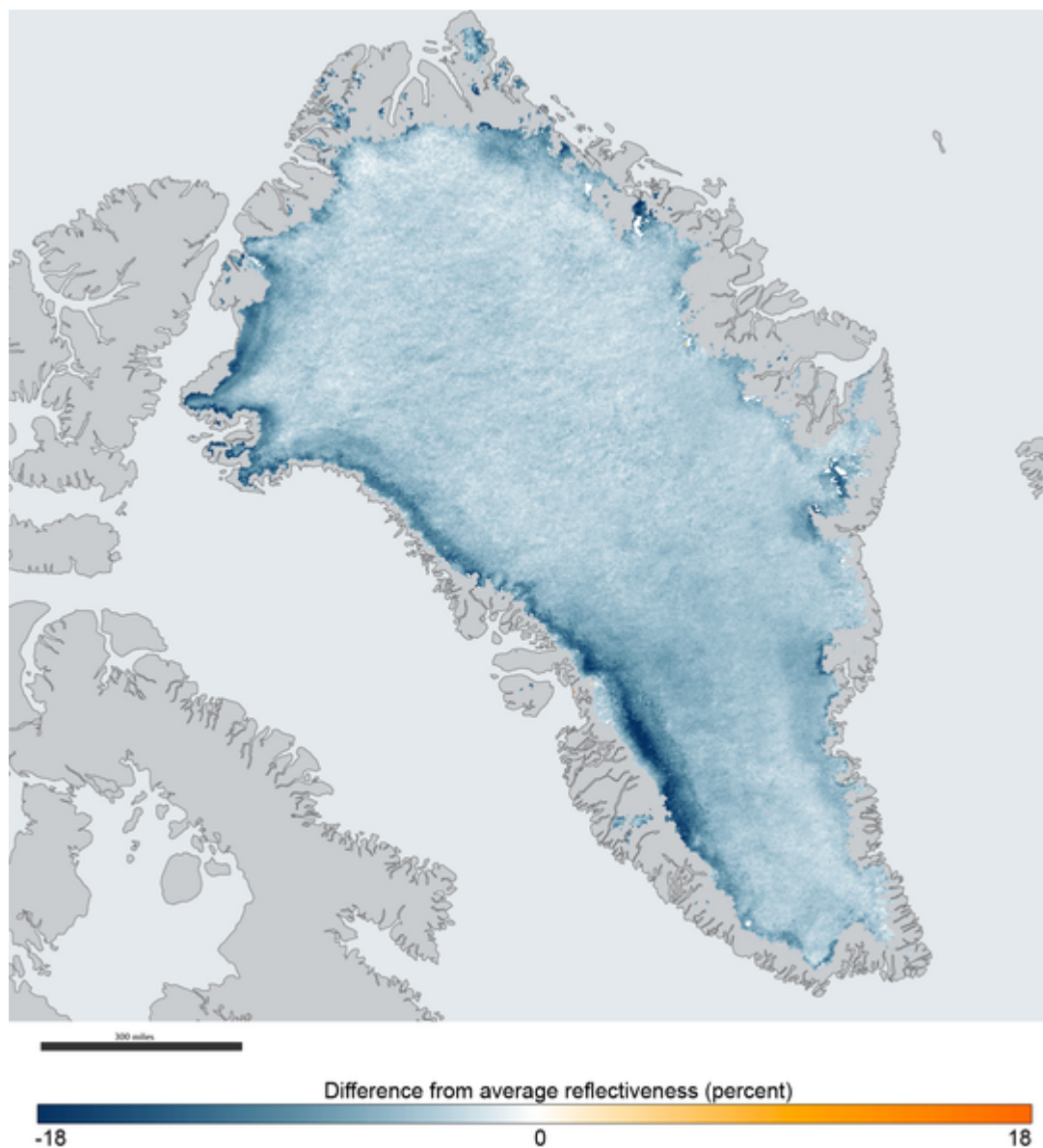


příklad albeda (CERES 2003-4)

Total Sky Albedo



Samořejmě jsou sezónní změny, ale jsou i sekulární
(tmavnutí Grónska, léto 2011 oproti 2000-2006)



Skleníkový jev (Venuše, Země, Mars)

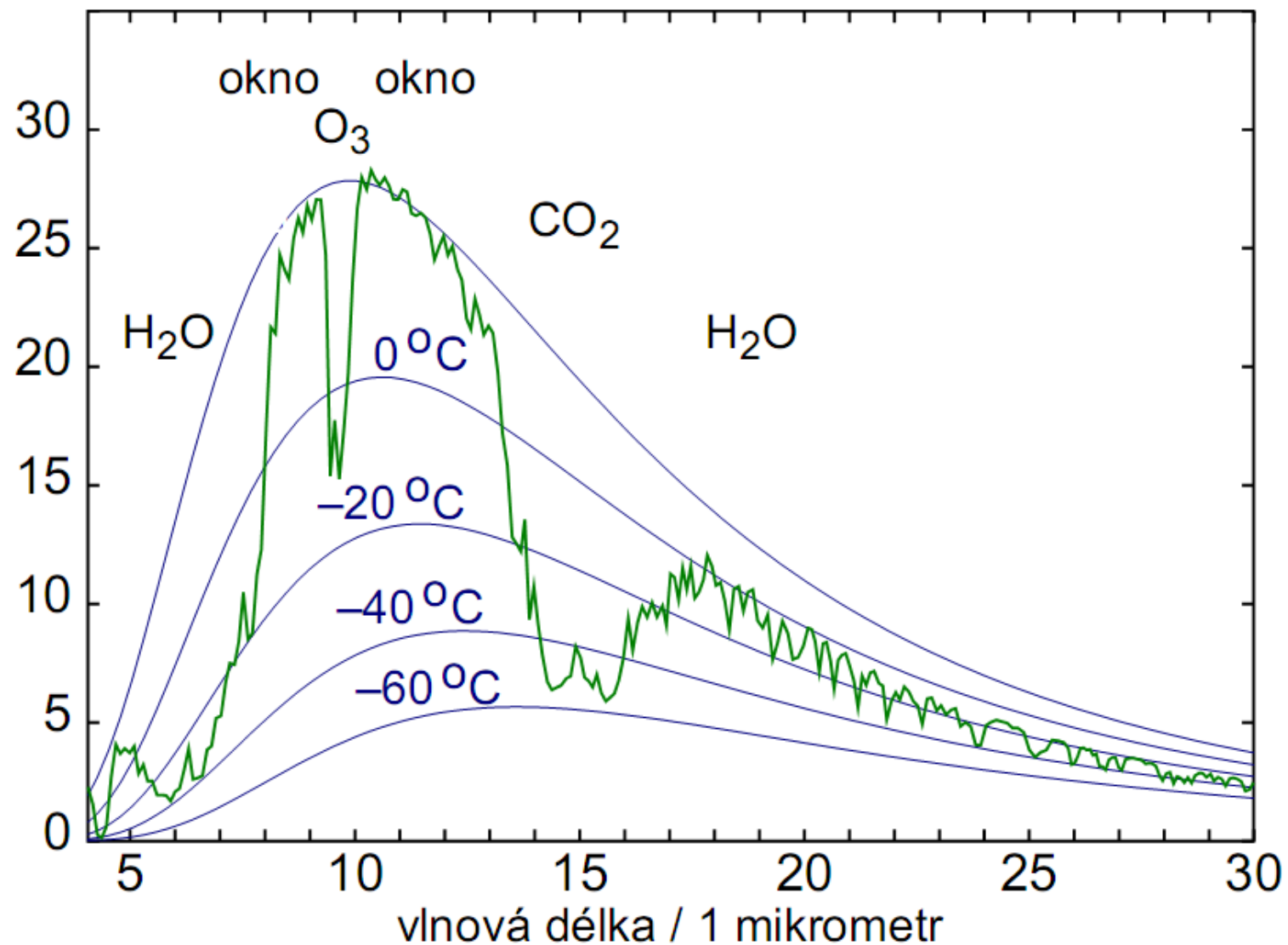
Fyzikální proces, kdy **na povrch planety sálá kromě Slunce též její ovzduší.**

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.

Spektrum záření z nočních tropů / $W \cdot m^{-2} \cdot \mu m^{-1}$



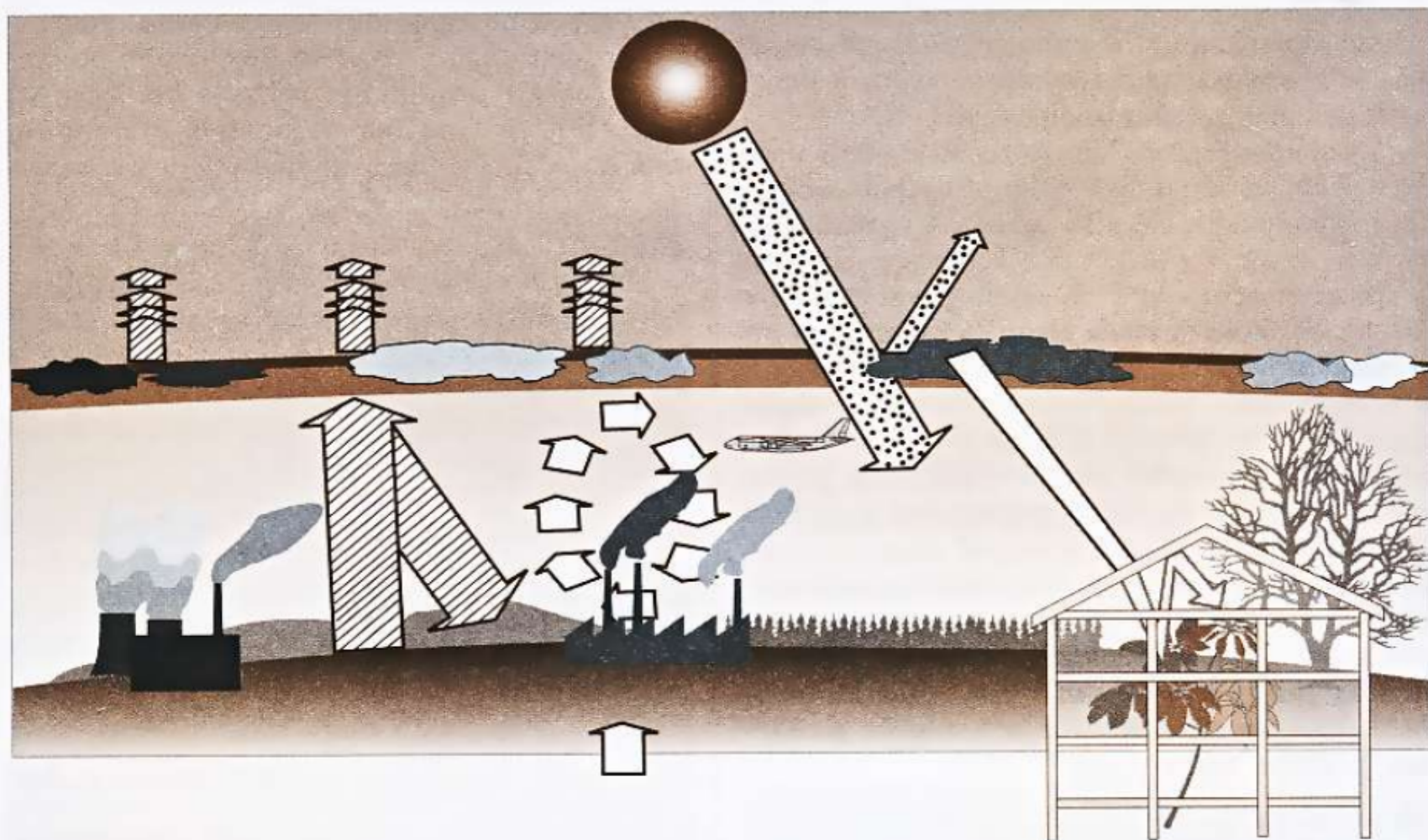
Záření Země do vesmíru je srovnáno s hladkými spektry záření černého tělesa o teplotě $20^\circ C$ a méně. Jen ve dvou „oknech“ se uplatňuje záření rovnou s povrchu Země. V oblasti, kde absorbuje oxid uhličitý, do vesmíru září jen nejchladnější vrstva ovzduší.

Vesměs molekuly ze 3 a více atomů... jen u nich je možná změna stavu o zlomečky elektronvoltage

Ale jaké jsou vlastně ony toky ovzduším?

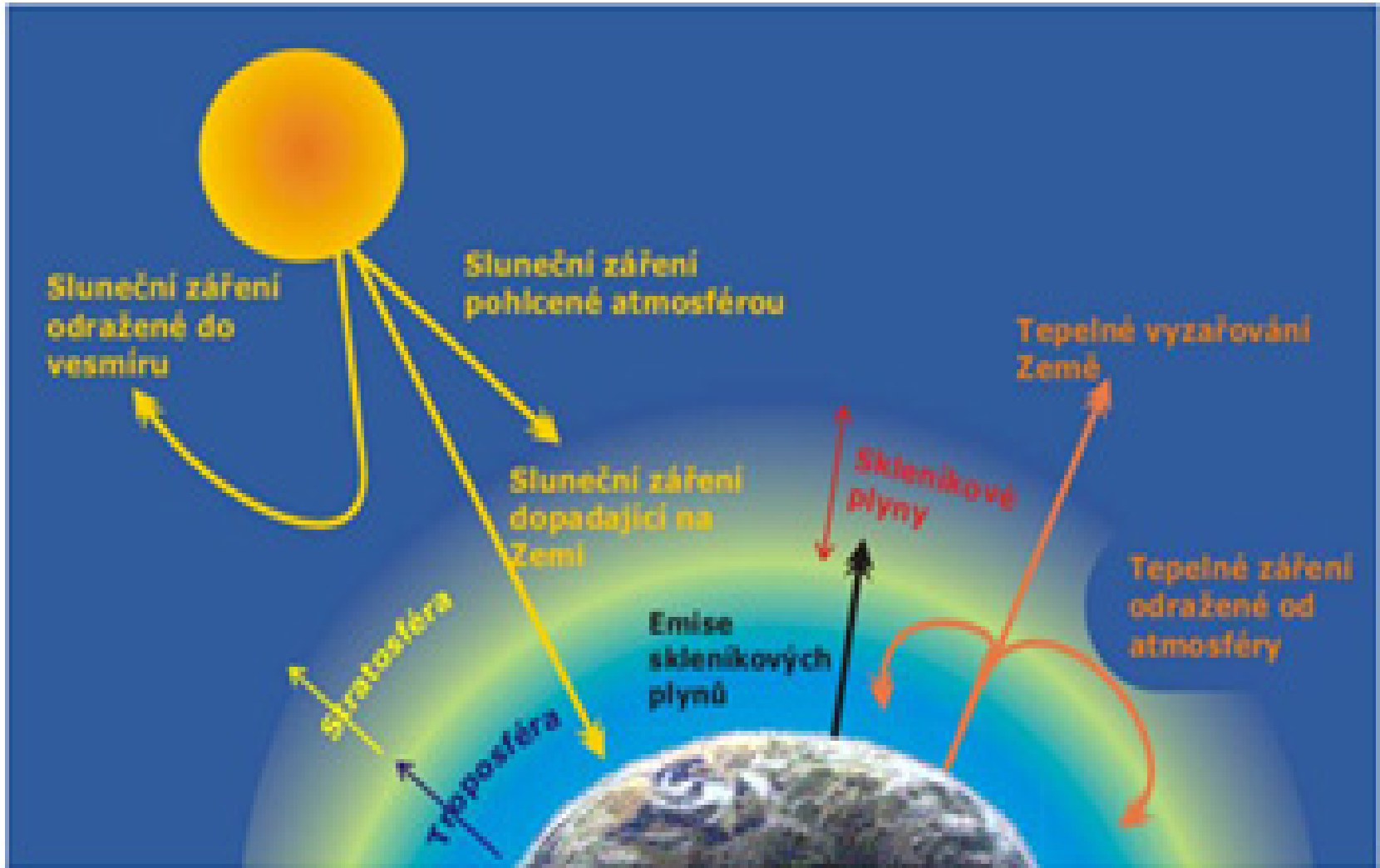
Většina vysvětlení je matoucích, autoři zjevně tápou

Chybný výklad skleníkového efektu



Obr. 11 – Mechanismus skleníkového efektu a globálneho otepľovania. Skleníkové plyny vytvári v ovzduší nad Zemí vrstvu. Väčšina krátkovlnného (ultrafialového) záření touto vrstvou prochází bez omezení. Dlouhovlnné (tepelné) záření vyzařované ze Země do vesmíru touto vrstvou však neprojde zcela a část se odráží zpět k zemskému povrchu. Vzniká tak skleníkový efekt. Nadměrné množství skleníkových plynů způsobuje, že se k Zemi odráží větší část dlouhovlnného (tepelného) záření, a tak postupně dochází ke globálnímu oteplování Země.

Jiné verze chybného znázornění



Sluneční záření
dodává energii
klimatickému systému.

Část slunečního záření
je odraženo zemským
povrchem a atmosférou.

SLUNCE

Skleníkový efekt

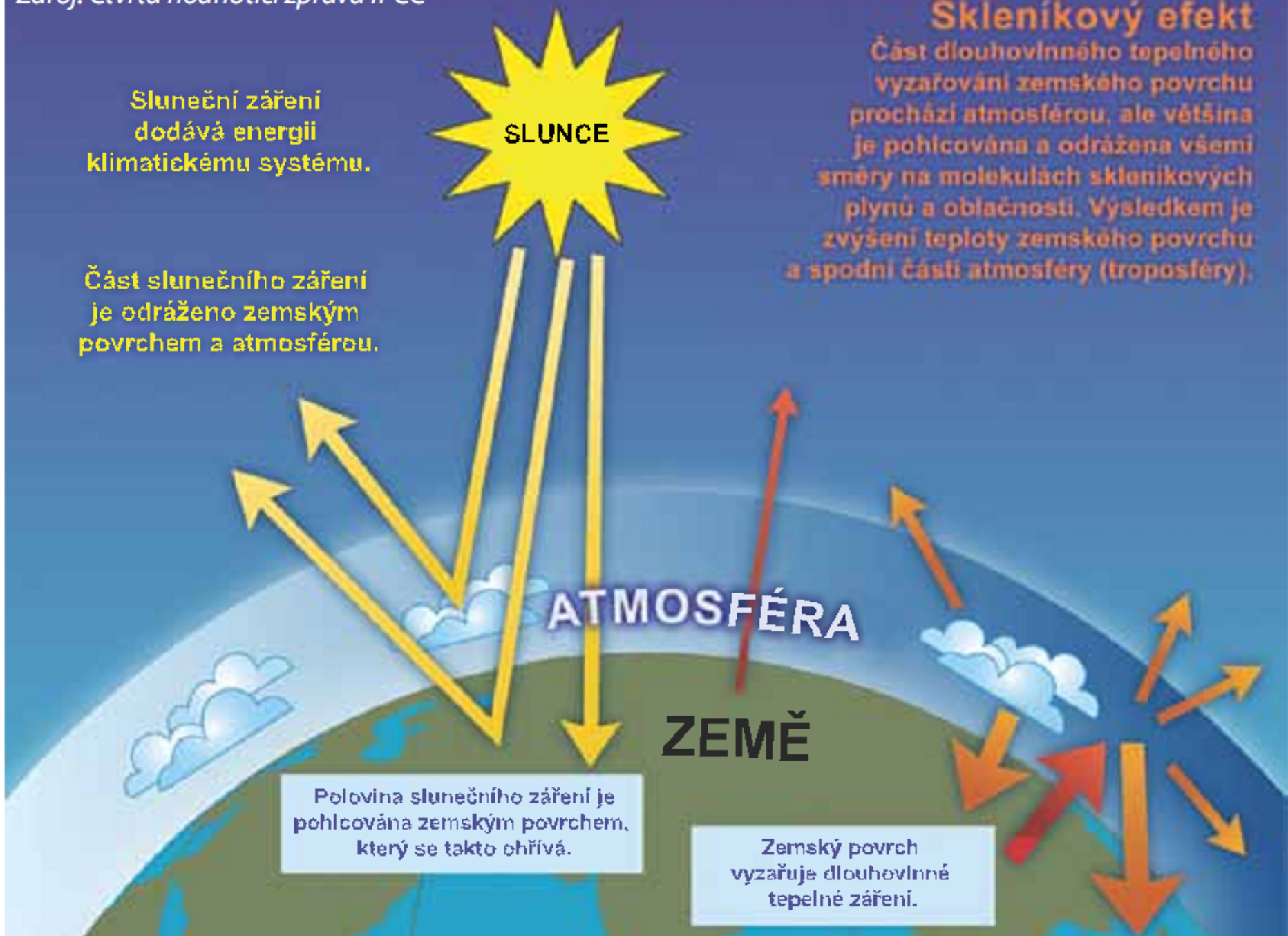
Část dlouhovlnného tepelného vyzařování zemského povrchu prochází atmosférou, ale většina je pohlcována a odražena všemi směry na molekulách skleníkových plynů a oblačnosti. Výsledkem je zvýšení teploty zemského povrchu a spodní části atmosféry (troposféry).

ATMOSFÉRA

ZEMĚ

Půlovina slunečního záření je pohlcována zemským povrchem, který se takto ohřívá.

Zemský povrch vyzařuje dlouhovlnné tepelné záření.



Ten minulý obrázek byl ale jen
českou zmršeninou obrázku
správného...

jak je uveden ve Čtvrté hodnotící zprávě IPCC ve

[Frequently Asked Question 1.3: What is the Greenhouse Effect?](#)

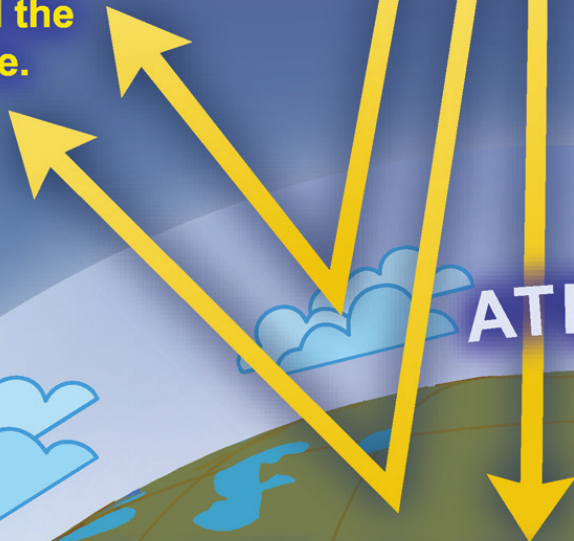
The Greenhouse Effect

Some of the infrared radiation passes through the atmosphere but most is absorbed and re-emitted in all directions by greenhouse gas molecules and clouds. The effect of this is to warm the Earth's surface and the lower atmosphere.

Solar radiation powers the climate system.



Some solar radiation is reflected by the Earth and the atmosphere.



About half the solar radiation is absorbed by the Earth's surface and warms it.

ATMOSPHERE

EARTH

Infrared radiation is emitted from the Earth's surface.



Skleníkový jev

Část infračerveného záření ovzduším projde, ale většina je molekulami skleníkových plynů a oblačností pohlcena. Skleníkové plyny, kapalné a pevné částice pak sálají všemi směry. Výsledkem je, že povrch Země a přízemní vrstvy ovzduší jsou mnohem teplejší.

Sluneční záření dodává energii klimatickému systému.

Část slunečního záření je odražena zemským povrchem a atmosférou.

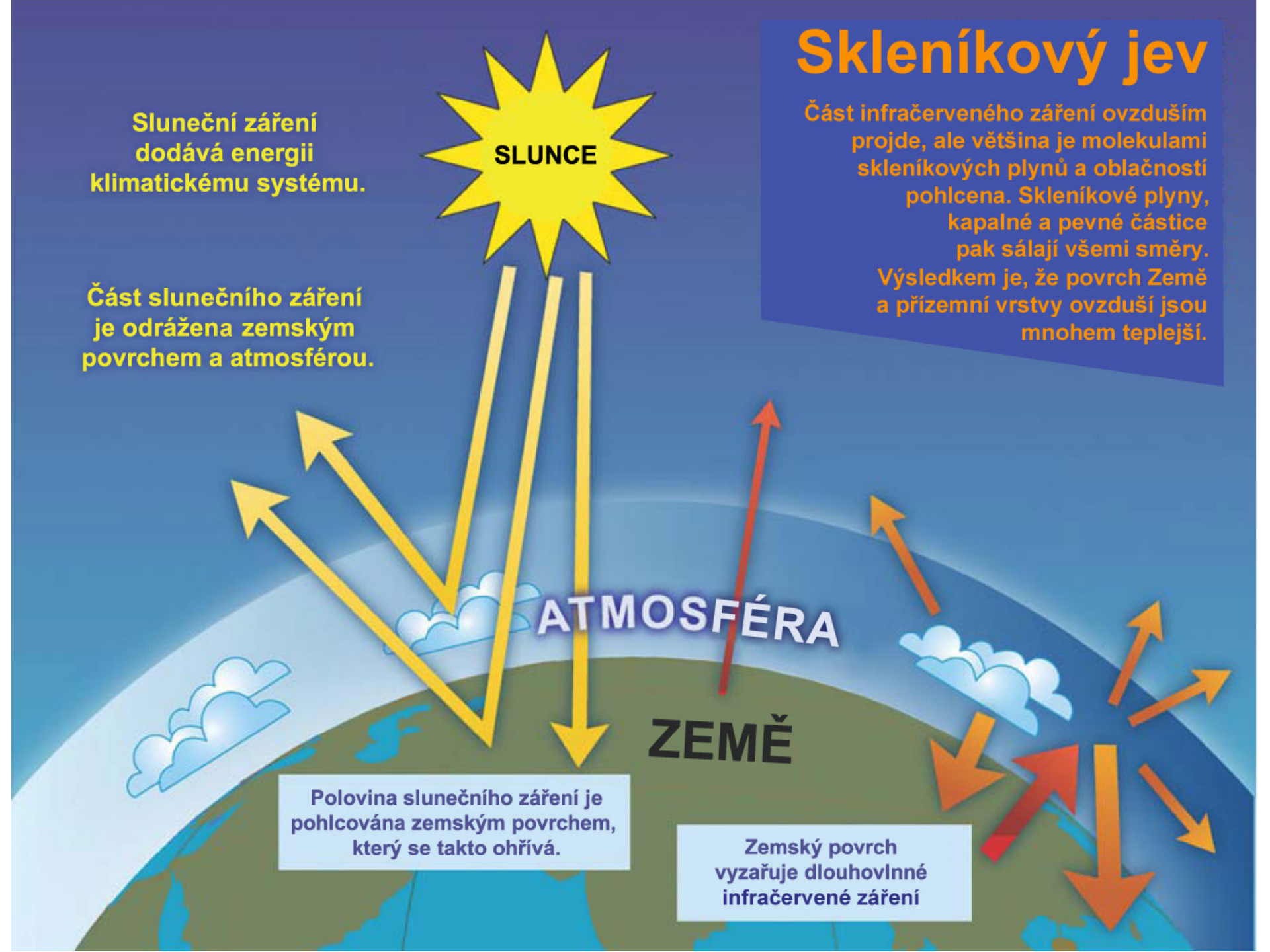
SLUNCE

ATMOSFÉRA

ZEMĚ

Polovina slunečního záření je pohlcována zemským povrchem, který se takto ohřívá.

Zemský povrch vyzařuje dlouhovlnné infračervené záření



důkladnější 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.



.. a jeho rostoucí antropogenní
zesílení

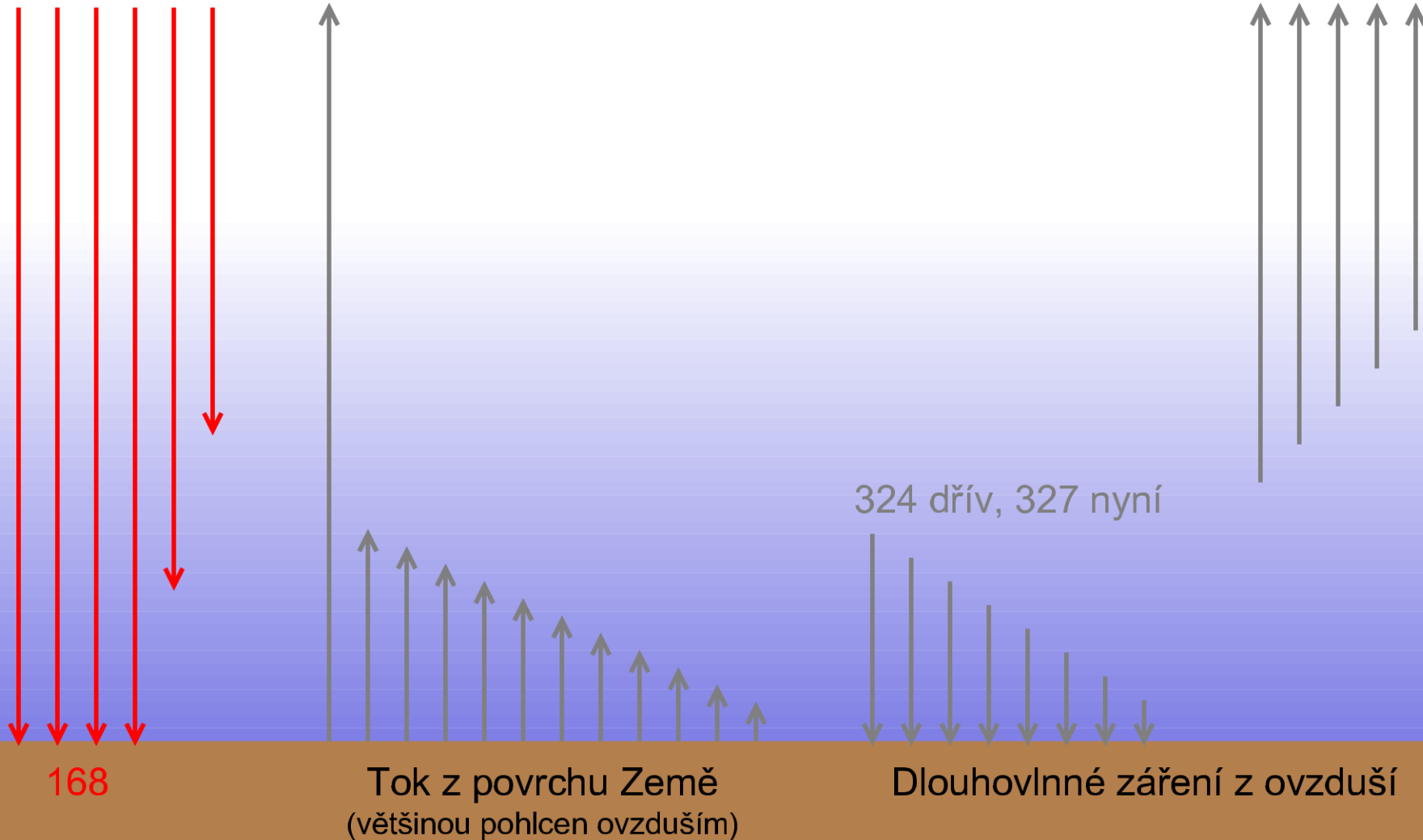
Skleníkový jev: tepelný tok / W/m^2 , 1 šipka = 40

Sluneční záření

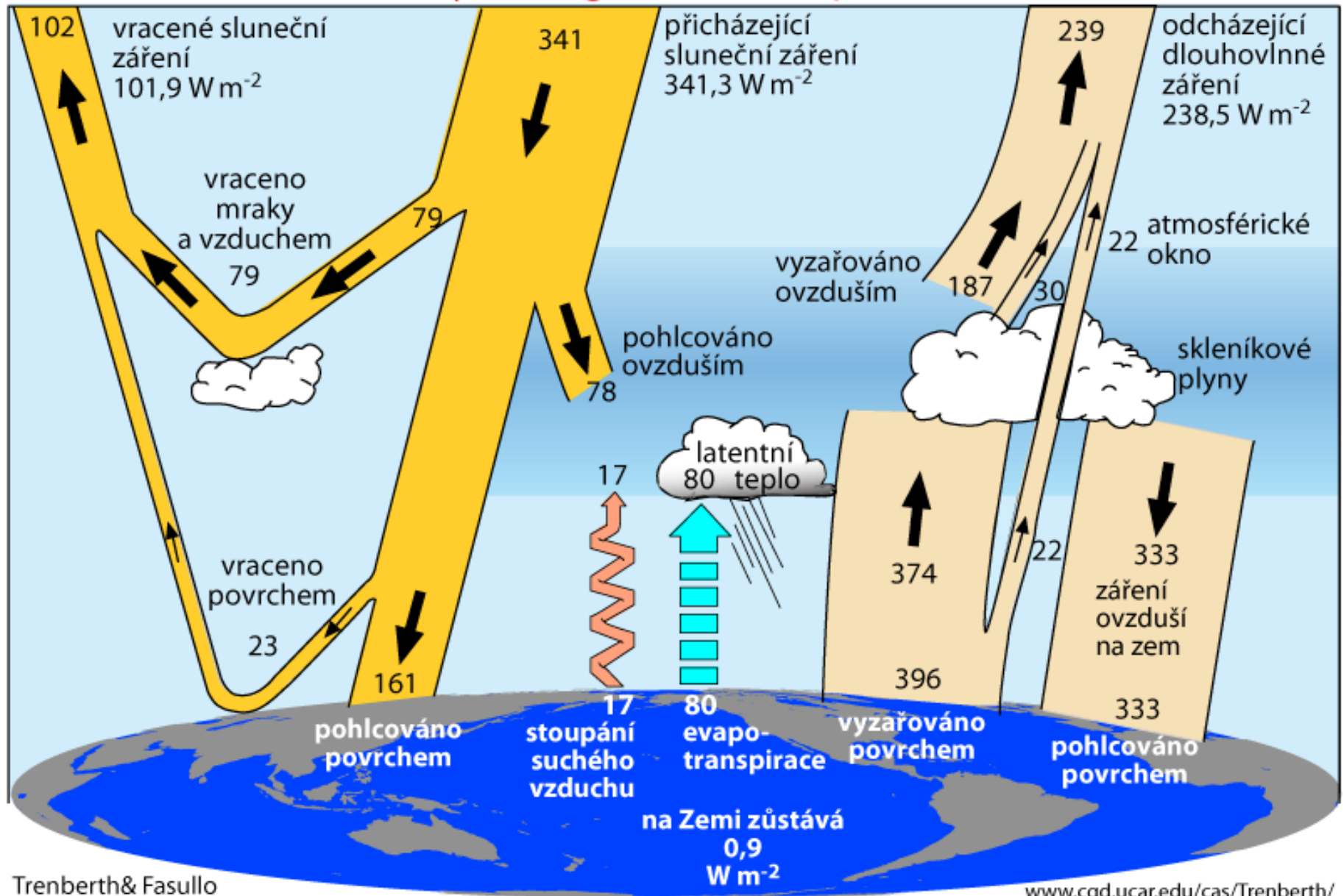
235

Dlouhovlnné záření zpět do vesmíru

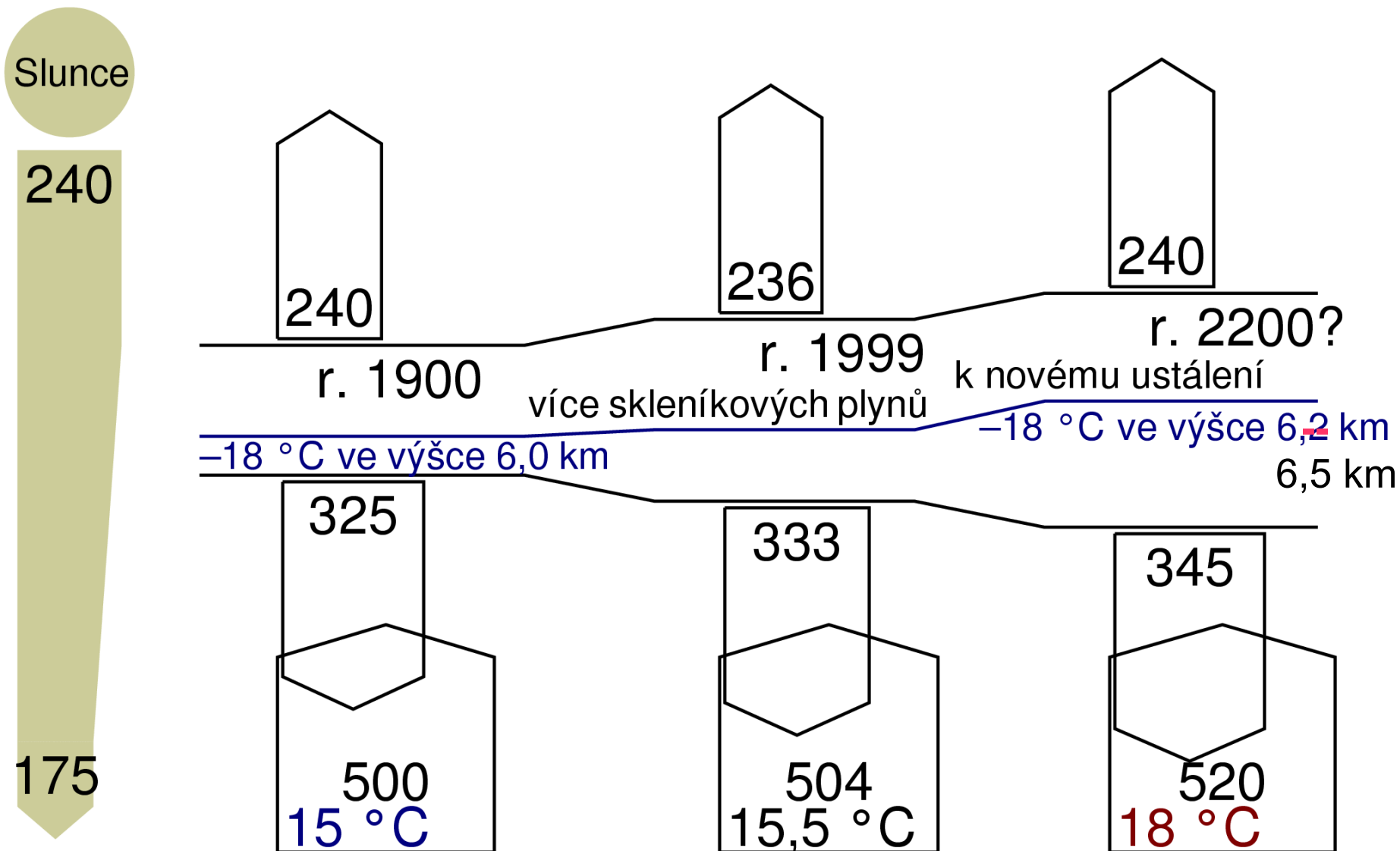
235 před r.1900, ale jen 232 nyní: více než 1% změna!



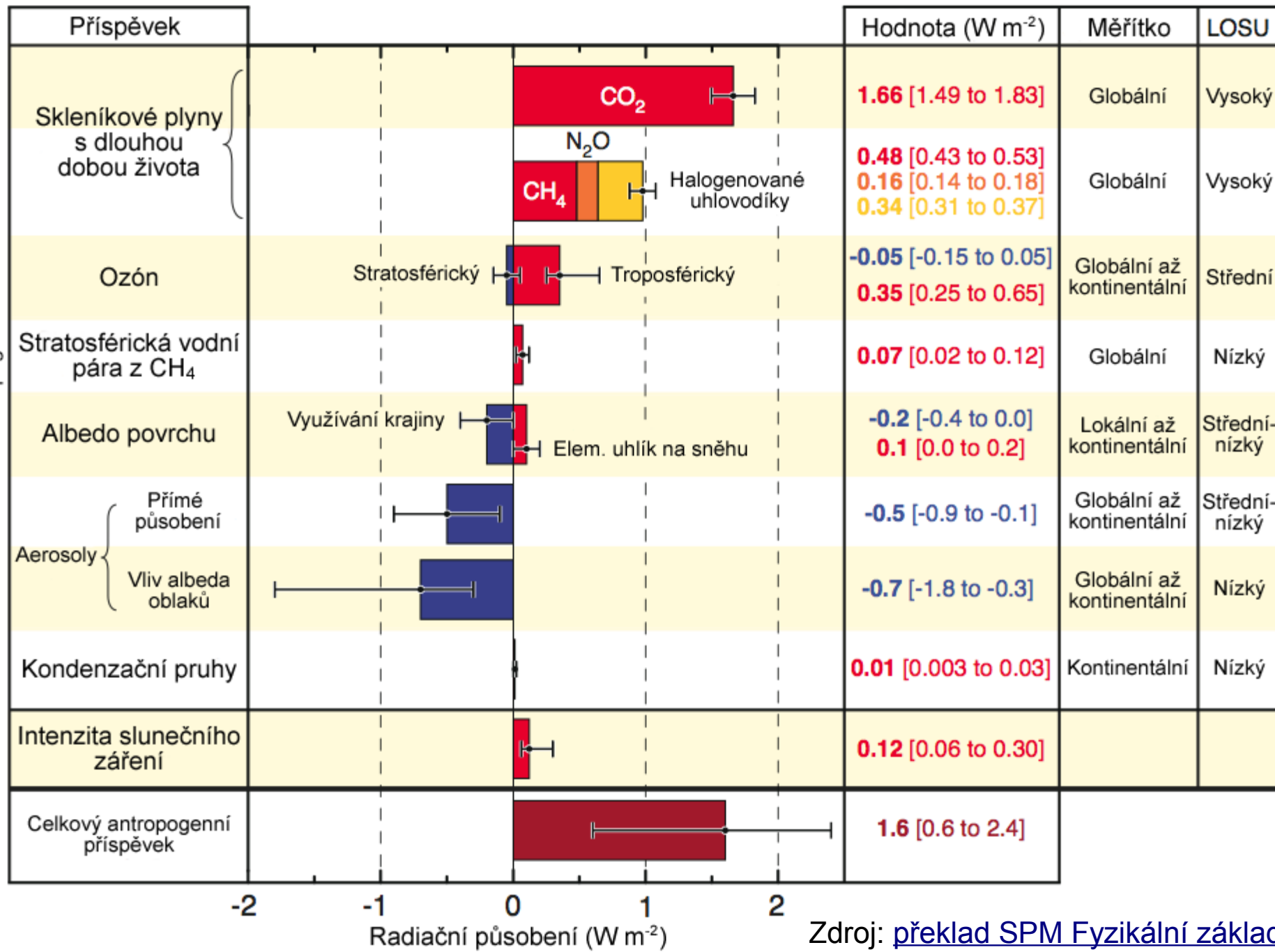
Globální toky energie / $W \cdot m^{-2}$ (pro léta 2000-2005)



Zářivé toky ovzduším kdysi, dnes a v budoucnu / 1 W.m^{-2}

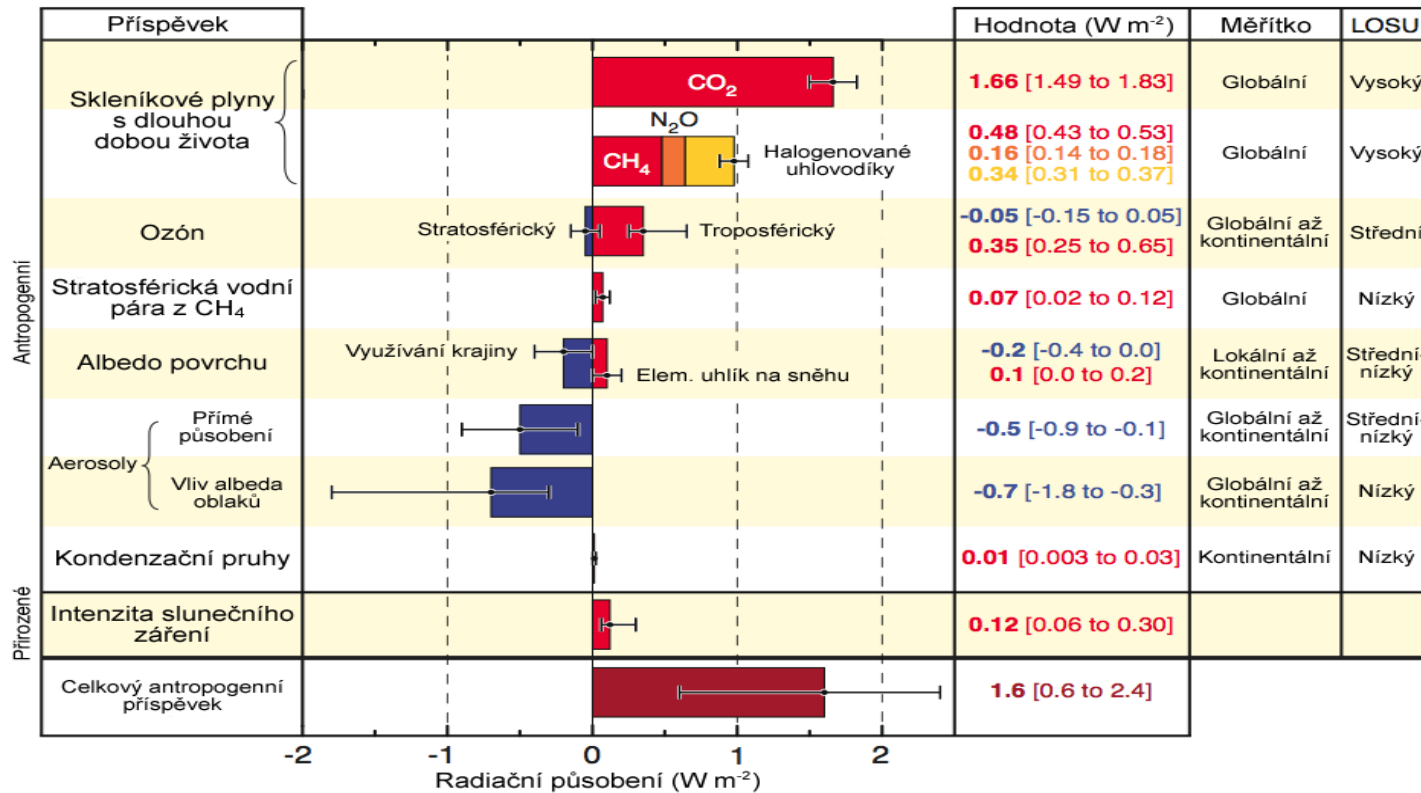


Príspevky k radiačnému pôsobení

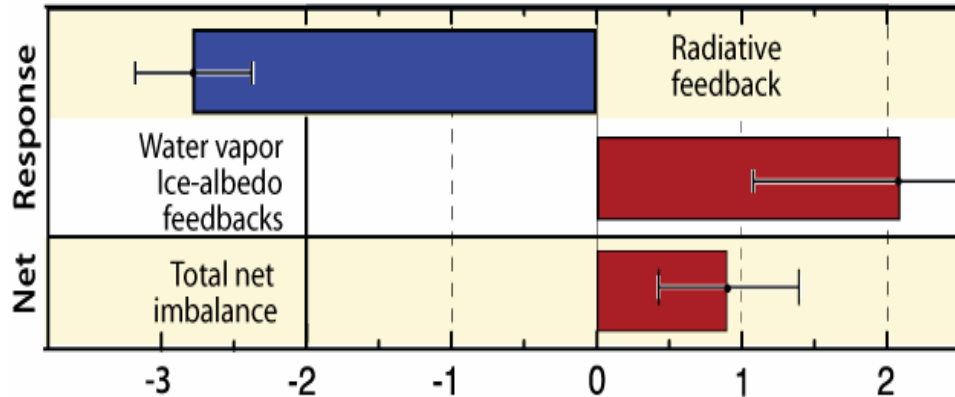


©IPCC 2007: WGI-AR4

Příspěvky k radiálnímu působení



©IPCC 2007: WG1-AR4



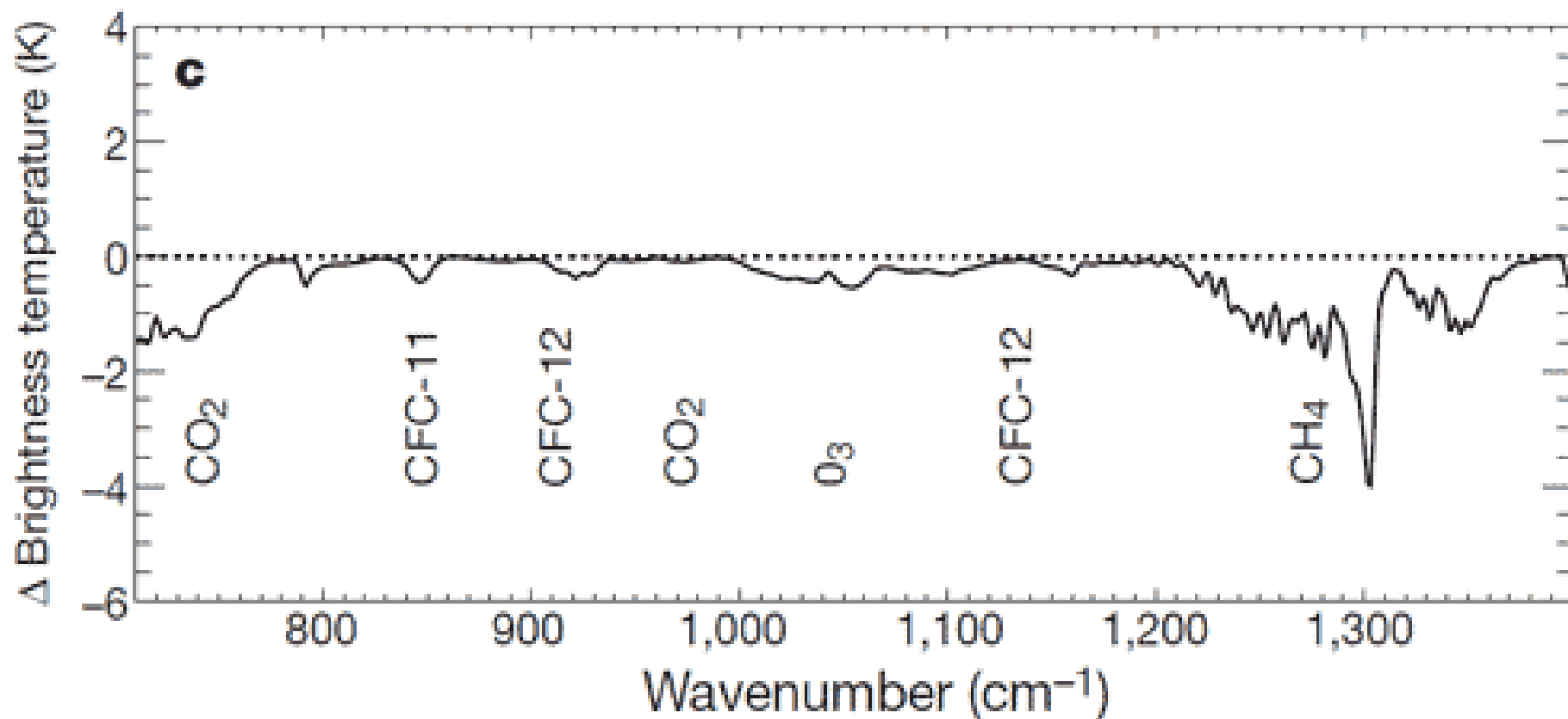
Trenberth, K. E., 2009: An imperative for climate change planning: tracking Earth's global energy. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1, 19-27. Dostupné [v seznamu autorových publikací](#)

Tak rychlý nárůst obsahu
skleníkových plynů přírodní procesy
nemohly nikdy a nikde ve Sluneční
soustavě způsobit...

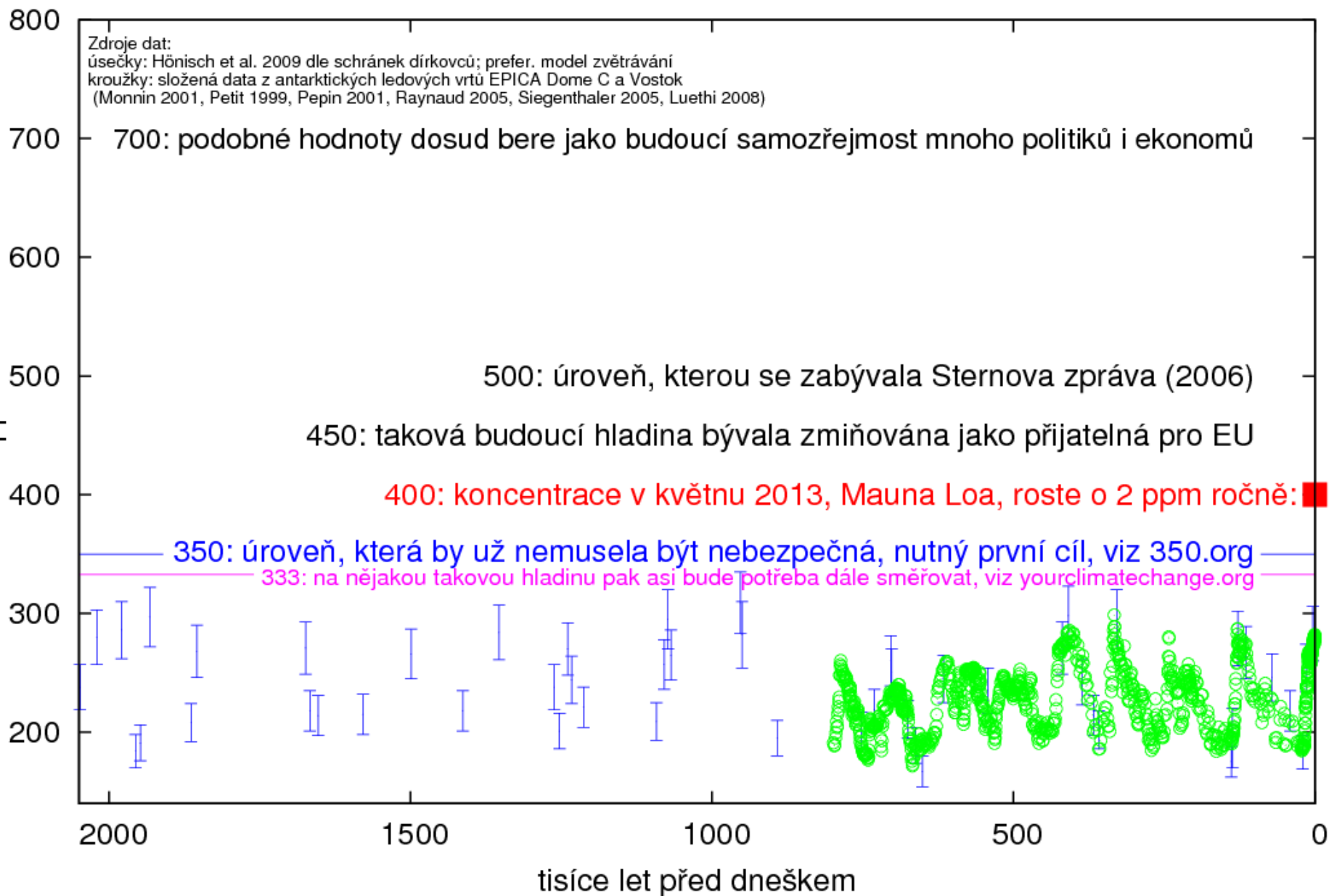
Bezprecedentní změna vlastností
ovzduší a pH oceánů, o řád(y)
rychlejší než v geologické minulosti,
je zásadní rys antropocénu.

Země se stala nejzajímavějším
astronomickým objektem.

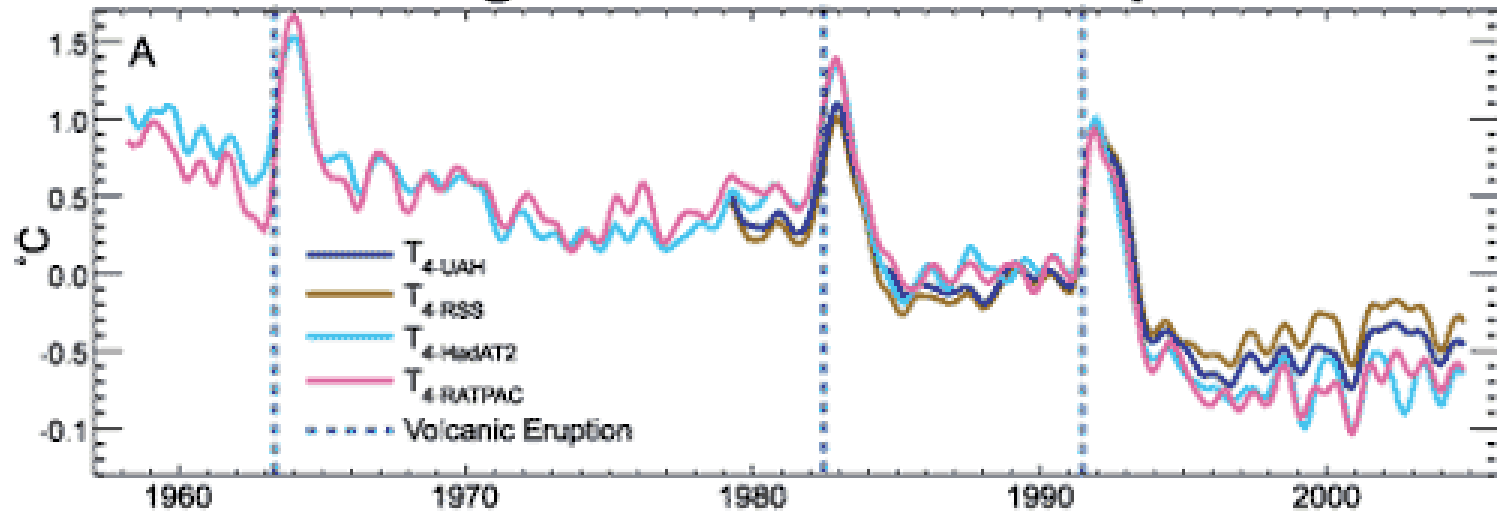
Změny spektra vlivem nárůstu obsahu stopových plynů od r. 1970 do r. 1996. Změna „Brightness temperature“ čili jasové teploty je v příslušných vlnových délkách záporná, tj. ovzduší tam vyzařuje do vesmíru méně (Harries 2001)



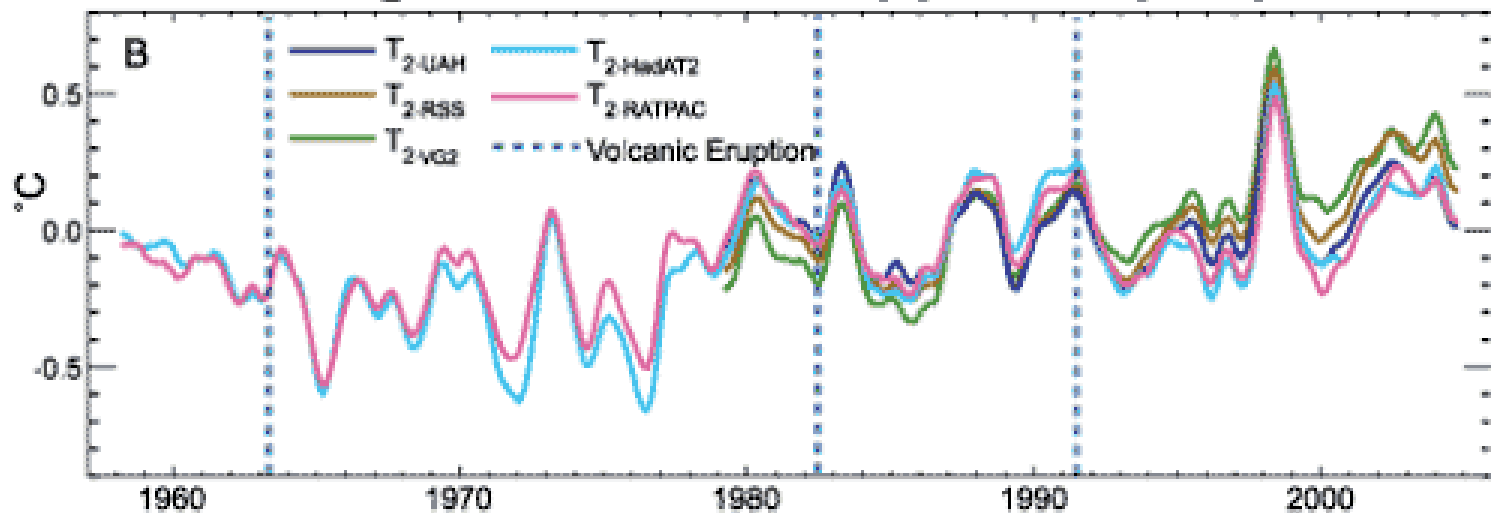
Koncentrace CO₂ během čtvrtohor, dnes a ...zítra?



Cooling in the lower stratosphere

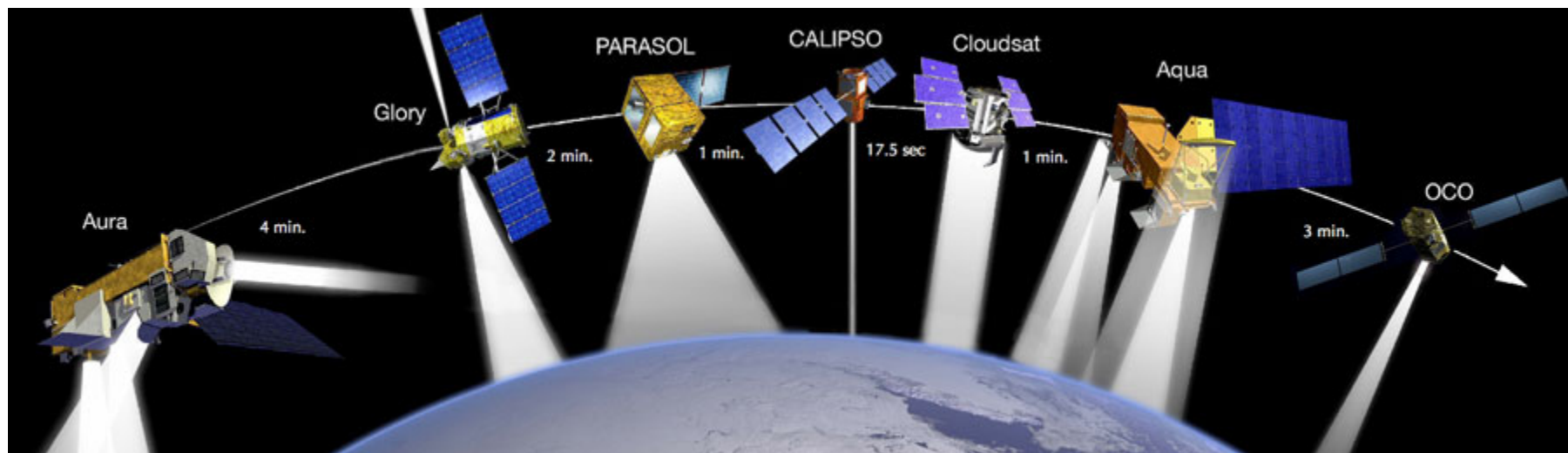


Warming in the Mid to Upper Troposphere



Ale Země není stálice, aby stačilo několik čísel. Emise i propady významných komponent ovzduší jsou nehomogenní. Je potřeba je studovat ve 3D.

Návrh sestavy družic A-train. Na oběžnou dráhu se podařilo dostat 5 satelitů, OCO (pro měření aerosolů) a Glory (pro měření skleníkových plynů) byly zničeny při neúspěšném startu. A tak nám to, co je pro vývoj Země – osud života na ní a budoucnost lidstva - rozhodující, uniká... a náprava není v dohledu.



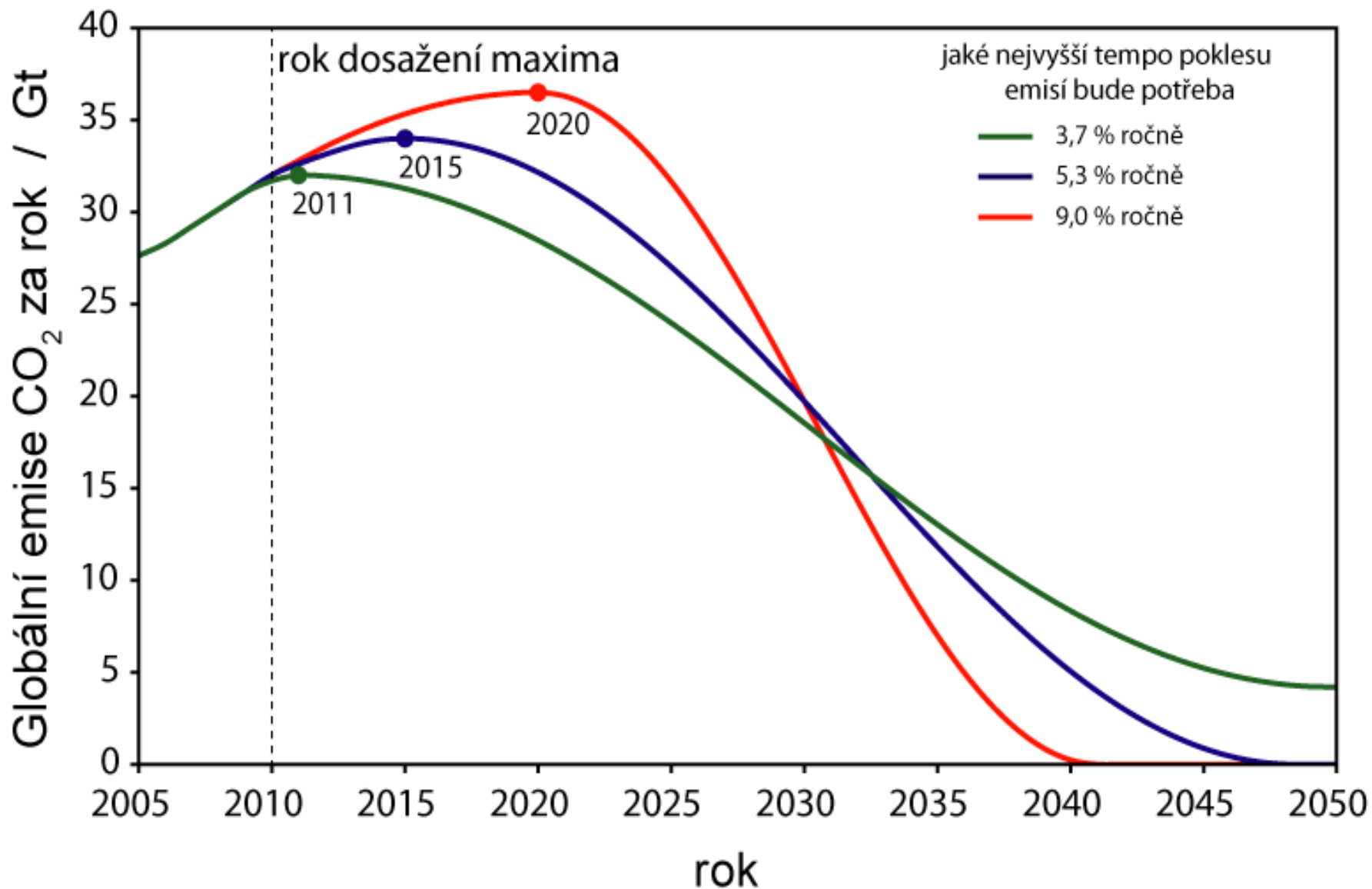


Figure 22: Vývoj emisí, který by dával naději 67 %, že globální oteplení nepřesáhne 2 °C (zdroj: [Kodaňská diagnóza](#))

Odkazy

- www.veronica.cz/klima
- www.zmenaklimatu.cz
- <http://amper.ped.muni.cz/gw>
 - www.ipcc.ch



Zdroje obrázků a textů

Kevin Trenberth, National Center for Atmospheric Research

The Copenhagen Diagnosis, 2009

,

a jiné (viz údaje u obrázků)