

**KOMISE PRO ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ
AKADEMIE VĚD ČR
Kancelář Akademie věd ČR, Národní 3, 110 00 Praha 1**

Stanovisko Komise pro životní prostředí Akademie věd ČR k diskusi o klimatických změnách

Dokument byl vytvořen na základě prezentací v rámci semináře Komise „Globální změna klimatu: vědecké poznatky“, který se konal 16. 4. 2007, zprávy IPCC a s využitím materiálu Fakta o globální změně klimatu na internetových stránkách ČHMÚ.

1. Úvod

- 1.1. Vydání Čtvrté hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro změny klimatu a tzv. Sternovy zprávy i další okolnosti vyvolaly rozsáhlou diskusi o vlivu klimatických změn na rozvoj lidské společnosti. Diskuse neprobíhá jen v odborných časopisech, ale i na stranách deníků a v televizních pořadech. Bohužel, řada příspěvků trpí značnou neinformovaností. Četná jsou základní neporozumění, dílčí omyly, a dokonce dezinterpretace zjištěných fakt. Proto jsme se rozhodli v tomto stanovisku shrnout základní znalosti tak, jak vyplývají z práce českých klimatologů i tisíců našich kolegů v zahraničí.
- 1.2. Na přípravě předkládaného stanoviska se podíleli odborníci z univerzit, Akademie věd ČR a Českého hydrometeorologického ústavu. Základem k jeho formulaci byly přednášky a diskuse vedené na semináři *Globální změna klimatu: vědecké poznatky*, který v dubnu 2007 uspořádala Komise pro životní prostředí AV ČR. Bohatě jsme také využili podrobné *Čtvrté hodnotící zprávy Mezivládního panelu pro změny klimatu*, která sumarizuje výsledky klimatologické vědy za posledních šest let.

2. Klima

- 2.1. Klima a jeho stabilita dlouhodobě ovlivňují náš život a ekonomiku. Extrémní klimatické události, například povodně, mají velké hospodářské důsledky.
- 2.2. Klima (podnebí) není počasí. Počasí je okamžitý stav atmosféry nad daným místem. Mění se z hodiny na hodinu, ze dne na den, sezonu od sezony, rok od roku. Klima je dlouhodobý charakteristický režim počasí podmíněný bilancí energie, atmosférickou a oceánskou cirkulací, vlastnostmi zemského povrchu, činností člověka. Na vytváření zemského klimatu se tedy nepodílí pouze atmosféra, ale i procesy v oceánech, na pevninách, v ledovcích a v biosféře. Zjednodušeně lze říci, že klima je „průměrné počasí“ za několik desetiletí.

3. Základní fakta

- 3.1. Klimatický systém se skládá z atmosféry, oceánů, ledovců, litosféry a biosféry. Je velmi složitý, nelineární a chaotický. Probíhá v něm obrovské množství fyzikálních i chemických procesů, které jsou propojeny kladnými i zápornými zpětnými vazbami. V

důsledku kladných zpětných vazeb vzrůstá nestabilita klimatického systému, záporné zpětné vazby stabilitu naopak zvyšují. I nepatrný zásah do systému může proto vyvolat řetězovou reakci a přerůst do daleko větších rozměrů.

- 3.2. Klima se přirozeně měnilo, mění a měnit bude. Základní důvody těchto změn jsou většinou známy. Ovlivňují je astronomické i další přírodní faktory, například změny dráhy, po které Země obíhá kolem Slunce, nebo výkyvy sluneční aktivity. Proto se střídají doby ledové a meziledové, proto během nich dochází k menším změnám.
- 3.3. Mezi faktory, které klima ovlivňují, patří také tzv. skleníkové plyny (viz 3.4) v atmosféře. Mají schopnost zadržovat teplo a vyzařovat je zpět k zemskému povrchu. Obecně platí, že vyšší koncentrace skleníkových plynů zvyšuje průměrnou globální teplotu. Vyplyvá to z jejich fyzikálních vlastností, které jsou dobře známy a prozkoumány od poloviny devatenáctého století.

Skleníkových plynů je celá řada. Mezi nejdůležitější patří vodní pára, oxid uhličitý (CO_2), metan (CH_4), oxid dusný (N_2O). Tyto plyny se vyskytují v atmosféře přirozeně, ale jejich koncentrace může vzrůstat i následkem lidské činnosti. Kromě toho se do ovzduší dostávají i plyny uměle syntetizované – připravené člověkem. Patří sem např. tzv. freony (chlorované a fluorované uhlovodíky a některé další, například SF_6).

4. Koncentrace skleníkových plynů

- 4.1. K produkci skleníkových plynů přirozeně dochází při různých biologických a geologických procesech (například dýchání rostlin a živočichů, vulkanická činnost, odpařování vody). Takové jevy jsou součástí přírodního koloběhu uhlíku, vody aj. Oxid uhličitý nebo vodní pára jsou do vzduchu vypouštěny a opět z něj odstraňovány.
- 4.2. Koncentrace některých skleníkových plynů v atmosféře se vlivem lidské činnosti zvyšuje a způsobuje zvyšování globální teploty. Některé další lidské vlivy mají ale opačný účinek. Patří sem především průmyslové emise aerosolů.
- 4.3. Nejdůležitějším z přibývajících skleníkových plynů je oxid uhličitý. Hlavním zdrojem je spalování fosilních paliv, například výroba elektrické a tepelné energie nebo doprava. Dále k přibývání skleníkových plynů ve vzduchu přispívá výroba vápna, některé průmyslové technologie, spalování nebo skládkování odpadů, trávicí procesy hospodářského skotu, pěstování rýže, vypalování lesů aj.
- 4.4. Koncentrace CO_2 , CH_4 a N_2O v předindustriální době vykazovala jen malé změny. Asi od roku 1750 výrazně roste v důsledku činnosti člověka a dnes výrazně převyšuje předindustriální hodnoty.
- 4.5. Problém související s růstem globální teploty vzniká tedy až při narušení přirozených koloběhů člověkem. Lidská činnost ročně přidává do atmosféry asi 5,4 miliardy tun uhlíku, který byl doposud uložen v geologických vrstvách (fosilní paliva, vápenec) a nebyl tedy součástí přírodního koloběhu, a 1,7 miliardy tun vlivem změny využití půdy (například úbytek lesů v důsledku vypalování). Antropogenní příspěvek CO_2 celkově rychle stoupá, pro rok 2006 je vypočten už na 8 miliard tun. Část z toho je pohlcena do

půdy a oceánů. Čistý přírůstek atmosférického uhlíku činí přibližně 3,3 miliardy tun ročně.

- 4.6. Koncentrace CO_2 a CH_4 v atmosféře výrazně převyšují přirozené hladiny za posledních cca 650 000 let.
- 4.7. Mezi faktory, které klima ovlivňují, patří také koncentrace skleníkových plynů (viz 3.4) v atmosféře. Obecně platí, že vyšší koncentrace skleníkových plynů zvyšuje průměrnou globální teplotu. Vyplývá to z jejich fyzikálních vlastností, které jsou dobře známy a prozkoumány od poloviny devatenáctého století.

5. Modely změn klimatu

- 5.1. Změny klimatu, ke kterým dojde vlivem určitého zvýšení koncentrace skleníkových plynů (na pozadí přirozené variability), lze do určité míry předpovídat.
- 5.2. K predikcím slouží tzv. globální klimatické modely (GCM). V mnoha ohledech jsou analogií numerických modelů používaných v předpovědi počasí. Počítačový GCM je vlastně matematickým popisem dějů, které v klimatickém systému probíhají. Zahrnuje nejružnější jevy ovlivňující klima, chemické a fyzikální procesy, které probíhají v atmosféře, oceánech a kryosféře (ledovcích).
- 5.3. Modely se řeší na síti uzlových bodů, u současných modelů jejich vzdálenost představuje asi 200–300 kilometrů horizontálně, zatímco vertikálně dělí atmosféru obvykle do 30 rovin. Model tak rozlišuje pevniny a oceány i charakter zemského povrchu. Menší detaily jsou pod jeho rozlišovací schopností. Proto jsou modely schopny zachytit základní rysy klimatu na velkých územích. V současné době vznikají také regionální klimatické modely.
- 5.4. Modely se přirozeně verifikují. Ověřování využívá běhu modelů s historickými daty a srovnání závěrů se skutečnými výsledky měření.
- 5.5. Nejistota projekcí budoucích změn klimatu vyplývá především z neznalosti budoucího vývoje emisí skleníkových plynů (a aerosolů, které klima naopak ochlazuje). Proto modelové projekce pracují s vybranými scénáři emisí se širokým rozpětím: nízké nebo vysoké emise. U každého modelu se výpočty provedou s více scénáři. K odhadu neurčitostí spojených s přirozenou variabilitou klimatického systému se používá řada opakovaných simulací vycházejících z různých počátečních podmínek.
- 5.6. Nejistoty v odezvě klimatického systému na předpokládanou poruchu (například dané množství emisí) se dále posuzují pomocí rozptylu modelových projekcí. Pro jeden vybraný scénář se projekce spočte více klimatickými modely.
- 5.7. Výsledkem modelu je projekce budoucího klimatu: odezva klimatického systému na určitý objem emisí počítaná klimatickým modelem. Z ní lze odvodit scénář změny klimatu, například průměrný rozdíl mezi historickými výsledky modelu pro období 1961–1990 a budoucím modelovým klimatem v období 2061–2090.

5.8. Scénáře nejsou předpovědí klimatu. Klima nelze s jistotou předvídat, protože závisí na faktorech, které nemůžeme předem znát, především na velikosti emisí (a také na přirozené variabilitě). Scénáře proto popisují očekávatelné stavy klimatu v budoucnosti, které za daných okolností (například při dané velikosti emisí) pravděpodobně nastanou.

6. Projekce změn klimatu

- 6.1. Důležitou hodnotou je velikost tzv. klimatické senzitivity, tj. změna teploty, ke které dojde při zvýšení koncentrace oxidu uhličitého z hodnoty 280 ppm (stav v předindustriálním období) na hodnotu 560 ppm (dvojnásobek). Při současných trendech emisí na takovou hodnotu stoupne během druhé poloviny 21. století.
- 6.2. Podle IPCC modely ukazují, že za takových okolností by s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností došlo ke zvýšení teploty v intervalu 2–4,5 °C (nejpravděpodobnější výsledek je asi 3 °C). S devadesátiprocentní pravděpodobností je výsledek vyšší než 1,5 °C.
- 6.3. Modelové projekce ukazují, že klimatické změny mohou být v budoucnu velmi výrazné. Jejich charakter a síla přitom budou záležet na budoucím vývoji emisí a koncentrací skleníkových plynů a aerosolů v atmosféře.
- 6.4. Pro scénář s vysokými emisemi (scénář A1F1) se podle projekcí zvýšení teploty do konce 21. století (oproti stavu z let 1980–1999) bude s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností nacházet v intervalu 2,4–6,4 °C. Nejpravděpodobnější výsledek činí 4 °C.
- 6.5. Naproti tomu scénář s aktivním, energickým postupem snižování emisí (scénář B1) by limitoval růst teplot tak, že zvýšení se s větší než dvoutřetinovou pravděpodobností bude nacházet v intervalu 1,1–2,9 °C (nejpravděpodobněji 1,8 °C). Rozdíl mezi scénáři (nebo modely) nastává v dlouhodobějších projekcích, tedy významný vliv velikosti emisí se projeví až za několik desetiletí.
- 6.6. Největší oteplení podle modelů nastane nad pevninou a v nejvyšších zeměpisných šířkách severní polokoule (tj. vysoko na severu). Nejmenší oteplení by nastalo v okolí Antarktidy a v části severního Atlantiku.
- 6.7. Zvýšení o několik stupňů Celsia je poměrně významné. Výrazně převyšuje výkyvy teplot, ke kterým docházelo minimálně v posledním tisíciletí.

7. Dopady projektovaných změn klimatu

- 7.1. Zvýšení teplot se projeví i dalšími změnami. Velmi pravděpodobné je zvýšení srážek ve vysokých zeměpisných šířkách. Pravděpodobný je pokles srážek v subtropických oblastech nad pevninou.
- 7.2. Je velmi pravděpodobné, že se zvýší frekvence extrémně vysokých teplot a vln horka. Extrémní srážkové jevy budou čtenější a silnější.
- 7.3. Pravděpodobně budou intenzivnější (silnější) tropické cyklony (tedy hurikány a tajfuny).

- 7.4. Pro scénář s vysokými emisemi projekce očekávají zvýšení mořské hladiny během 21. století o několik desítek centimetrů. V rozporu s populárními představami bude hlavní příčinou tohoto jevu tepelná roztažnost vody, tání polárních ledovců nicméně k tomuto vývoji podstatně přispěje.
- 7.5. Přetrvávající teploty vyšší než v předindustriálním období mohou v dalších staletích vést k významnému odtávání Grónského ledovce. To by mělo za následek růst hladiny až o sedm metrů.
- 7.6. Zvyšující se hladinou moří budou kvůli hustému osídlení na pobřežích ohroženy stovky milionů lidí. Další jevy, jako jsou tropické bouře, ještě zvyšují riziko.
- 7.7. Suchem ohrožené oblasti se zvětší. Množství vody se zmenší především ve středních zeměpisných šířkách a suchých tropech. Naopak přibude ve vyšších šířkách a některých tropických oblastech. Množství vody v horských ledovcích se zmenší, což bude mít za následek redukcí říčních toků v oblastech, které zásobuje odtok z horských ledovců, v letním a podzimním období.
- 7.8. Zemědělský výnos ve vyšších zeměpisných šířkách se při zvýšení průměrné globální teploty o 1–3 °C zvětší, po překročení třístupňové hranice začne klesat i tam. V suchých tropech začnou výnosy klesat už při menším zvýšení teploty. Zemědělskou produkci sníží také čtenější záplavy a suchá období.
- 7.9. Projektované změny ovlivní zdravotní stav milionů lidí, zejména s malou adaptační schopností. Lze očekávat rozšíření infekčních nemocí vázaných na tropické oblasti. Díky častějším extrémním jevům (horké vlny, záplavy, sucha) dojde ke zvýšení nemocnosti z vody. Jen někde dojde k menší úmrtnosti s ohledem na menší riziko podchlazení.
- 7.10. Při zvýšení průměrné globální teploty o 1,5–2,5 °C ohrožuje nevratné vymření zhruba 20–30 % druhů rostlin a živočichů.
- 7.11. Podle některých projekcí by mohlo na konci 21. století docházet koncem léta prakticky ke kompletnímu odtávání arktického mořského ledu.

8. Historický vývoj klimatu a paleoklimatický pohled

- 8.1. Projekce klimatických změn jsou založeny na fyzikálních vlastnostech skleníkových plynů. Nevycházejí tedy z pozorování dosavadního vývoje klimatu. Ovšem dosavadní trend je podporuje.
- 8.2. Zvyšování střední hodnoty klimatického systému je nepochybné. Je to zřejmé z pozorovaného růstu globálních průměrných teplot a teploty povrchu oceánu, z výrazného odtávání sněhové a ledové pokrývky a z rostoucí úrovně hladiny oceánu.
- 8.3. Globální průměrná teplota vzduchu se zvyšuje. Nejteplejších 12 let od začátku měření jsou roky: 1990, 1995, 1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006.
- 8.4. Byly pozorovány změny výskytu extrémních teplot a jsou častější teplé vlny.

- 8.5. Průměrná plocha arktického mořského ledu v letním období klesá o 7 % za desetiletí, roční průměrná plocha asi o 3 % za desetiletí.
- 8.6. Významný je růst srážek ve východní části Severní a Jižní Ameriky, v severní Evropě a severní a střední Asii. Vysychají oblasti Sahelu, pásma kolem Středozemního moře, rozsáhlé části jižní Afriky a některé oblasti jižní Asie. Pokles srážek v tropech a subtropích je zesilován zvýšením teploty. Období sucha mají větší intenzitu a jsou delší, což platí hlavně o tropech a subtropích. Zvýšila se četnost výskytu intenzivních srážek nad většinou pevninských oblastí.
- 8.7. Od roku cca 1970 jsou doklady o větší aktivitě tropických cyklonů (hurikánů) v severním Atlantiku. Zřetelný nárůst je zaznamenán po roce 1994. Trend koreluje s růstem teploty povrchu oceánů.
- 8.8. U některých charakteristik klimatu, jako jsou tornáda, prachové bouře, kroupy, bleskové výboje a antarktická ledová pokrývka nebyly pozorovány změny.
- 8.9. Paleoklimatologické informace potvrzují, že oteplení v posledních 50 letech je neobvyklé v rámci nejméně posledních 1300 let. Polární oblasti byly dlouhodobě zřetelně teplejší než dnes, naposledy před 125 000 lety. Redukce objemu polárního ledu způsobila zvýšení hladiny oceánů asi o 4 až 6 metrů oproti dnešnímu stavu.
- 8.10. Pozorované oteplení je krajně nepravděpodobné bez změny vnějších podmínek klimatu (tzn. do klimatu muselo zasáhnout něco vně systému). Je velmi nepravděpodobné, že jde jen o důsledek přirozených procesů. Pozorované změny jsou ve významném statistickém souladu s očekávanou reakcí na změny vnějších podmínek, ke kterým doposud došlo, včetně vyšší koncentrace skleníkových plynů. Naproti tomu poznatky nepotvrzují shodu s vývojem hodnot u faktorů, které by se nabízely jako alternativní příčiny (výkyvy slunečního záření, sopečná aktivita).
- 8.11. Podle IPCC většina pozorovaného zvýšení globálních průměrných teplot od poloviny 20. století je velmi pravděpodobně (s pravděpodobností vyšší než 90 %) důsledkem nárůstu koncentrací skleníkových plynů. Jinými slovy, emise jsou velmi pravděpodobně hlavní příčinou dosavadního oteplování. Lidské vlivy jsou rozpoznatelné i u dalších aspektů klimatu, včetně ohřevu oceánů, průměrných teplot nad kontinenty, teplotních extrémů a pole větru.
- 8.12. Pozorované trendy oteplování spadají do intervalu dřívějších projekcí IPCC.

9. Reakce na problém

- 9.1. Změnám klimatu způsobeným zvyšováním koncentrací skleníkových plynů lze nepochybně do velké míry předejít snížením emisí. Lze toho dosáhnout změnou zdrojů energie, snižováním energetické náročnosti (vyšší efektivností) a pomocí dalších opatření v průmyslu, dopravě, zemědělství a jiných odvětvích. IPCC (Pracovní skupina 3) ve své zprávě podrobně dokumentuje možná opatření a velikost snížení emisí, kterých lze jimi dosáhnout do roku 2030.
- 9.2. V kumulativních emisích CO₂ z energetiky za roky 1950–2000 je ČR na jednadvacátém místě na světě. Relativní emise (na jednoho obyvatele nebo na jednotku HDP) jsou zde

poměrně vysoké. V emisích CO₂ na jednoho obyvatele zaujímá ČR patnácté místo na světě.

- 9.3. Emise skleníkových plynů v České republice významně (asi o čtvrtinu) klesly v první polovině 90. let. Od té doby jsou prakticky stabilní.
- 9.4. Ani energické snižování emisí nezabrání změnám klimatu úplně. Vždy bude existovat přirozená variabilita klimatického systému, se kterou lidstvo musí počítat. Některým změnám klimatu se už nelze vyhnout, protože k významnému zvýšení koncentrace skleníkových plynů už došlo (viz 6.5).
- 9.5. Velmi důležitou součástí reakce musejí být aktivní adaptační opatření. Pomohou vyrovnat se s těmi změnami klimatu, kterým nelze předejít. Někdy také mohou být levnější než snižování emisí. Patří mezi ně například změny v zaměření zemědělské produkce na plodiny lépe odolávající suchu a teple, přizpůsobení se častějším povodním, zejména omezení výstavby a zemědělské produkce v záplavových zónách či vytváření mokřadů a přirozeného prostoru pro rozlivy v říčních nivách a na pobřežích. Významné jsou rovněž investice do výstražných a záchranných systémů.
- 9.6. Na mnohé důsledky změn klimatu ovšem nebude možné se plně adaptovat. Obecně platí, že možnosti adaptace jsou větší v zemích s relativně menšími dopady změn klimatu, s menší rolí zemědělství v ekonomice a zemích bohatších. Česká republika odpovídá všem třem kritériím. Naproti tomu možnosti adaptace jsou velmi omezené v zemích chudých, zemědělských a více zasažených klimatickými změnami (například Sahel a Afrika obecně nebo Indie). Tyto země budou při nepříznivém vývoji situace potřebovat pomoc rozvinutých zemí, které se na dosavadních trendech růstu koncentrace skleníkových plynů podílely zatím největší měrou.
- 9.7. Klimatologická věda může dodat odborné podklady pro rozhodování. Není ovšem oprávněna rozhodnout, co udělat a co je přijatelné. Tato odpovědnost leží na společnosti, její politické reprezentaci a státním aparátu. Nejsme také kompetentní posuzovat, jaké technologie jsou vhodné nebo jaká opatření se vyplatí. V této věci spoléháme na expertní posouzení specialistů v technických a ekonomických oborech.