

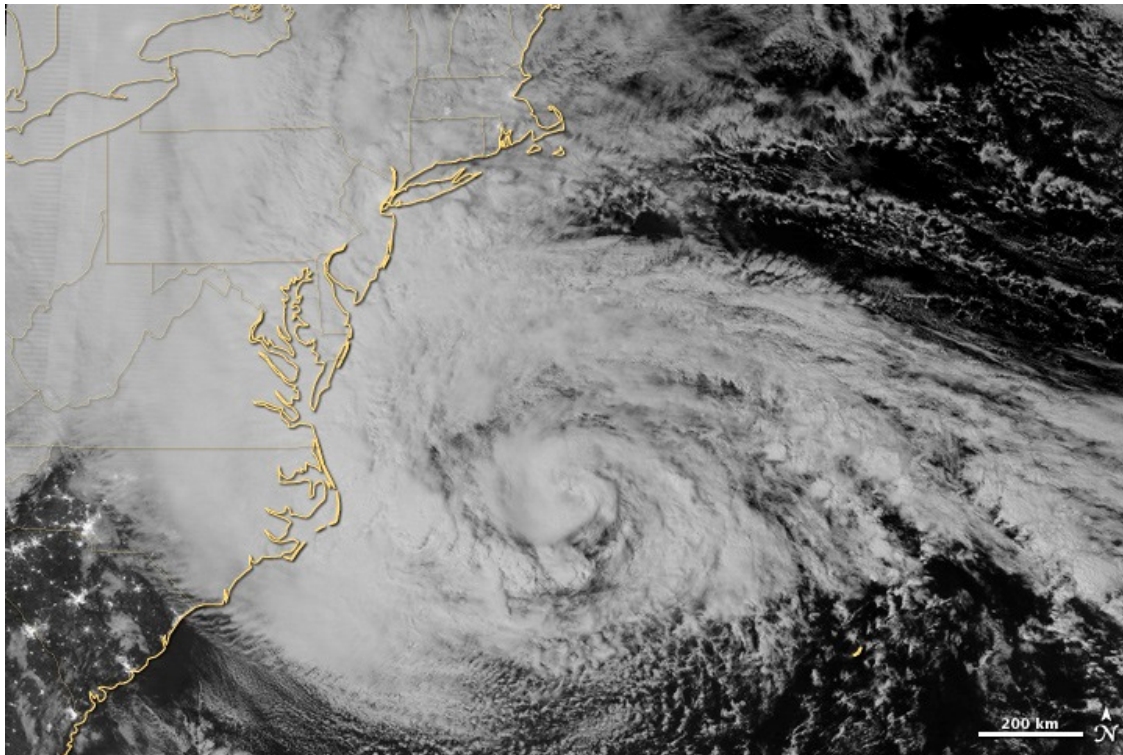
## Klimatické změny - aktuality do roku 2012

*Pavel Oupický*

podle článků a dalších materiálů publikovaných v NASA, NASA Earth Observatory, NOAA atd.

### Cyklony

Hurikán Sandy dospěl k atlantickému pobřeží USA v ranních hodinách 29.10.2012 a způsobil zde velké škody .



Obr. 1 - Hurikán Sandy , 29. říjen, 2012.

Na oteplovající se planetě lze očekávat sice méně časté, o to však ničivější bouře.

Převzato z NASA Earth Observatory, autoři Jesse Allen a Robert Simmon, s použitím VIIRS Day-Night band data z <http://npp.gsfc.nasa.gov/>

Byl tento hurikán jen normálním projevem našeho počasí? Nebo to byla bouře podporovaná globálním oteplováním? Pokud víme něco o meteorologii a o podmínkách, za kterých tento hurikán vznikal, pak těžko můžeme říci, že s tím neměl nic společného.

Tento hurikán nebyl jediným jevem, nad kterým bychom se měli pozastavit. V roce 2010 napadlo při sněhové bouři nazývané Snowmageddon víc než 50 cm sněhu podél velké většiny východního pobřeží USA . A v dubnu 2011 zabila tornáda jen v USA 364 lidí . Mnohé z těchto jevů jsou dnes dobře viditelné i z kosmu . Celkové materiální ztráty v letech 2011 a 2012 převážně z bouří všeho druhu překročily v USA miliardu dolarů.

Je velmi pravděpodobné, že ke všem těmto katastrofám došlo i v důsledku zvýšené koncentrace skleníkových plynů v atmosféře vyšší než jakékoli jejich předchozí koncentrace nejméně v předchozích 100 000 letech.

Vědci se již téměř s určitostí domnívají, že nahromadění CO<sub>2</sub> vedlo ke změnám v zemské atmosféře a v ekosystémech.

Teplota vody v oceánech stoupá. Vlny horka a sucha nad pevninami jsou stále častější a extrémnější. Arktický led taje v rekordních rozměrech a zasněžené plochy daleko na severu roztávají rychleji téměř každý rok .

Vezmou-li se všechny tyto změny v úvahu, nelze se divit, že se zde objevuje tolik bouří. A lidé se ptají stále více po jejich příčinách . A chtěli by od vědců rychlou a definitivní odpověď . Ale ani věda zde zatím jistou odpověď nemá.

Historicky je výzkum všech druhů bouří zaměřen na krátkodobé předpovědi a ne na důvody, proč dochází k jejich kvantitativním a kvalitativním změnám.

Dlouhodobé záznamy o bouřích jsou i dnes vzácné a velmi rozdílné bývají i způsoby vedení těchto záznamů.

Ale mnoho vědců už na těchto dlouhodobých předpovědích systematicky pracuje a zatím panuje shoda v tom, že globální oteplování bude přinášet sice menší počet ale v mnohém daleko ničivější bouře .

Co znamená, že bouře budou silnější ? Je zde mnoho typů bouří a mezi vědci je velký zájem o poznání, jaký vliv má na ně globální oteplování.

Zvýšení hladiny oceánů navíc rozvířené hurikánem Sandy můžeme chápat jako přímou vazbu mezi globálním oteplováním a škodami způsobenými touto bouří . Abnormální teplota vody u východního pobřeží USA s velkou pravděpodobností přispěla k jeho neobvyklé intenzitě. A celkové řádění hurikánů, rychlost větrů a neobvyklé trasy jsou jistě důsledkem globálního oteplování.

Předpovědi počasí používají výrazy jako sněhová bouře, krupobití, dešťová bouře atd. . Klimatologové nyní spíše používají termíny bouře, tropický cyklón a extratropický cyklón . To jsou dnes základní typy bouří, s nimiž se budeme setkávat.

Bouře jsou podle mínění vědců zesilovány zvýšeným ohřevem způsobeným globálním oteplením . Aktuálně nabírají mnohem větší energii z tepla nad zemským povrchem a oceány .

Bouře čerpá svoji energii z tepla kondenzující vodní páry. Tento na pohled sotva znatelný ohřev vytváří bouřková mračna sahající až do vysokých vrstev atmosféry. Jakmile pak dojde k rovnovážnému stavu, převaha zkrystalizované a zchlazené vody v horních vrstvách atmosféry začne prudce klesat k zemi a v důsledku vzdušných proudů většinou i rotovat .

Již je potvrzeno systematickým sledováním moří a oceánů včetně výšky jejich hladiny po dobu delší než 20 let , že intenzita bouří je všeobecně větší než byla v době před 25 lety. Konkrétně extratropické cyklóny jsou hnány větry o rychlosti nejméně o 9 m/s vyšší než v roce 1980 . Podle jiné studie na základě dat získaných ze satelitů je zjištěno, že průměrná rychlost vzdušných proudů je cca o 5% vyšší než byla před 20-ti lety.

Dále je též evidentní, že zvýšený obsah vodní páry v atmosféře ji činí vlhčí . Během posledních 25-ti let bylo měřením ze satelitů zjištěno, že se zvýšil obsah vodní páry v atmosféře cca o 4% . Podle záznamů pozemních stanic cca 76% těchto stanic v USA pozoruje zvýšené množství extrémních srážkových událostí počínaje již rokem 1948 . V jedné analýze je uvedeno, že extrémní srážky se objevují až o 30% častěji, než tomu bylo před tímto rokem . Jiná studie potvrzuje, že největší bouře přinášejí až o 10% více srážek než tomu bylo dříve.

Množství srážek z tropických cyklónů v severním Atlantickém Oceánu se zvýšilo od roku 1988 cca o 24% .

Vědci z NOAA prošli data ze 120 let zpět a zjistili, že v letech 1961 až 2010 zde byl zhruba dvojnásobek extrémních sněžných bouří .

Avšak ani měření maximálního rozsahu bouří, silných dešťů nebo rychlosti větrů neobjasní podstatu celého rozsahu řešeného problému .

Nejnovější komplexnější metody však prokazují, že síla atlantických hurikánů je nyní cca o 60% větší než tomu bylo ještě v roce 1970. Bouře trvají déle a jejich vrcholová rychlost vzrostla cca o 25%. Paralelní výzkum prokazuje , že zvýšení jejich síly je v relaci se zvýšením globální teploty jak Atlantického, tak Pacifického Oceánu.

Ačkoli je jisté, že bouře přinášejí více vody a sněhu, je mnohem složitější určit, jak globální oteplování ovlivňuje formování těchto bouří .

Je nutná řada podmínek, aby bouře vznikaly a dosahovaly katastrofálních rozměrů. Jedna z nich je přítomnost horkého a vlhkého vzduchu nízko nad povrchem země a tudíž velká zásoba energie s kterou vzduch s vlhkostí začne stoupat vzhůru. Meteorologové to nazývají konvektivní použitelnou potenciální energií (Convective Available Potential Energy - CAPE) .

CAPE dokáže zásobit bouře energií, která pak přinese déšť a krupobití . A vertikálně stoupající proud vzduchu dokáže i ze slabě vznikajících bouří vytvořit točící se hurikán .

Klimatické změny mohou teoreticky zvyšovat potenciální energii pro vznik ničivějších bouří. Avšak zvýšený ohřev v arktických oblastech může působit na snížení prostupnosti atmosférických vrstev (shear) ve středních zeměpisných šířkách a tím i k lokálnímu snížení aktivity bouří .

Vědci z Goddardova Institutu pro kosmické studie (Goddard Institute for Space Study - GISS ) vytvořili klimatický model, kterým zkoumali vliv globálního oteplování. Potvrdili, že některé menší bouře nemusí vykazovat nic mimořádného ale silnější bouře budou vždy destruktivnější díky vyšším rychlostem větrů.

V jiné studii se prokazuje, že zvýšený obsah skleníkových plynů bude vždy zvyšovat počet dní, kdy budou vhodné podmínky pro vznik bouří.

Detailní klimatické modely pro USA pomáhají vědcům určovat prognózy vlivu klimatických změn na sílu bouří . Tyto modely predikují zvýšení CAPE , které převládne nad slabým poklesem vertikálního stoupání vzdušných vrstev . S jistotou tak lze očekávat nárůst ničivých bouří , pro USA konkrétně v Missouri a v pobřežních státech Severní a jižní Karolíny.

Leden 2013 přinesl rekordní teploty do Austrálie. Nejenom pro dny ale i pro týdny . Teploty obvykle dosahují teploty 45o C v mnoha oblastech celého kontinentu podle záznamů ABM ( Australian Bureau of Meteorology). Australský nový průměrný rekord teď činí 40.33°C (104.59°F) ze 7. ledna 2013. Následující den průměrná teplota dosáhla 40.11°C (104.20°F) . Oba tyto dny se tak zapsaly do australské historie.

Každý z prvních 8 dnů v roce 2013 se zapsal mezi nejteplejší dny v australské historii. A neobvykle horké bylo i celé australské jaro.

Zhruba od konce prosince 2012 hořely v Austrálii buše na řadě míst v rekordní vlně. Nejničivější požáry zasáhly Tasmánii. Plameny, které se rozšířily do města Dunalley 4.ledna 2013 zničily více než 100 domů.

### Ledy a ledovce

V září 2012 dosáhla rozloha ledových polí kolem Antarktidy svého maxima . Led pokrývající moře dosáhl rozlohy cca 19.44 milionů km2 . Předěšlý rekord z roku 2006 byl 19.39 milionů km2 (podle měření v National Snow and Ice Data Center (NSIDC)). Stav se hodně mění, přesto lze pozorovat mírně vzrůstající trend 0.9% za 10 let.



Obr. 2 – minimum ledové plochy v Arktidě v roce 2012

The National Snow and Ice Data Center (NSIDC) and NASA

V září 2012 byl Arktický Oceán pokryt nejmenší ledovou pokrývkou od roku 1976, kdy tato oblast začala být systematicky měřena satelity. Celková minimální rozloha je nyní 3.41milionů km2, zatímco v roce 2007 měla tato plocha rozlohu 4.17 km2 . Ledová pokrývka v posledních dekadách ubývá díky zvýšeným teplotám v Arktidě velmi rychle.

Ledovců je více typů a ne každý z nich je přesným indikátorem klimatických změn. Lepšími indikátory jsou menší a tenčí ledovce. Potvrzují to vědci z NASA's Goddard Flight Space Center, kteří sledují ledovce pomocí satelitů po dobu delší než 25 let na územích Evropy, Gronska a Aljašky.

### Skleníkové plyny

Golfský proud je zdroj tepla, který podstatným způsobem ovlivňuje teplotu na severní polokouli. Přebírá nadbytečnou sluneční energii v Mexickém zálivu a přenáší ji do severního Atlantiku a Severního ledového oceánu. Změny v Golfském proudu také představují možný potenciál pro rozpouštění a přeměnu stovky gigatun zmrzlého metanu na hydrát metanu uvězněného dosud na mořském dně a nechat ho unikát v podobě skleníkového plynu.

Není zatím příliš jasné, jak se Golfský proud mění a jaký vliv mají tato změny na stabilitu hydrátu metanu . Je zde však velké nebezpečí, že již současné změny povedou k rychlé destabilizaci a uvolňování metanu právě v oblasti u pobřeží Severní Ameriky.

Oblast aktivní destabilizace se nalézá bezprostředně kolem východního pobřeží USA a tato nastává na hraně klesajícího mořského dna v kilometrových hloubkách .. studie vědců prokazují, že pokud by se teplota vody v oceánu u tohoto pobřeží zvýšila o 5 oC ve střední hloubce oceánu, uvolnilo by se do atmosféry tolik metanu, že by se teplota na planetě zvýšila až na úroveň, jaká tu panovala v době paleo-eocénního maxima a z oceánů by se staly oceány kyseliny uhličitě .

Analýzy vědců ukazují, že změny v Golfském proudu za poslední 5000 let oteplily Severní Ameriku skoro o 8 oC a v současné době již začíná spouštět destabilizaci cca 2.5 gigatun metanhydrátu (což je cca 0.2% toho, co je potřeba k tomu, abychom se vrátili do paleocénu (PETM)).

Přenos z oceánů do atmosféry jakéhokoli metanu má vliv na klima, i když to zatím není zcela probádané. Hydrát metanu je roztok metanu ve vodě . Ten je stabilní za vysokého tlaku a při nízkých teplotách. Zatím se v oceánech vyskytuje pouze ve velkých hloubkách.

Je to však největší zásobník organického uhlíku na planetě. Stav metanhydrátového zásobníku je proto detekován na základě seismických dat prostřednictvím simulačních reflektorů u dna oceánu (bottom-simulating reflectors (BSRs)).

NASA a NOAA spolupracují na měření obsahu skleníkových plynů v zemské atmosféře . To se děje převážně měřeními na pozemských a mořských stanovištích a po dobu ji několika desetiletí, tak jak byla síť těchto stanic postupně budována . Další podrobnosti lze nalézt v síti GMD (Global Monitoring Destination) a zde si lze zjistit i aktuální stav v kterémkoli měřicím místě zapojeném do této sítě měřicích bodů .

Data jsou publikována jako množství molekul měřeného plynu v jednotkovém obsahu vzduchu z kterého byla sušením odstraněna vodní pára . Množství je uváděno v jednotkách ppm (parts per million) a nejlépe je jejich použití zřejmé z následujícího příkladu : hodnota 0.000400 se napíše jako 400ppm , přičemž 1 000 000 ppm by představovalo 100% množství. Jako jednotkový objem se většinou bere 1 mol suchého čistého vzduchu či plynu.

Z prováděných měření je zřejmý obrovský nárůst CO<sub>2</sub> za posledních cca 200 let . Jestliže roste množství CO<sub>2</sub> v atmosféře, zachytí se zde větší množství infračerveného záření z povrchu planety i z atmosféry samé a menší množství uniká do kosmu . Tím se podporuje skleníkový efekt .

Uhlík a kyslík uhlíčitý jsou přítomny v mnoha nejdůležitějších planetárních procesech, nazývaných uhlíkovým cyklem. Množství uhlíku na naší planetě je více méně dáno již na samém počátku jejího vzniku . Jde o to, jak a kde je uhlík momentálně vázán a to do značné míry ovlivňuje i množství CO<sub>2</sub> v její atmosféře . Jsou zde dva základní procesy - zdrojové, ty které CO<sub>2</sub> vypouštějí do atmosféry a úložné, tj. ty, které jej z atmosféry odebírají . Jestliže zdrojové procesy budou převažovat, pak se bude urychlovat i skleníkový efekt a poroste globální teplota se všemi negativními důsledky, které již lidstvo začíná registrovat .

Uhlík je permanentně vyměňován a recyklován z a do jeho známých reservoárů známými přírodními procesy. Tyto procesy probíhají různou rychlostí v závislosti na koncentracích a vnějších podmínkách. Některé proběhnou za den a probíhají denně a jiné trvají stovky milionů let . Některé procesy jsou sezónní jako při fotosyntéze rostlinstva, jiné jsou naopak epochální, jako jsou tvorby vápencových skal a uhelných slojí. Některé procesy jsou nárazové. Při sopečných erupcích reagují křemičitany s vápencem a uvolňuje se rovněž velké množství CO<sub>2</sub> . Relativně k tomu je produkce CO<sub>2</sub> vznikající spalováním fosilii malá.

V časovém měřítku podstatném pro naši civilizaci (desetiletí a století) jsou nejdůležitější poměry tří uhlíkových reservoárů - biosféry, oceánů a fosilních paliv.

Biosférou se rozumí vše, co podporuje živé organismy od mikrobů v půdě až po lidskou rasu. Uhlík je základní sloučeninou veškerých organických molekul a tudíž i živých organismů a tyto organismy tak představují jeden z uhlíkových reservoárů. Výměna mezi tímto reservoárem a atmosférou probíhá prakticky v denním cyklu a je nejvýznamnějším zdrojem předávajícím uhlík v podobě CO<sub>2</sub> do atmosféry a současně je i jeho největším spotřebitelem (fotosyntéza). Poměr mezi zdrojovými a spotřebitelskými organismy je zde velmi podstatný.

Lidské aktivity zde mají významný dopad na schopnost biosféry vstřebávat CO<sub>2</sub> z atmosféry a udržovat tak poměr zdroj/spotřebitel v rovnováze.

Rovněž mezi oceány a atmosférou probíhá kontinuálně výměna CO<sub>2</sub> a to velmi intenzivně díky obrovské rozloze vodní plochy a velmi dobré rozpustnosti CO<sub>2</sub> ve vodě. Oceány jsou tak největším reservoárem uhlíku v porovnání s atmosférou a pozemní biosférou. Oceánská biosféra odebírá CO<sub>2</sub> z atmosféry opět fotosyntézou a je tak nejpodstatnějším prvkem krátkodobé uhlíkové výměny v povrchových vodách. Oceány dokáží absorbovat velké množství CO<sub>2</sub> i z lidských aktivit, ale tato absorpce je relativně vůči těmto aktivitám pomalá . Návrat do rovnováhy tak může trvat stovky let .

Uhlíkový reservoár fosilních paliv se vytvářel po miliony let. Lidé jej začali intenzivně využívat cca kolem roku 1800 . Uhlík v podobě CO<sub>2</sub> tak začal být uvolňován s vzrůstající rychlostí a do konce roku 2009 se jeho obsah v atmosféře zvýšil o 38% v porovnání s předindustriální dobou a jeho obsah v atmosféře je tak vyšší než byl v průměru za posledních 800 000 let.

I v současné době jeho produkce v důsledku lidských aktivit dál roste a dál ovlivňuje tepelnou rovnováhu na naší planetě zvyšováním úrovně skleníkového efektu.

## Lesní porosty

Sledováním ze satelitů byla odhadnuta plocha lesů v Indii v roce 2011 na cca 692 027 km<sup>2</sup>, což je zhruba 23% z celkové rozlohy území Indie. Je to asi o 367 km<sup>2</sup> méně než bylo zaznamenáno v roce 2009 a mnohem méně, než ubylo ve stejném období v Brazílii, celkem 13000 km<sup>2</sup>.

Bohužel úbytky jsou zaznamenány i v chráněných rezervacích v důsledku malé péče států o tato území.

Stromy chladí a vlhčí náš vzduch a doplňují ho kyslíkem. Zklidňují větry a stíní půdu před vysušením slunečními paprsky. Chrání nespočet organismů, chrání půdu před odplavením a zpomalují toky vody. Zprostředkovávají nám potravu, palivo, léčiva a stavební materiál pro lidské aktivity. A v neposlední řadě vypomáhají vyrovnávat uhlíkovou rovnováhu.

Co víme a co je jisté, že naše aktivity uvolňují obrovské množství uhlíku a uhlíkových sloučenin z jejich zásob ukládaných lesními porosty po celé prehistorické epochy – spalujeme fosilní paliva a topíme palivovým dřevem. Jestliže vykáčíme vzrostlé zdravé stromy, připravujeme se tím o jejich schopnost někdy i po další stáletí absorbovat uhlík. A často je nahrazujeme rostlinstvem, které takovou schopnost ani nemá. A nebo dlážděnými plochami, které žádný uhlík absorbovat nedovedou.

Velmi důležitá je reflexní funkce zdravých listů. Listy absorbují při fotosyntéze červenou a modrou barvu, odrážejí však zelenou barvu a blízké infračervené záření. Touto svou regulační funkcí výrazně přispívají k udržování energetické rovnováhy celé planety v mezích vhodných pro život.

Stejně důležitá je i reflexe rostlinných porostů, která se dá sledovat i ze satelitů. Zdravé porosty zde odrážejí více záření v zelené barvě i blízké infračervené oblasti (near infrared radiation). Toto sledování nás tak dokáže informovat o zdravotním stavu těchto porostů a jejich produktivitě v globálním měřítku. Do jisté míry tím lze rozlišit i typ sledovaného porostu.

## Aerosoly

jsou malé částice rozptýlené v atmosféře, jejich vliv ale zanedbatelný není. Jestliže se hluboce nadechnete, i když se vzduch zdá průzračný, současně vdechnete miliony drobných pevných částic a kapek. Těmto mikroskopickým částicám ve vzduchu obsažených se souhrnně říká aerosoly.

Tyto částice jsou vědci popisovány a studovány různými způsoby podle jejich tvaru, chemického složení, toxicity atd.. Jsou označovány zkratkami PM<sub>2.5</sub> až PM<sub>10</sub> (particulate matter), podle jejich rozměru. Někdy se jim též říká nanočástice. Dále jsou dělené podle svých zdrojů - kouř, popel, saze, prach atd..

Klimatologové používají spíše členění podle chemického složení - sulfáty, organický uhlík, černý uhlík, dusičnany, minerální prach, mořská sůl atd.. Žádné takové členění však není dokonalé, protože se vždy jedná o nejrůznější směsi a shluky.

90% těchto aerosolů má přírodní zdroje, především sopky, lesní požáry, alergeny z rostlin a nebo z vodních řas, dále mořská sůl a minerální prach z erodujícího zemského povrchu. Teprve cca zbývajících 10% produkují lidské aktivity, ale i tak je to velké a vzrůstající množství.

Spalování fosilních zásob uhlíku produkuje rovněž velké množství oxidu siřičitého, který reaguje s vodou a dalšími plyny v atmosféře a vytváří tak sulfátové aerosoly. Spalování biomasy, což je nejobvyklejší způsob likvidace její nežádoucí složky, produkuje kouř, který je zdrojem většiny uhlíkových aerosolů.

Automobily, letadla, lodě, spalovny, tavící pece a elektrárny produkují velké množství sulfátů, nitridů, sazí a dalších mikročástic. Odlesňování, nadměrné spásání pastvin, vysušování mokřin a nadměrné zavodňování luk a porostů mění povrch planety a zrychluje tempo, kterým se prašné a další aerosoly dostávají do atmosféry. Stejně tak jsou zdrojem aerosolů i vykouřené cigarety, kuchyňské sporáky, ohničky i svíčky.

Sluneční záření k nám přichází skrze atmosféru, ale až na povrch země se jej dostane jen určitá část. Asi čtvrtina slunečního záření je odražena zpět do kosmu a jaké množství bude odraženo či propuštěno je dáno i přítomností aerosolů v atmosféře.

Různé aerosoly odrážejí nebo rozptylují sluneční záření různými způsoby v závislosti na jejich fyzikálních vlastnostech. Většina aerosolů sluneční záření odráží. Světlé aerosoly záření odrážejí více než tmavé a tmavé toto záření více absorbují než světlé. A tak čisté aerosoly (sírany, nitridy a soli) atmosféru svým reflexními schopnostmi spíše ochlazují, kdežto tmavé uhlíkové aerosoly naopak přispívají k jejímu většímu ohřívání. U prašných částic pak záleží na tom, čím jsou obaleny, např. zda solemi a nebo sazemi.

Jaký vliv mají aerosoly na zemské klima se zjistilo v roce 1991, kdy vybuchla sopka Mount Pinatubo na Filipínách a vyvrhla více než 20 milionů tun dioxidu siřičitého, plynu, který v reakci s dalšími mikročásticemi vytvořil sulfátové aerosoly až do výšky 60 kilometrů nad zemí. Tyto světlé částice zůstaly dlouhou dobu nad běžnou oblačností, aniž by byly omývány deštěm a spadly až po několika letech.

Klimatologové předpověděli pokles teplot a skutečně se globální teplota následkem tohoto výbuchu snížila o cca 0,6°C. A obdobné sopky vybuchují v průměru tak jedenkrát za 10 let.

Je zřejmé, že světlé aerosoly převážně odrážejí sluneční záření a tak mírně přispívají k ochlazení planety. Mají tedy opačný účinek než skleníkové plyny, zadržující dlouhodobé záření zemského povrchu. U tmavých aerosolů může lokálně převážit buď zvýšení a nebo snížení lokálních teplot v závislosti na jejich koncentraci a

spadu . Aerosoly mají všeobecně kratší dobu rozpadu než poklesy koncentrace skleníkových plynů. Z popisu je zřejmé, jak složité děje mají vliv na globální teplotu naší planety.

Uhlíkové aerosoly (ze sazí, kouře a mouru) více absorbují sluneční záření je odrážejí . Tím způsobují zvýšený ohřev atmosféry, avšak současně stíní a chladí povrch země. Jejich vliv je tak nejvíce komplikujícím faktorem při modelování klimatických změn.

### Záplavy

jsou jednou z nejničivějších přírodních katastrof, ročně si vyžádají velké množství obětí na lidských životech a způsobují také největší materiální škody.

Proto je studiu příčin těchto záplav věnována mimořádná pozornost. I když možnosti, jak tyto záplavy ovlivnit, jsou minimální, jejich včasné předpovědi umožňují následné oběti a materiální ztráty minimalizovat.

Záplavy jsou obecně důsledkem velkého nakušení oblačnosti a jejího posuvu vzdušnými koridory, v kterých byly objeveny jisté souvislosti. Tyto jevy jsou nyní studovány v celku jako souvislé „atmosférické řeky“. Byla zde objevena jejich příčinná souvislost s již s výše uvedenými extratropickými cyklony.

Již v roce 1998 bylo publikováno ( Zhu and Newell at MIT) že většina v mracích vysrážené vodní páry byla transportována do záplavové oblasti v relativně úzkém koridoru a další studie tuto zjištěnou skutečnost podporovaly. Následně byla analyzována i předchozí data ze satelitů a i zde byla tato idea potvrzována. Další výzkumy zpřesnily data ze satelitu leteckým průzkumem. Prvním úspěchem pak byla předpověď záplav na Ruské řece v Kalifornii a později se tyto předpovědi osvědčily i na západním pobřeží USA (Ralph et al. 2011) . Byla prokázána spojitost záplav na jihu USA s tropickými cyklony vznikajícími kolem Havajských ostrovů.

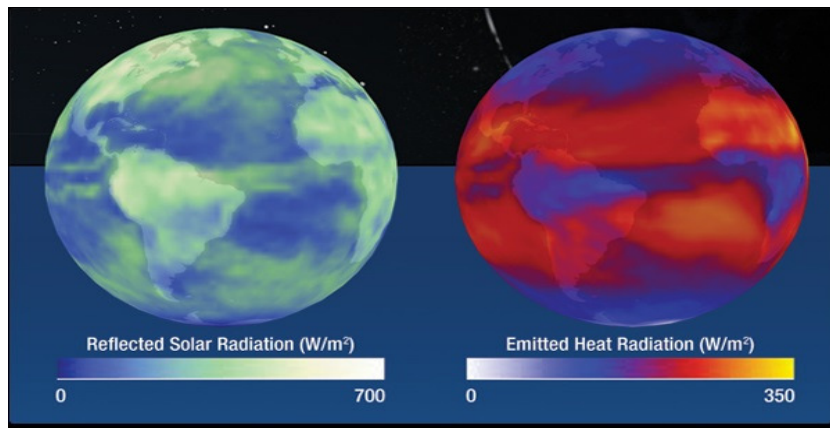
Meteorologické služby na západním pobřeží USA dnes fenomén atmosférických řek využívají v předpovědních modelech. Ty umožňují varovat před záplavami v předstihu 5 až 7 dní. Bylo rovněž zpřesněno měření v mikrovlnné oblasti ze satelitů a vybudováno několik stanovišť na sledování atmosférických řek. V souvislosti s tím byly zpřesněny i předpovědi krátkodobých ale silných dešťových srážek.

Tato oblast předpovědi záplav je stále rozvíjena a jsou vytvářeny stále nové a dokonalejší modely se stále většími detaily a přesnějšími výsledky předpovědi.

### Radiační rovnováha

Energie, ze Slunce proudící k Zemi převážně v krátkovlnné (světelné) oblasti, je Zemí odrážena, absorbována a zpětně emitována v dlouhovlnné (tepelné) oblasti (jako teplo). Podle platných fyzikálních principů pro teplotní rovnováhu musí dojít k ustálení teplot vyrovnaním mezi přijímanou (bez odražené) a zpětně vyzařenou energií.

Tím se ustaluje teplota v systému Slunce - Země (atmosféra + zemský povrch + zemské jádro).



Obr. 3 - odražené a emitované záření planetou Země měřené satelity nad zemskou atmosférou  
NASA - The Earth's Radiation Budget

Credit: NASA/Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio

Přicházející energie je dlouhodobě měřena speciálními radiometry na satelitech a je dlouhodobě (z našeho hlediska) téměř konstantní, jen mírně ovlivňovaná cykly sluneční aktivity .

Sluneční záření je odráženo nejprve atmosférou a mračny a jeho část, která projde až k povrchu země je odrážena v různé míře, podle toho na jaký povrch záření dopadne. Nejvíce odrážejí světlé plochy, jakými jsou ledy a sníh a potom zdravé rostlinné porosty. Co se neodrazí, je absorbováno a ohřívá povrch planety.

Teplo, které se vytvoří absorpcí převážně krátkovlnného slunečního záření atmosférou a povrchem Země, je následně zpětně emitováno v podobě převážně dlouhovlnného (tepelného) záření.

Toto záření z horních vrstev atmosféry a z povrchu Země, pokud touto atmosférou projde, uniká přímo do kosmického prostoru. Ale většina záření z povrchu Země je zachycována dolními vrstvami atmosféry. Tyto vrstvy působí jako skleník a teplota je tak jako ve skleníku na zemském povrchu vyšší, než kdyby k tomuto efektu nedocházelo.

Skleníkové plyny v atmosféře (především vodní pára) absorbují většinu z tepelného záření povrchu Země. A velká část takto zachyceného tepla je atmosférou vrácena zpět k povrchu a tím je na něm udržována pro život příhodná a přijatelná teplota. Pokud by se však koncentrace skleníkových plynů zvyšovala, (což už se děje), teplota by se dále zvyšovala a to by mohlo přinést velmi neblahé důsledky v mnoha zemských oblastech (zvýšení hladiny oceánů, nárůst počtu bouří a záplav, rozšiřování pouští atd.).

## Klimatické modely

Zvýšený zájem o klimatické modelování tropických cyklónů, které vědci intenzivně rozvíjejí, nastal po té, co hurikán Kathrine poničil New Orleans v roce 2005.

Vědci však připouštějí, že v jejich modelech jsou jisté neurčitosti, které nelze matematicky zcela obsáhnout.

Stále tu zůstává nerozřešený problém, proč některé bouře generují tornáda a jiné nikoli (je to cca jen 1 %).

Podobný problém představují i extratropické a tropické cyklóny. Obecně se předpokládá, že rozdíly mezi nimi se budou zmenšovat kvůli tomu, že se bude snižovat rozdíl v teplotách mezi arktickými a tropickými oblastmi.

Ale opět i zde jde o to, jaké síly se prosadí. V horní troposféře ve výškách nad 5 km se vzduch ohřívá mnohem rychleji na rovníku než na pólech. Jelikož teplota horní troposféry a rychlost proudění jsou zde klíčové pro formování extra-tropických cyklónů, změny v této vrstvě mohou působit proti změnám v nižších vrstvách atmosféry.

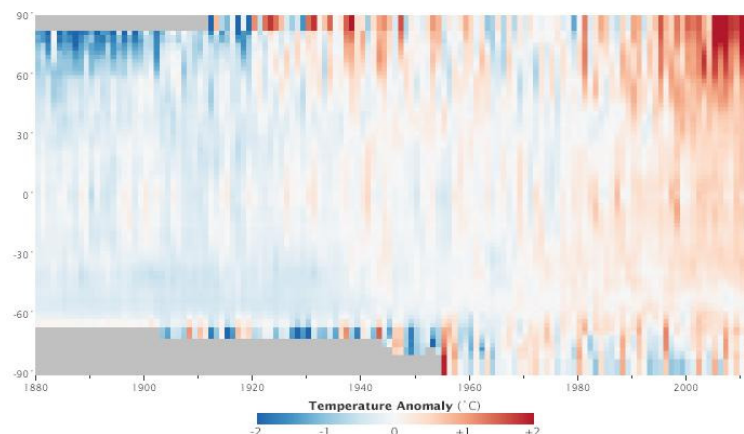
Pro pochopení vlivu globálního oteplování pro vznik a vývoj bouří je potřeba objasnit vliv zvýšené vlhkosti vzduchu. Jako vždy je však i toto velmi komplikovaný problém. Zvýšený přísun vodní páry do atmosféry je právě jeden z podstatných fenoménů, který mění klima naší planety. Další velmi důležitý faktor je distribuce tepla v atmosféře.

Od poloviny 20. století se průměrná globální teplota zvýšila o 0,6°C, avšak toto oteplení se neprojevilo všude stejným způsobem. Teplota se zvyšovala až 2x rychleji v arktických oblastech než ve středních zeměpisných šířkách. Ztráta ledové pokrývky kolem pólů je jednou z příčin tohoto jevu. Jasně bílý a odrážející led mizí a otvírá cestu k tmavému otevřenému oceánu. Tím se zesiluje trend ohřevu a absorpce většího množství tepla ze Slunce. Na druhou stranu větší stoupavost vzduchu a tvorba bouří v tropických oblastech zmenšuje rychlost oteplování tím, že se zde teplo odvádí od povrchu do atmosféry.

Teploty v USA v létě 2012 jsou příkladem trendu sezónních extrémních jevů jistě extrémnějších, než jaké byly registrovány ve 20. století. Přestože některá období byla i chladnější než dlouhodobé průměry je jasné, že frekvence neobvyklých podnebních dějů se zrychluje.

Data jsou pro analýzy vyhodnocována z více než 1000 meteorologických stanic z celého světa, ze satelitních měření teploty vody v oceánech a stanic v Arktidě i Antarktidě.

Průběžně se zjišťují rozdíly mezi současností a odpovídajícím obdobím v letech 1951 až 1980 (tyto 3 dekády složí jako referenční období). Je k dispozici i volně dostupný program, kterým si každý může ověřit aktuální situaci.



Obr. 4 - Tento graf zobrazuje změny v oteplování v různých zeměpisných šířkách od roku 1880. (NASA image by Robert Simmon, with GISS Surface Temperature Analysis (GISTEMP) data.)

Analýza, kterou provádí GISS, je jedna z několika obdobných analýz prováděných v několika nejvýznamnějších centrech v celém světě. Ačkoli všude používají své vlastní metody, celkový trend vychází jednoznačně stejně. Klimatologové se domnívají, že různá rychlost odvodu tepla z rovníku k pólům může mít podstatný vliv na některé typy bouří. Extra-tropické cyklony např. nabírají svoji energii z atmosféry když na sebe působí masy zahřátého a chladného vzduchu podél polárních front, což jsou hranice mezi teplým vzduchem z rovníkových a obratníkových oblastí a chladným vzduchem z polárních oblastí.

Pokud by převládl vliv oteplování v polárních oblastech, bouře by mohly paradoxně čerpat méně energie a ty by mohly být i slabší než před tímto oteplením. Tyto dva faktory jsou jistě nejvýznamnější, ale nejsou jediné. Dalším důležitým faktorem je proudění vzdušných mas. Jeho rychlost a směr může měnit a to v různých výškových úrovních a to značně komplikuje veškeré matematické modelování. Tropické cyklóny se tvoří při pomalém vzestupu vzdušných proudů, tj. jejich vznik závisí na minimálních rozdílech v proudění vzdušných mas a velké rychlosti je oslabují tím, že rozpouštějí vlhkost a teplotu do většího prostoru. Podle probíhajících výzkumů a měření se vzdušné proudění nad Atlantikem se zrychlilo v průměru o cca 2 km/hod. na každý stupeň teploty globálního oteplení. Tím se vysvětluje, proč počet a síla tropických cyklónů se nezvyšuje a nebo místy i klesá. Proto vědci předpokládají, že do roku 2100 by se jejich intenzita měla zvýšit jen o 2 až 11% a jejich celkový počet by se dokonce mohl snížit o 6 až 34%, jinými slovy očekává se mnohem větrnější počasí.

Další faktor komplikující předpovědi je ten, že rozdíly v teplotách na rovníku a na pólech jednak přispívají k formování bouří přidávanou energií, ale současně působí i proti němu tím, že zvyšují aktivitu v proudění vzdušných mas. Předběžné výzkumy potvrzují, že vzdušné proudy ve směru západ – východ slábnou a stávají se vlnitějšími. Tento jev je pozorován od roku 1979 kdy se začalo projevovat tání arktického ledu. Zvlňování přispívá k vytváření tlakových bloků což jsou oblasti s trvale vysokým tlakem, které často předcházejí nebo doprovázejí extrémní projevy počasí.

Tyto blokády často končí dlouho trvajícím dešťovými srážkami doprovázenými záplavami, jak tomu bylo např. v Pakistánu v roce 2010. A stejné blokády způsobily i rekordní tání v Grónsku v létě 2012 a pomohly tak napumpovat energii hurikán Sandy.

V našich záznamech z let minulých o vzniku a průběhu bouří jsou značné mezery a omezené množství informací, což ztěžuje konfrontaci počítačového modelování vývoje klimatu. Přesto byla vytvořena řada obecných klimatických modelů (GCM – General Circulation Model). Jsou to většinou modely, které rozdělují zeměkouli do třídimensionálních mřížek (navzájem stěnami spojených krabic), jejichž rozměr bývá plošně 100 až 200 km. Podmínky v každé z těchto krabic jsou definovány rovnicemi vystihujícími podstatu dění na zemském povrchu, v oceánech a v atmosféře, jakými jsou teplota, vlhkost, proudění větru a tlak vzduchu. Modely dále pracují s faktory přítomnosti skleníkových plynů a jejich místní koncentrace, s reflektivitou zemského povrchu a s distribucí aerosolu a oblačnosti.

Modely jsou velmi užitečné, protože nás nutí k tomu, abychom pochopili, jak jednotlivé faktory ovlivňují klima v konkrétních alokacích.

Modely vědcům umožňují testovat hypotetické situace a zlepšovat naše chápání klimatických jevů tam, kde není možné experimentovat jinými způsoby. Nejsou a zřejmě nikdy nebudou ve všem dokonalé ale přesto jsou užitečné. Každá jejich i chybná předpověď nás nutí, abychom je dále zpřesňovali a hledali odpověď na otázku, v čem jsme udělali chybu.

Klimatické modely jsou dnes již tak dokonalé, že dokáží spočítat předpovědi pro rozsáhlé oblasti a jevy, jakými jsou třeba extratropické cyklóny.

Použitá literatura :

<http://earthobservatory.nasa.gov>

<http://www.nasa.gov/centers/goddard/home/index.html>

Další odkazy na použité webové stránky a literaturu jsou v této zkrácené verzi článku uvedeny v textech pod obrázky a další použitá a doporučená literatura je uvedena v nezkrácené verzi tohoto článku.