

Skleníkový efekt se nás netýká?

Pojem „globální oteplení“ je pro většinu obyvatel Československa asi dosud neznámé či alespoň neutrální sousloví. Nedivil bych se, kdyby v někom dokonce vzbuzovalo představy příjemné – to by bylo něco, abychom tolik neprotopili! Těch, jimž pomýšlení na globální oteplení vyvolává naopak mrazení v zádech, je u nás nejspíš naopak poskrovnu. Víra v pokrok, touha po rychlém zbohatnutí, a přesvědčení, že „příroda už to nějak zařídí“ či naopak že „lidstvo se s každým problémem dokáže vypořádat“, jsou sice někdy narušovány viditelnými katastrofálními následky lidské činnosti, ale vzrušovat se kvůli něčemu, co nám viditelně neublíží a, jak jsem také slyšel, „vědci se ostatně ještě nedohodli, jestli to vůbec existuje“? Takové starosti nejsou přece na pořadu dne!

Není-li zatím globální oteplení v naší vlasti žhavým politickým problémem, odhadují, že se jim během pár let stane, jako se jím již stává v Německu a v Evropě a ve všech demokraciích vůbec. Nejde totiž o maličkost, ale o patrně největší problém, který před lidstvem doposud vyvstal.

Všechny ostatní dosavadní konflikty člověka s přírodou, ať jakkoli zhoubné pro přírodu a zpravidla i pro vítězného (i když nakonec někdy vlastně poraženého) člověka, byly totiž konflikty lokálními, nezahrnujícími zpravidla ani jeden kontinent. Obohacování atmosféry stopovými plyny, zesilujícími skleníkový efekt, vede však ke konfliktu globálnímu – ke změně klimatu na celé Zemi, změně, která ve svém tempu a důsledcích nemá za poslední statisíce let obdoby.

Pokusím se ve svém příspěvku naznačit, o jaký jev vlastně jde, k čemu asi povede, a jak mu lze (a je nanejvýš naléhavé) čelit.

Globální oteplení je jev, způsobovaný antropogenním zesílením skleníkového efektu. Nejprve se tedy zastavme u toho,

co to je onen skleníkový efekt.

Skleníkový efekt spočívá v existenci bariéry, která brání toku energie z povrchu, jejíž přikrývá, méně ale brání toku energie na onen povrch. Důsledkem je vyšší teplota povrchu, než by byla v nepřítomnosti bariéry.

V případě skutečného skleníku je bariérou vrstva skla (či u „folníku“ fólie polyetylenové či jiné). Tato vrstva brání úniku teplejšího vzduchu do okolí, a je tak bariérou především pro transport tepla prouděním. Až druhořadá je její funkce při potlačení přenosu energie zevnitř ven (a v menší míře i zvenku dovnitř) zářením.

V případě planet zemského typu je bariérou jejich atmosféra. Na rozdíl od skleníku zde ale jde pouze o potlačení přenosu energie zářením. Pro infračervené záření jejich povrchu je jejich atmosféra neprůhledná, zatímco pro světlo přinášející energii ze slunce je mnohem průhlednější. Nebýt atmosféry, udržovala by se průměrná teplota povrchu planety taková, že by vyzařoval v úhrnu právě tolik energie, kolik by jí dostával od slunce. Za přítomnosti atmosféry, která je průhledná či alespoň dosti průsvitná pro světlo, je tomu ale jinak – onu průměrnou teplotu, kterou by měl holý povrch planety, má spíše vrstva atmosféry, která je řadu kilometrů nad povrchem planety a nad kterou je už atmosféra dosti prostupná i pro infračervené záření. V nižších výškách je teplota v průměru vyšší a roste až k povrchu planety. Povrch planety je totiž v tomto případě ozařován nejen sluncem, ale také neviditelným infračerveným zářením atmosféry, ohříváné povrchem planety v dobách slunečního svitu. O kolik je průměrná teplota povrchu vyšší, než by byla bez přítomnosti atmosféry, záleží na neprůhlednosti atmosféry pro infračervené záření a naopak průhlednosti pro světlo, kterým je přenášena většina energie ze slunce.

Pro neprůhlednost atmosféry v IR oboru nejsou podstatné hlavní složky zemské atmosféry: dusík, kyslík a argon, ale složky stopové. Ty se na celkovém zvýšení průměrné teploty zemského povrchu

vlivem přirozeného skleníkového efektu (tj. tak velkého, jako existoval před asi dvěma sty lety), které se udává na 34 K, podílejí takto: vodní pára 21 K, oxid uhličitý 7 K, ozón 2.4 K, oxid dusný 1.4 K, metan 0.8 K a další už mnohem méně. Takovým plynům, způsobujícím skleníkový efekt (k výše jmenovaným nyní přibyly ještě plyny antropogenní), se souhrnně říká skleníkové plyny.

U Venuše, která má jednak atmosféru mnohem hustší než Země, ale především složenou takřka výhradně z oxidu uhličitého (a kde ostatní plyny s výjimkou dusíku jsou naopak stopové), je povrch skleníkovým efektem přehřát o stovky kelvinů.

Pro lepší pochopení mechanismu planetárního skleníkového efektu si můžeme představit skleník postavený ve vzduchoprázdnu, např. na Měsíci či ještě lépe Merkuru, který se vůči Slunci otáčí jen velmi pomalu. Bez přítomnosti tekutého prostředí by vrstva skla už nesloužila jako přehrada proti konvekci, ale právě jen jako filtr infračerveného záření. Kdyby záření zahřátého povrchu neprocházelo sklem vůbec, byla by teplota skla stejná, jako teplota okolního nezakrytého povrchu, ale absolutní teplota povrchu pod sklem by byla o devatenáct procent vyšší (a ještě o více, pokud by sklo nebylo velice tenké). To proto, že na povrch by v tomto případě zářilo slunce i sklo stejně mnoho a teplota povrchu, aby též vyzařoval dvakrát více, by byla znásobena čtvrtou odmocninou ze zvýšení zářivého toku, jak praví zákon Stefan-Boltzmannův (a čtvrtá odmocnina ze dvou je asi oněch 1.19). Atmosféra je ovšem složitější než jedna vrstva ideálního skla – a její skleníkový efekt může být podle jejího složení jak větší, tak i menší.

(Pro úplnost dodejme, že může existovat i bariéra s opačným účinkem, vedoucím k ochlazení povrchu: takovou by například představovalo zrcadlo, odrážející valnou většinu slunečního záření, ale chovající se jako tmavá plocha vzhledem k IR záření o delší vlnové délce. Vzhledem k tomu, že na povrch zakrytý zrcadlem žádné sluneční záření nedopadá, je pak onen onen povrch v neměnných podmínkách právě tak teplý, jako zrcadlo nad ním (pomineme-li příkon z hloubi planety). Zrcadlo, které je ve vzdáleném IR oboru tmavé, je ovšem oproti nezakrytému nezrcadlovému povrchu chladnější, a vzniká tak situace opačné ke skleníkovému efektu – efekt „zrcadlníkový“. Atmosféra se c úhrnu tímto způsobem asi projevit nemůže, jenom mraky v ní přes den mají takovou funkci. A na povrch půdy tak působí také jarní sněhová pokrývka.)

Skleníkový efekt je tedy přirozeným a velice důležitým jevem. Teplota povrchu Země během její dosavadní existence byla právě skleníkovým efektem udržována na vhodné výši k tomu, aby na Zemi mohl vzniknout a vyvíjet se život. Před miliardami let, kdy Slunce zářilo méně (před 4.5 miliardami let až o třetinu), bylo ovzduší méně propustné pro infračervené záření – obsahovalo totiž více oxidu uhličitého, který dlouhovlnné záření pohlcuje. Během rozvoje života na Zemi se oxid uhličitý postupně zabudovával do biogenních karbonátových sedimentů (vápence a dolomitu), a jeho koncentrace v atmosféře během miliard let klesala. A tak i přes vzrůst výkonu Slunce teplota na Zemi zůstala víceméně stejná – slábl totiž skleníkový efekt.

To byl ovšem proces velmi pozvolný. Přes něj se překládalo kolísání průměrných teplot ve škálách stovek a desítek miliónů let, jak jej dokumentují alespoň zkoumání geologů a paleoklimatologů. Extrémně teplé období zřejmě existovalo před sto milióny let, v době veleještěřů. Předpokládá se, že tehdy byla koncentrace oxidu uhličitého v ovzduší až o řád větší než dnes.¹

Pro nás je ovšem důležité vědět, co určuje klima na Zemi, jaká je nyní. Jak se ukazuje, kolísání průměrných teplot je ve čtvrtohorách dosti věrně kopírováno kolísáním koncentrace oxidu uhličitého a metanu. Za původce, který změny klimatu vyvolával, se pokládají nevelké změny vzájemné polohy eliptické trajektorie Země a rotační osy Země, které vedou ke změnám časového a šířkového rozložení osvětlení Země Sluncem. Současně se ale považuje za nesporné, že nebýt doprovodných velkých změn koncentrace rozhodujících stopových plynů v ovzduší, vliv samotných astronomických podmínek by se zdaleka tak velkými změnami teplot neprojevil.

¹ Pozn. po 20 letech: „až o řád větší“ – desetinásobná asi nebyla; oproti hodnotě 392 ppm, jaká platila na přelomu let 2011 a 2012, byla v křídě možná čtyřnásobná. Viz http://www.skepticalscience.com/arg_cz_CO2-kdysi-vice.htm a přednášku Richard Alleyho z roku 2009, [The Biggest Control Knob: Carbon Dioxide in Earth's Climate History](#).

Konečně, je zde ještě možný vliv kolísání zářivosti Slunce. To ale neprobíhá v časových škálách tisíců a statisíců let, ale nanejvýš ve škálách stovek či desítek let. A pokud v těchto časových měřících vůbec existuje, je na úrovni zlomků promile. Přesto se někdy pokládá za příčinu tzv. malé doby ledové na konci středověku, kdy ovšem průměrná teplota nepoklesla ani o celý jeden stupeň oproti tisíciletému průměru.²

Do přirozených a velmi pozvolných změn klimatu na Zemi dnes ale vtrhla ale činnost lidstva. Za posledních dvě stě let podstatně stoupla koncentrace přirozených stopových skleníkových plynů v ovzduší, a tím se skleníkový efekt zesílil; při přesném vyjadřování se toto zvýšení označuje jako

přídavný skleníkový efekt způsobený lidskou činností.

Při běžném vyjadřování se však pod pojmem „skleníkový efekt“ rozumí právě jen onen antropogenní přídavek, což laicky vede až ke zpochybnování „existence skleníkového efektu“.

Pro období posledních dvou set let existují měření koncentrace hlavních klasických antropogenních skleníkových příměsí v atmosféře, totiž oxidu uhličitého a metanu – po většinu doby ovšem ne přímo, ale vykonaná na bublinkách vzduchu uzavřených v polárním ledu. Ta ukazují, že koncentrace CO₂ vzrostla již o třetinu, z 280 ppm na 355 ppm, a koncentrace metanu na více než dvojnásobek (nyní 1.7 ppm). V naprostém souladu s tím vzrostla za dvě stě let i průměrná teplota při zemském povrchu. Růst podílu skleníkových plynů v atmosféře je ale stále rychlejší, a navíc se objevily čistě antropogenní nové skleníkové plyny: freony a halony. Ty se nyní na lidském přídavku ke skleníkovému efektu podílejí zhruba jednou čtvrtinou. (Přídavek oxidu dusného je též nezanedbatelný, znamená až patnáctinu skleníkového přírůstku. Další v podstatě antropogenní plyn je troposférický ozón, který má nadto další nepříjemně účinky.)

Problém není ale ani tak v současných koncentracích skleníkových plynů, ale v jejich růstu. Veškeré klimatické modely se shodují v tom, že

během příštího století dojde ke značnému oteplení,

které nemá svou velikostí obdoby za posledních sto tisíc let a svou prudkostí nikdy v historii biosféry. Oteplení samo hrozivě nevypadá, ale i jen ty důsledky, které lze dnes odhadnout či spočítat, hrozivé valnou většinou jsou.

Lze si říci – a co má být, skleníkový efekt se sice prý zesílil, ale nic se vlastně neděje. Je to ale podobné, jako kdyby si řidič autobusu s nefungujícími brzdami řekl na začátku klesání z horských výšin, klesání zprvu mírného, „je to dobré, na trojku se to moc nerozjíždí“. Má pravdu, cestující se ještě opravdu mohou klidně kochat okolní krajinou – ale už jen chvíli, když ještě nic zlého netuší.

Můžeme se konejšit tím, že dosavadní zvýšení teploty o necelý jeden stupeň (tedy kelvin) nebylo nijak zlé, a že beztak mohlo být způsobeno něčím jiným, vždyť počasí je přece nevyzpytatelné. Jistě, kdo se nedívá dopředu, může mít dojem, že řidič chce jen rozjet autobus pořádně do protisvahu – jenže ten „protisvah“, který by autobus zpomalil, je bohužel nedosažitelně daleko a nepřiběhne na proti.

Zvýšení průměrné teploty je totiž dle hrubých odhadů i dle nejdokonalejších modelů nevyhnutelné. A dnešní modely globální cirkulace atmosféry, které jsou užívány k výpočtu vývoje klimatu na období nejbližších desítek let, se zdají přes svá omezení již velmi dobré – umějí správně počítat poměry na povrchu jiných těles sluneční soustavy, umějí v dobré shodě se známou skutečností modelovat změny klimatu Země v minulosti a umějí též neobyčejně realisticky spočítat velikosti sezónních změn v jednotlivých oblastech (o rozměru asi jednoho tisíce kilometrů) zemského povrchu.

² *Pozn. po 20 letech:* tzv. sluneční konstanta se skutečně mění v rozmezí až jednoho promile. Pokles teplot ve vysokých severních šířkách koncem 13. století byl ale nejspíše vyvolán sérií velkých sopečných výbuchů v tropech. Snížené oslunění Země v několika obdobích minulého tisíciletí (od čtrnáctého do devatenáctého století) k udržování nižších teplot spolu se sopečnou činností skutečně přispělo, viz např. <http://www.skepticalscience.com/volcanic-influence-on-lia.html>. Globální ochlazení oproti počátku tisíciletí přitom nedosáhlo ani půl stupně, viz např. [Kodaňskou diagnózu](#); tzv. Malá doba ledová byla spíše [regionální povahy](#).

Ač nezávislé, shodují se i vzájemně. Jediné co zatím nejde, je ověřit je na tom, co se stane v budoucnosti.

Bez nadhledu nad problém začínajícího globálního oteplení mohou ti, kdož vědě a modelům skutečnosti nedůvěřují, dnes ještě stále říkat: „to, jak se změnilo klima a jaké neobvyklé počasí se v poslední dekádě vyskytovalo, s tím vaším skleníkovým efektem vůbec nesouvisí.“ Dnes ještě mohou, a nelze vědecky dokázat „nade vši pochybnost“, že se mýlí. Ve hře je tolik vlivů, které teprve nyní jsou či začnou být systematicky zkoumány a měřeny. A zahrnout všechny tyto informace do velmi zdokonalených modelů taky zabere léta. Očekává se, že až za deset let budeme mít úplnou jistotu o tom, čím jsou způsobeny dnes pozorované změny. Pokud ale už do té doby nenastane podstatný zvrat v růstu emisí skleníkových plynů, bude to asi též jistota, že protisvahu už náš autobus nedosáhne.

Biosféra ale přece není řídicí se autobus. Co se může vlastně vlivem oteplení stát? Dotkne se to i nás v Československu či našich děti?

Dotkne, i když, těšme se, méně než národů žijících na pobřeží nebo v oblastech s absolutním nedostatkem vody. Ani u nás totiž není vody nadbytek, naopak, leckde je limitem pro zemědělství i sídla. V důsledku globálního oteplení se u nás velmi pravděpodobně zmenší množství srážek a zimní sněhová pokrývka – to povede k podstatně menší vlhkosti půdy během vegetačního období.³

Dopad v jiných oblastech bude ale ještě mnohem výraznější. Omezím se na dva jevy: sucho a záplavy. V sušších oblastech Severní Ameriky, které jsou nyní skutečnou „obilnicí světa“, se hranice pásu pěstování žita posune k severu. Žito bude muset být nahrazeno pšenicí – ale ta tam dává poloviční výnosy! V ještě sušších oblastech poklesne produkce rovněž, někde dokonce ustane – současné oblasti hladu se tím, velmi pravděpodobně, dramaticky rozšíří.

Největší hrozbu pak globální oteplení představuje pro až jednu miliardu lidí, kteří žijí v oblastech s nadmořskou výškou nepřesahující příliš jeden metr. Hladina moří totiž dále stoupne, především vinou růstu teploty mořské vody a jejího teplotnímu rozpínání (až druhořadé je během příštího století zmenšování pevninských ledovců)⁴. Přibude katastrofálních záplav, část pobřeží se dostane trvale pod vodu, zahynou pobřežní ekosystémy. Není žádného místa, kam by se mohli lidé z těchto mnohdy nejhustěji osídlených oblastí přesídlit. Leda do průmyslových zemí mírného pásu, kde lidé v nouzi nežijí – dokážete si takové přesuny národů k nám představit?

(Proti zvýšení mořské hladiny se lze zčásti bránit hrázemi – ale toto čistě technické opatření, které neochrání přírodní pobřežní společenstva, má další podstatný háček: je svou nákladností mimo možnosti zasažených ekonomik.)

Uvažování o dopadech globálního oteplení má i důležitý aspekt, který se ve vědeckých a technických úvahách moc neobjevuje. Je to totiž jev, způsobený především průmyslovou civilizací severního mírného pásu, tedy pětinou bohatého a rozmařilého lidstva (do které samozřejmě patříme i my a dokonce i takové Rusko), ale postihující lidstvo celé, a též celou biosféru. Následky naší činnosti ponесou (či dost možná již nesou) převážně jiní, kteří navíc budou ve srovnání s námi proti těmto důsledkům takřka bezbranní. Začneme se chovat zodpovědně, anebo si jen „budeme hledět svého“?

Dostáváme se tak k poslednímu bodu. Vědomí o nevyhnutelnosti globálního oteplení a jeho důsledcích vede zodpovědné lidi k otázce: můžeme s tím něco dělat? Jak by se musely začít

snížovat emise skleníkových plynů,

3 *Pozn. po 20 letech:* U ročního úhrnu srážek se během 21. století v Česku změny nečekají. Ale vyšší letní teploty způsobující vyšší výpar a transpiraci rostlin ke stále horším obdobím sucha povedou. Letní srážky, postupně více z bouřek než z delších mírných dešťů, zásoby vody dobře nedoplňují a vedou k odnosu půd.

4 *Pozn. po 20 letech:* ve skutečnosti je už nyní příspěvek z Grónska a Antarktidy větší než vliv rozpínání mořské vody a ve druhé půli 21. století bude naprosto dominantní. To tehdy nikdo nečekal.

aby to podstatně pomohlo? Jakou cenu jsme za to ochotni zaplatit? A jak proti růstu skleníkového efektu postupovat co neúčinněji?

Dnešní modely globální cirkulace atmosféry udávají zvýšení teploty za sto let po zdvojnásobení koncentrace oxidu uhličitého oproti výchozímu stavu v rozmezí dvou až 4.5 K – mluví se o různé myslitelné citlivosti změn teploty na koncentraci skleníkových plynů. Za „bezpečné“ zvýšení teploty, které by nemělo mít tak katastrofální následky (ač i tak např. hladina moří stoupne až o desítky centimetrů) se pokládá naproti tomu hodnota nepřevyšující jeden stupeň.⁵ Docílit toho, aby se emise snížily natolik, aby se teplota s jistotou nezvyšovala rychleji, se zdá být nemožné. Uvažuje se proto o snížení emisí, které sice pro průmyslové země bude rovněž drastické, ale snad realizovatelné – a o současném sice ne snížení emisí, ale alespoň snížení rychlosti jejich růstu v případě zemí ostatních. Takové myslitelné celkové snižování produkce skleníkových plynů dává když ne jistotu, tedy alespoň slušnou naději, že teplota neporoste katastrofální rychlostí a k závratným hodnotám.

Přítom je podstatný souhrn všech přidávaných skleníkových plynů, přepočítaných dle své účinnosti na ekvivalentní koncentraci CO₂. Jako cíl se klade zpravidla, aby emise v roce 2005 byly v celosvětovém úhrnu o pět procent menší než v roce 1987 – a tedy o dobrých čtrnáct procent menší než dnes, a v roce 2050 pak byly pouhou polovinou emisí z roku 1987. I tak ještě koncentrace skleníkových plynů v nejbližších desítkách let poroste, a zejména poroste teplota, která má „zpoždění“ o desítky let. Nastoupení takového kursu již v příštích letech nedá sice ještě žádné záruky, ale alespoň možnost situaci v příštím století při další dobré vůli zvládnout. Nezačne-li se s nápravou velmi brzy, v příštím století to už nebude možné dohonit.

Příměr s autobusem lze opět použít: řidič, vědom si rizika, může ještě včas zařadit dvojku. Může pak též snad odbočit ze silnice ke svahu, nebo sjet do příkopy, nebo dokonce brzdit bokem o skálu. Takové činy už nebudou bez nepříjemných důsledků, ale mohou snad odvrátit katastrofu. A je-li nebezpečí velmi velké, a pochybovat o něm mohou jen neinformovaní či nechápaví, je otázkou, zdali je nějaký čin, který by mohl pomoci, příliš drastický na to, aby se mu řidič měl právo vyhnout. Může čekat na bezpečnou odbočku, která by se snad mohla vynořit za příští zatáčkou, když se zatím autobus stále zrychluje?

Uvažujeme-li o tom, co bychom měli dělat my v Československu, nemusíme tápat v nejistotě. Můžeme využít informací, které shromáždili v jiných zemích, najmě pak v sousedním Německu, které má koneckonců novou část naší zemi donedávna v lecčems podobnou. Svou produkci skleníkových plynů na obyvatele patříme k absolutní světové špičce (před námi bylo jen východní Německo, USA a Kanada), a jakkoliv si můžeme myslet, jak jsme ve srovnání s Němci chudí, náš podíl na globálním oteplení je více než důstojný. Budeme-li uvažovat, jak mnoho bychom měli produkci skleníkových plynů snížit, je potřeba si uvědomit, že ve skutečně chudých oblastech světa je produkce např. oxidu uhličitého na jednoho obyvatele řádově menší než u nás, a že i přes veškerou úspornost poroste – na to mají ony země ve značné míře právo, vždyť i oni chtějí uniknout např. hladu, jako jsme my unikli již dříve než před sto lety. Má-li se celková světová produkce skleníkových plynů snížit, musí se produkce v zemích, jako je i naše, snížit skutečně výrazně a rozhodně ne bezbolestně pro naši ekonomiku. Bez takových opatření je nemorální chtít rozvážné chování od těch zemí, kde ještě takřka s průmyslovými emisemi nezačali.

Příměr s autobusem zde již selhává – řidičem onoho pomyslného autobusu byl celý „civilizovaný“ svět severního mírného pásma, a ne jednotlivé státy. Průmyslový svět se ale jako celek schopný rozhodnutí nechová – místo řidiče je zde nanejvýš výbor zasedající v přední části neřízeného autobusu.

To nejlepší, co můžeme udělat, je nezaostávat příliš ve svých opatřeních za Evropou, tj. přinejmenším za Německem, ne-li rovnou za Skandinávií. Že nepůjdeme asi příkladem, to je jasné – naše, ač dobře léčená ekonomika se ještě neuzdravila a můžeme se jen těšit na její budoucí rekonvalescenci. Můžeme-li nějak využít své relativní chudoby, nevím, snad ano – zatímco v Německu

5 *Pozn. po 20 letech:* globální teplotní odchylce o jeden kelvin bohužel odpovídá zvýšení mořské hladiny o řadu metrů, ne jen o několik decimetrů.

by určitě měla spotřeba obyvatelstva výrazně klesnout (nesporně je to u takového cestování), u nás v některých ohledech zatím stačí, aby nestoupala! Je-li ale žádoucí, aby národní hospodářství rozkvetlo a poskytovalo prostředky na nápravu spouště, kterou kolem sebe máme, rozkvět by se neměl odehrávat za cenu růstu produkce skleníkových plynů, ale naopak za jejího snižování.

Co snižovat a jak snižovat? V první řadě to, co škodí nejvíce a lze omezit nejlevněji: halogenované uhlovodíky, tj. např. freony a halony. Pozornost věnovaná freonům kvůli likvidaci stratosférického ozónu vedla již dříve k opatřením snižujícím růst jejich produkce. Nyní je potřeba obdobná opatření rozšířit na ostatní halogenované uhlovodíky. Ty, které neobsahují chlór, sice ozónu ve stratosféře neubírají, ale infračervené záření pohlcují též velmi silně – jejich skleníková účinnost je o tři až čtyři řády vyšší než účinnost oxidu uhličitého. Zahraniční scénáře pro odvrácení katastrofického oteplení proto počítají s redukcí produkce halogenovaného metanu a etanu na celém světě do konce století až téměř k nule, v Německu samotném pak již v roce 1995. Již dnes jsou halogenované uhlovodíky v atmosféře zodpovědné až snad za jednu čtvrtinu přídavného skleníkového efektu, a vzhledem k velmi dlouhé jejich životnosti v ovzduší si svůj podstatný podíl ještě dlouho podrží, i když jich přestane přibývat.

Dalším účinným plynem je metan. Ač jeho hlavní antropogenní produkce padá na vrub rýžových polí, naše domácí produkce je též nemalá. Především jde o rozklad organických látek ve skládkách a výkalech dobytka, ale zřejmě též o důlní plyny a únik z rozvodu plynu zemního. Pomoci může např. jiný způsob rozkladu odpadů (s nižším podílem metanu), nebo též spalování metanu na neškodnou vodu a stokrát méně účinný oxid uhličitý. Metan dnes způsobuje až patnáct procent přídavného skleníkového efektu.

Oxid uhličitý má ale hlavní podíl na antropogenním přídavku ke skleníkovému efektu a je nejméně snadné jeho emise podstatně redukovat.

Pro snížení emisí CO₂ je nutné především méně spalovat fosilní paliva. Jistě, je též žádoucí zbrzdit, zastavit a pak i zvrátit proces odlesňování; odlesňování probíhající u nás je v tomto ohledu málo podstatné (ač by mohlo pomoci vydatně zalesňování), ale svůj podíl máme vinou užívání tropického dřeva i na odlesňování v tropech a např. vinou kouření na odlesňování v subtropích. (Pomocí by mohly zákonné a celní bariéry.) Redukce užívání fosilních paliv je ovšem hlavním úkolem doby. V první řadě jde o uhlí, které dává CO₂ relativně nejvíce. Z hlediska globálního oteplení je vhodné místo uhlí užívat fosilních paliv s vyšším obsahem vodíku, tj. především zemního plynu. Jeho těžba u nás je ovšem malinká, a přítok z východu jednak omezený, a jednak kdoví zdali spolehlivý. Přesto se v Německu počítá s drastickým omezením těžby uhlí, a totéž je žádoucí u nás. Že to v hospodářství, vystavěném jednoznačně na užívání obrovských kvant technologicky dostupného uhlí není nijak jednoduché, je jasné. Kolikpak pracovních míst je u nás na tok uhlí vázáno?

Nahrazování uhlí zemním plynem zdaleka nestačí: podstatné je celkově mnohem méně spalovat. Hlavním a nejlevnějším způsobem, jak toho dosíci, je využívat méně energie, než dosud. Způsobů, jak ušetřit energii, je velmi mnoho; v chladném kraji, jako je ten náš, hraje podstatnou roli např. izolace a ventilace budov. Jistě je vhodné podporovat uvědomění obyvatelstva. K tomu ale musí existovat též konkurující si podniky, které např. adaptaci starých a stavění dokonalých nových budov budou provádět. Jistě je třeba podporovat rozvoj železniční dopravy na úkor silniční. Jistě by bylo hezké zlepšit účinnost uhelných elektráren, atd. atd.

Ani šetření energií ale nestačí: potřebu primární produkce energie nelze snížit na nulu. Jak získávat ono nezbytné množství? Odpovědět nadšeně: „z netradičních zdrojů!“ je snadné, obtížnější je se k tomu rozhodnout a rozhodnutí realizovat. I v neoptimističtějších zaujatých prognózách se velký rozvoj hlavní netradiční energetiky, tj. sluneční, očekává až někdy v příštím století. Jak a kdy přijde, nikdo zatím neví – potíže, které přinese, je snadné překonat ve fantazii, ale může se ukázat mnohem obtížnější v praxi. Též jeho dopady na prostředí budou značné. Nicméně, instalovat sluneční systémy kdykoliv je to finančně únosné, je už dnes vítanou, i když jen drobnou pomocí při redukcii emisí CO₂.

A jak tedy získat nezbytné množství energie, a přitom neprodukovat mnoho oxidu uhličitého? Krátkodobé „alternativní“ řešení (tím myslím na nejbližších dvacet let) u nás zjevně neexistuje. Buď se lze smířit s tím, že zkrátka i nadále pálit dost uhlí (o plynu a naftě nemluvě) budeme, ač bychom neměli, nebo svou zbývající spotřebu budeme krýt co možná nejvíce ze zdroje, který uvolňování oxidu uhličitého způsobuje jen nepřímo a v malé míře: totiž z jaderných reaktorů. Nemusí jít jen o elektrárny, naopak, mělo by jít i o teplárny (ne-li i pouhé výtopny), případně též systémy produkce vodíku. Že má rozvoj takové jaderné energetiky své průvodní jevy a myslitelná rizika, je bezesporu. Jestli je to výhodné jako náhrada fosilní energetiky z lokálního hlediska (ať již environmentálního, zdravotního, sociálního či hospodářského), je věcí názoru. Jedna věc je ale jistá: z hlediska např. lidí v Bangladéši může být užívání jaderného štěpení ve vyspělých zemích namísto spalování fosilních zbytků skutečným dobrodiním. Může totiž znamenat výrazně větší a přitom snadněji realizovatelné snížení emisí CO₂, které by, kdoví, mohlo pro budoucnost biosféry v příštích staletích být rozhodující. Měla-li jaderná energetika i bez potuchy o globálním oteplení své zastánce, prizmatem vědomosti o nadcházejících změnách klimatu se na ni zajisté začne dívat příznivěji podstatně větší část lidstva.⁶

(Z výše řečeného je snad jasné, že nemám vůbec na mysli rozvoj jaderné energetiky za podmínek růstu produkce energie, ale naopak za podmínek co nejrychlejšího poklesu. Ostatně, pokles se ze všeho nejméně může týkat spotřeby elektřiny.)

Zbožná přání o proměně zvyklosti a produkčních systémů nepostačí. Aby emise skleníkových plynů začaly klesat, k tomu je nutné vytvořit prostředí, v němž k tomu povedou tržní mechanismy. Ukazuje se, že podstatnou úlohu přitom musí hrát daně či jiné poplatky zatěžující produkci skleníkových plynů. Přitom je velice podstatná mezinárodní součinnost. Lze totiž sice lokálně zdanit teplo z uhelných výtopen, ale již těžko produkci CO₂ při mnohých průmyslových výrobcích: výroba se přesune např. z uvědomělého Švédska do dychtivého Polska. Účinné daně lze zavést jen v celém rozsáhlém hospodářském prostoru současně – tj. např. v celé západní a střední Evropě. Přesunu výroby za jeho hranice lze pak účinně čelit cly, podobnými, jako existují dnes (pro nás bohužel) v Evropském společenství v oblasti zemědělských produktů.

Dostatečně vysoké daně nejen že by vedly k žádoucímu snížení skleníkových emisí ve vyspělých zemích, ale mohou být základem nezbytných dalších finančních zdrojů. Takové zdroje, dosud neexistující, jsou nutné, nemají-li prudce růst emise ze zemí chudých. Těmto většinovým oblastem světa bude též třeba pomoci čelit důsledkům, které jim svými emisemi vyspělé země natropily a ještě natropí (nemluvě o tom, co natropily za uplynulá staletí vývozem své civilizace – i dnešní hladomor jsou jeho důsledkem).

Opatření, která je u nás při vědomí neodvratného globálního oteplení naléhavé provést, je celá řada. První z nich je, dobrou představu o nadcházejících změnách klimatu v naší populaci a speciálně u politiků vůbec vytvořit. Naštěstí nemusíme objevovat Ameriku, ale stačí jen připojit se k vývoji ve světě, najmě u našich západních sousedů. Prvním krokem k tomu je, aby se našlo dostatek rozhodujících lidí, kteří stanoviska, ke kterým již došli např. v Německu, budou dobře znát. Ti pak mohou kvalifikovaně ovlivnit v potřebném smyslu situaci u nás.

Já sám takovým člověkem vůbec nejsem – jen jsem něco málo o problémech globálního oteplení zaslechl a zlomkovitě přečetl. Mohu vám jen doporučit. důkladné studium pramenů skutečně kvalifikovaných – např. zprávy komise německého parlamentu (Enquete Kommission Vorsorge zum Schutz der Erdatmosphäre). Věřím, že tento seminář bude nám všem k hlubšímu zájmu o budoucnost Země, o níž v tomto případě bez přehánění jde, mocnou pobídkou a oporou.

Děkuji vám za pozornost.

⁶ *Pozn. po 20 letech:* Nestalo se, ústup od užívání fosilních paliv stěží začíná. Tehdejší „okno“ pro náhradu fosilní energetiky jadernou se již v bohatých zemích zřejmě zavřelo, investice do energetické účinnosti, obnovitelných zdrojů a elektrických sítí jsou prospěšnější a pomáhají rychleji. Uvědomil jsem si to už [před 11 lety](#). Stále ovšem platí, že uhelné elektrárny jsou nesrovnatelně škodlivější než jaderné (viz např. [text Dr. Hansena z konce r. 2008](#) nebo jeho text [Zbabělci v našich demokraciích z ledna 2012](#)).