

Rok pro „< 350“

V roce 2008 byly publikovány práce, které dokázaly, že *koncentrace skleníkových plynů uměle přidávaných do atmosféry již dávno přesáhly úroveň, která znamená nebezpečný zásah do klimatického systému Země*. Předtím se soudilo, že nebezpečné úrovně dosáhneme až v dalších desetiletích, nebo že se jí můžeme i vyhnout, pokud emise skleníkových plynů dostatečně snížíme. Omezíme-li se na hlavní skleníkový plyn s dlouhou životností v ovzduší, oxid uhličitý, bezpečná koncentrace není nějaká budoucí 550 ppm nebo 450 ppm, ani ta dnešní 386 ppm. Bezpečná koncentrace určitě nepřesahuje hodnotu 350 ppm. Takovou, kterou jsme překročili již r. 1988...

Nemá-li se klima měnit katastrofálně rychlým tempem a do podoby daleko před čtvrtohorami, je nutné emise skleníkových plynů nejen přestat zvyšovat, a pak postupně snížit k nule. Je dokonce nezbytné začít vracet uhlík z ovzduší zpět do země. Jakékoliv další tuny CO₂, které do ovzduší nyní uvolníme, znamenají velké břímě už i pro naši generaci, natož pro generace další. Jejich emitování se stalo *nemorálním*. Odčerpání je z atmosféry bude pomalé, nákladné a obtížné. Nicméně nutné. Přibude-li jich příliš mnoho, nepodaří se je odstranit včas.

Proč jsme se to dozvěděli tak pozdě? Proč „rok pro < 350“? O tom viz další text.

Úvod

Vlna symbolického večerního vypnutí světel na jednu hodinu, běžící po Zemi večer ze soboty na neděli koncem března (<http://earthhour.org>), získala v roce 2009 jiný akcent, než měla o rok dříve.

Tehdy totiž i aktivní účastníci Hodiny Země žili *všichni* v domněnání, že je sice potřeba začít měnit zaběhlé způsoby rozmarného života vyžadujícího čím dál více fosilních paliv, ale že ještě máme chvíli času. Že stačí jen „přibrzdit“, že zemské ovzduší ještě něco snese. Takže... světla můžeme po hodině zase všechna klidně zapnout.

Během roku 2008 jsme se ale dozvěděli, že už před dvaceti lety přesáhlo složení atmosféry, pokud jde o lidmi produkované skleníkové plyny, kritickou hladinu. Pokud by trvalo řadu desítek, natož stovek let, znamenalo by zásadní, nebezpečný zásah do klimatického systému Země.

Jak je možné, že se taková zvěst dostala na veřejnost až v roce 2008?

Chladicí aerosoly

Asi zejména proto, že oteplující vliv přidaných skleníkových plynů byl do značné míry vyrovnán ochlazujícím vlivem antropogenních aerosolů. Zejména takových, které vznikají z oxidů síry a dusíku, nežádoucích vedlejších produktů spalování. Silnějším závojem aerosolů se na zemský povrch dostává méně slunečního záření. Nebýt velkých průběžných emisí těchto zdraví škodlivých látek s nevelkou životností v ovzduší, oteplování by zejména od poloviny dvacátého století probíhalo výrazně rychleji. Pokud ale tyto emise „SOXů a NOXů“ klesnou,

díky snahám o ozdravení ovzduší (jako se to už stalo v případě síry v EU), a časem i díky poklesu užívání fosilních paliv vůbec, vliv přidaných skleníkových plynů se projeví naplno. I kdyby koncentrace skleníkových plynů s dlouhou životností zůstaly na dnešní úrovni – koncentrace toho hlavního, oxidu uhličitého, nicméně stálým tempem stoupají – narostla by teplota už během 21. století nad mez, kterou EU vyhlásila za nejvyšší přípustnou, tedy o 2,0 °C oproti době před průmyslovou revolucí. A rostla by dále. (Ramanathan a Feng, Schellnhuber, 2008).

„Zásluha“ aerosolů na zpomalení oteplování je známa jen velmi nepřesně. Pravděpodobně je větší, než se běžně soudilo; to podle toho, že dle měření probíhá ohřívání oceánů pomaleji, než vychází z modelů, které k dobře *známému* vlivu skleníkových plynů připočítávají hrubě *odhadovaný* vliv aerosolů. Jestli hloubky oceánů opravdu neodebírají teplo ze svých povrchových vrstev tak rychle, jak se doposud uvažovalo, pak se oteplování může „s vyčištěním“ ovzduší od oxidů síry a dusíku dosti zrychlit. Na brzké „*nebezpečné antropogenní narušení klimatického systému*“ jemuž jsme se spolu s prakticky všemi státy světa začátkem devadesátých let zavázali *Rámcovou úmluvou OSN o změně klimatu* předejít (viz podrobněji http://amper.ped.muni.cz/gw/unfccc_cz) máme tedy už bohužel „zaděláno“.

Zpětné vazby a dlouhodobá citlivost klimatu

Jedno takové narušení už ostatně probíhá: letní rozpad souvislého mořského ledu plovoucího na Severním ledovém oceánu. Nikdo na světě jej tak brzy nečekal. Tmavá hladina místo bílého ledu se sněhem

znamená mnohem větší pohlcování slunečního záření a má tím silný oteplovací vliv, globální i místní, projevující se na pevninách i více než tisíc kilometrů od pobřeží. Tento jev, spolu se zrychlováním úbytku masy Grónského ledového příkrovu, odumíráním korálů a tropických deštných lesů, uvolňováním metanu z rozmrazující Sibíře, Aljašky a Kanady atd. je silnou indicií, že již *dnešní* stav ovzduší znamená vážné dopady. Na mnoho ekosystémů, kultur, populací. A také ohrožení vlivem nástupu silných *zesilujících* zpětných vazeb, které byly až dosud přehlíženy.

Rozhodující práce, která přesvědčivě dokázala, že nelze připustit další dlouhodobý růst koncentrací zejména oxidu uhličitého nad dnešní úroveň, ale že je naopak nutno jejich růst co nejdříve zastavit a koncentrace uměle snižovat, byla publikována až v listopadu 2008 (Hansen et al 2008). Ta již není zatížena nejistotami kolem dnešního vlivu aerosolů. Jejím hlavním podkladem jsou údaje o klimatu a složení ovzduší během uplynulých desítek milionů let. Ty ukazují, že dlouhodobá citlivost klimatu na změnu složení ovzduší je dvojnásobná oproti citlivosti „krátkodobé“. U té *krátkodobé* se totiž nevažuje změna albeda (odrazivosti Země pro sluneční záření) vlivem úbytku sněhu a ledu a nástupu vegetace do oblastí dříve pustých a proto světlejších. Nebere se u ní v potaz ani uvolňování metanu i CO₂ z rozmrazujících půd a mořského dna. Modely, dle nichž se zdálo, že jsme se na úroveň oněch nebezpečných koncentrací ještě nedostali, počítaly právě jen s takovouto krátkodobou citlivostí klimatu na koncentraci CO₂, která nevažuje žádné pomalu se rozvíjející zpětné vazby...

Je pravda, že zatím neumíme dost přesně spočítat tempo oteplování během tohoto století. Přesto ale spolehlivě víme, že kdyby trvaly koncentrace současné, oteplí se oproti dnešku ještě alespoň o další dva stupně. Nepotřebujeme k tomu modelovat vývoj klimatu, stačí, že známe souvislost koncentrací oxidu uhličitého a průměrné globální teploty v minulých dobách, před deseti tisíci až deseti milióny let. Jsou to doby, kdy byla zaledněná Antarktida a kolísalo zalednění v Arktidě.

Nebezpečné oteplení a nebezpečné koncentrace

V roce 2009 dosáhla časově zprůměrovaná koncentrace CO₂ v ovzduší hodnoty 388 ppm (zaokrouhleně tedy 0,4 promile; na milión molekul vzduchu připadá 388 molekul CO₂), tempo jejího nárůstu je nyní už 2 ppm za rok. V první půli osmnáctého století, před začátkem průmyslové revoluce, bylo oxidu

uhličitého jen 0,3 promile, přesněji 0,28 ‰, o sedm tisíc let dříve dokonce jen 0,26 ‰.

Před rokem 2008 se běžně uvádělo, že nechat koncentraci CO₂ vystoupat až na 450 ppm a takovou pak udržovat nebude ještě představovat skutečné nebezpečí pro budoucnost přírody a lidstva na Zemi. Dosažení i jen takového cíle bylo a je dosud považováno za ohromně náročné, stěží zvládnutelné; ve starších pracích se proto uváděla i ještě volnější, snáze splnitelná mez 550 ppm.

V roce 2009 ale už víme, že bezpečná koncentrace CO₂ není větší, ale *menší* než ta současná! Rozhodně nepřesahuje 350 ppm, tedy úroveň, kterou naposledy měla v roce 1988. Vrátit se přinejmenším pod tuto hodnotu je nezbytné, pokud chceme zachovat naději na to, že se Země zcela nepromění a zůstane ve stavu podobném tomu, v jakém byla během celého vývoje civilizace (v období zvaném holocén). Jen při návratu pod tuto hladinu koncentrace je šance splnit onen téměř všeobecně uznávaný nezbytný cíl, vyhnout se oteplení většímu než o 2,0 °C oproti době před nástupem průmyslu (či oproti druhé polovině 19. století, z níž už máme dostatek měření; teploty o sto let dříve byly podobné). Z toho bylo začátkem 21. století už 0,7 °C vyčerpáno. V roce 2009 to pak znamená zabránit dalšímu oteplení většímu než o 1,2 °C.

Emise se musí stát „negativní“

Ve skutečnosti by i takové oteplení bylo příliš velké, bezpečnější limit je jen 1,0 °C oproti začátku století. Aby nebyl překročen, je nutno nejen vrátit koncentraci CO₂ pod 350 ppm, ale také co nejvíce zkrátit dobu, po kterou ji bude přesahovat. Lze to jen tak, že zastavíme růst emisí velmi brzy a zajistíme jejich rychlý a trvalý pokles. Dokonce bude nutné, aby se antropogenní toky uhlíku do ovzduší staly už začátkem druhé poloviny století *negativní*. Tedy aby byl uhlík z atmosféry uměle ukládán do země tempem vyšším, než do ní bude v nějaké míře uměle uvolňován. Množství zoxidovaného uhlíku z fosilních paliv, někdejších lesů a půd, které je potřeba z ovzduší odčerpat, činí mnoho set miliard tun...

Lze vůbec takové situace „s negativními emisemi“ dosáhnout? Vždyť už jen snížit emise k nule, tj. zastavit degradaci půd, odlesňování a především uvolňování zoxidovaného uhlíku z fosilních paliv do atmosféry bude velmi těžké! Přesto takové opačné bilance, než máme dnes, dosáhnout lze. A to i když na ono ukládání uhlíku neexistují, ba vlastně ani nejsou myslitelné žádné „zázračné“ technologie, které by to dokázaly dělat podobně rychle, jako dnes do ovzduší uhlík přidáváme. Známost spoleh-

livou metodou, i když poměrně pomalou, je *jen* ta, že se podstatná část vypěstované biomasy, která při svém růstu uhlík z ovzduší odčerpala, užije složitějším způsobem, než je zatím běžné. Jedna možnost je pumpovat CO₂ z jejich spalin do podzemních vrstev (to se označuje jako CCS, carbon capture and storage, záchyt a ukládání uhlíku; v malém měřítku se začíná zkoušet při spalování fosilních paliv). Takovou technologii ale nebude možné použít všude, natož pro většinu biomasy. Významnější je proto druhý způsob, totiž biomasu energeticky využít jen zčásti a zbytek (až polovinu) její sušiny jen nechat ve vhodných reaktorech zuhelnatět. Jemnozrnný uhel (anglicky *biochar*, viz odkazy dole) takto vyrobený lze ve značném množství vpravovat do půdy, ev. jej předtím ještě smístit s hnojivou, či dokonce na něj adsorbovat část CO₂ ze spalin. Takové bude zřejmě druhé nejdůležitější poslání zemědělství a lesnictví v tomto i během dalších staletí. Tím hlavním samozřejmě zůstane produkce potravin a krmiv či paliv. Obě poslání si bohužel budou konkurovat, i když uhel z biomasy postupně přispěje k vyšší úrodnosti půd.

Na dnešních emisích velmi záleží

Jak moc lidí v budoucnu Země uživí, to záleží právě na tom, kolik uhlíku ještě z rezervoárů pozemních (lesů, půd) a hlavně podzemních (fosilní paliva, vápenec) do ovzduší uvolníme. Každá další tuna škodí, na desítky, stovky, tisíce let přispěje k oteplování a bude potřeba vynaložit mnoho úsilí na její odčerpání zpět do země. Už sama změna klimatu kapacitu Země, pokud jde o zemědělskou produkci, značně sníží. A bude-li nutno změnu klimatu zvláště rychle brzdit ukládáním uhlíku do půd, tím méně ze zemědělské produkce zůstane pro energetické a potravinové využití.

Prohlédnutí, které nám rok 2008 přinesl, lze přirovnat k vystřízlivění poté, co se ukázalo, že nejen že nemáme hotovost na zaplacení útraty, ale že jsme prohráli či propili všechnu majetek a zadlužili své potomky na mnoho pokolení... U dluhů se to našťástí stát nemůže, věřitelé jich většinu prostě „odepíší“ a dlužníci dnes v civilizovaném světě legálně neupadnou do otroctví. Znečištění ovzduší a oceánů oxidem uhličitým ale žádným právním aktem zrušit nelze.

Ještě před rokem mohla většina z nás považovat spotřebu fosilních paliv za oprávněnou nezbytnost, či v případě zjevného plýtvání za rozmařilost, kterou si lze ještě pár let dovolit. Dnes se na ni, poučení, musíme chtít nechtět dívat jako na hřích. Jistě se bez nich nemůžeme ze dne na den zcela obejít,

to by se naše společnost zhroutila. Ale v mnohých případech můžeme jejich spotřebu radikálně snížit opravdu rychle. Ve kterých, to si brzy uvědomíme, pokud *budeme mít stále na paměti, že spalování fosilních paliv je zavrženíhodné. Že už proměnilo holocén v další geologickou epochu – antropocén, a začalo rozvracet dosud dobře fungující služby, které lidstvu a všem dalším společenstvím Země během holocénu poskytovala. Že náš blahobyt, kterého jsme využitím fosilních paliv dosáhli, je zcela na úkor budoucích generací.*¹

Korálové útesy jsou příkladem donedávna dobře fungující služby: dnes čím dále rychleji odumírají nejen vinou vyšší teploty vody, ale také zvýšené kyselosti povrchových vrstev oceánů. Ta je dána právě zvýšenou koncentrací CO₂ v ovzduší. Až když ji snížíme zpět pod hodnoty z roku 1988 a dřívější, mohou se snad začít opět obnovovat. Nejde přitom jen o krásu a biodiverzitu moří a oceánů, ale i o obživu stovek miliónů lidí: v korálových útesech se rozmnožuje podstatná část rybích druhů, na nichž je závislý rybolov.

Naléhavý cíl, nové paradigma

Vrátit se alespoň na 350 ppm je jen první, počáteční cíl. U fenoménů, jako je ledová pokrývka arktického oceánu i během léta, to pro nápravu stačit nebude. Dost možná bude potřeba vrátit se pod 300 ppm, tedy na úroveň ze začátku 20. století. Nebo i pod úroveň ještě starší, předprůmyslové – aby se zastavily další samovolné změny, které se za vyšších teplot rozběhnou. To všechno zatím nevíme. Víme ale, že tu možnost musíme dalším generacím zachovat otevřenou. Na nás je jen ten první krok: zpět na 350, co nejdříve!

Je jasné, že smířit se s takovou skutečností, ba začít se podle ní chovat, vyžaduje naprostou změnu paradigmatu. Větší, než přinesl Albert Einstein svými dvěma teoriemi relativity, speciální a obecnou. Pro většinu lidí šlo tehdy o to, zda jim věřit či ne. Jen malá část vědecké obce byla schopna si Einsteinovy práce prostudovat a posoudit, jsou-li správné. Ještě menší část to udělala. Mnoho fyziků toho formálně schopných to nezvládlo a teorii relativity ze zásady odmítali: přičila se jejich pojetí světa. V Brně se tím „proslavil“ prof. Hostinský – nebýt toho, jeho jméno by dnes bylo takřka neznámé...

¹Starší generace si možná vzpomene na heslo „nesvítíte zbytečně?“. Samozřejmě, že mnohdy svítíme (cestujeme, topíme) zbytečně nebo zbytečně moc, a téměř vždy i špatným, neefektivním způsobem! Omluvou nám není, že „na to máme“, právě naopak.

Plně pochopit přelomovou práci kolektivu Hansen a spol. může být ještě obtížnější, např. proto, že se týká řady oborů. Opět platí, že vědci, kteří jsou toho schopni, by tak měli učinit (viz Memorandum 2009). A pak své zjištění tlumočit veřejnosti. U teorie relativity šlo jen o společenskou konverzací. V případě změny klimatu jde ale o život. Jde nyní také o poslední léta, ne-li měsíce, kdy ještě máme naději Zemi, tak jak nám byla svěřena, zachránit a umožnit v tom pokračovat dalším generacím. Pokud to nezvládneme, nikdo další už to nikdy (během nejbližších tisíciletí) nebude moci napravit.

Rok 2009 je pro budoucí vývoj klíčový. V prosinci se v Kodani na konferenci Rámcové úmluvy „COP 15“ mají stanovit pravidla pro dobu po roce 2012. Je ještě šance, že k cíli „< 350“ povedou. Účinným nástrojem k dosažení takového cíle jsou asi jen velké a trvale rostoucí poplatky za všechny do uhlík, který je do ovzduší emitován větší měrou, než by to činily přírodní procesy (viz Odkazy). Pokud se letos nepodaří takový cíl a nástroj dohodnout, těžko to půjde dohnat.

Jan Hollan; text z jara 2009 upraven dle kratšího znění v časopise Veronica č 5/2009 a doplněn obrazy

Odkazy:

Ramanathan, V., Feng, Y (2008): On avoiding dangerous anthropogenic interference with the climate system: Formidable challenges ahead. *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **105**:14245-14250; published online before print September 17, 2008, doi:10.1073/pnas.0803838105. (O prvním autorovi viz http://en.wikipedia.org/wiki/Veerabhadran_Ramanathan.)

Schellnhuber, H.J. (2008): Global warming: Stop worrying, start panicking? *Proc. Nat. Acad. Sci. USA* **105**:14239-14240; published online before print September 18, 2008, doi:10.1073/pnas.0807331105. (O autorovi viz http://de.wikipedia.org/wiki/Hans_Joachim_Schellnhuber.)

Hansen, J., Sato, M., Kharecha, P., Beerling, D., Berner, R., et al (2008): Target atmospheric CO₂: Where should humanity aim? *Open Atmos. Sci. J.*, **2**, 217-231, doi:10.2174/1874282300802010217. Abstrakt a plný text i na http://pubs.giss.nasa.gov/abstracts/2008/Hansen_etal.html. (O prvním autorovi viz http://en.wikipedia.org/wiki/James_Hansen.)

Překlady starších Hansenových textů, tisková zpráva University Yale k výše uvedené publikaci a odkaz na jeho stránky s dalšími pracemi viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/hansen>

Memorandum ze Sympozia nositelů Nobelových cen (2009), viz <http://amper.ped.muni.cz/gw/nobel>

Osvětě o dnešním stavu poznání se věnuje hnutí <http://350.org>

Uhel z biomasy:

Biochar - Wikipedia, the free encyclopedia, <http://en.wikipedia.org/wiki/Biochar>

<http://www.biochar-international.org>

The Promise of Biochar, film pro konferenci COP 14 v Poznani, atd., <http://www.venearth.com/>

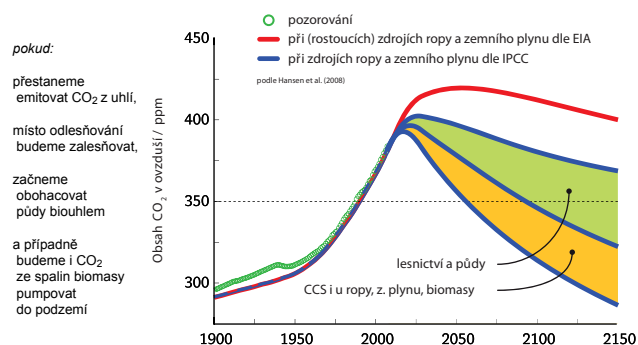
<http://www.veronica.cz/uhel>

Ekonomické nástroje – viz odkazy z textu *Nové práce o uhlíkových poplatcích*, <http://www.ekolist.cz/nazor.shtml?x=2158405>

Překlady moderních dokumentů o změně klimatu do češtiny:

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

Dosažitelný vývoj koncentrací CO₂



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

