

Golfský prúd vplyvom klimatickej zmeny zatiaľ neslabne

Jozef Pecho, Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha

Arktídu postihli v posledných desaťročiach rapídne zmeny klímy. Nárast priemernej teploty v tomto regióne je minimálne dvojnásobný v porovnaní so zvyškom sveta. Očakávali by sme teda, že zväčša negatívne dôsledky na seba nenechajú dlho čakať. A naozaj, nenechali. Mnohé však prišli oveľa skôr ako sme predpokladali. K progresívnejšiemu ústupu morského a kontinentálneho zaľadnenia a stále rýchlejšiemu topeniu permafrostu sa naposledy pripojil ešte ďalší, bezprostredne súvisiaci s predošlými dvoma. Rozbory salinity morskej vody potvrdili to, čoho sa klimatológovia obávajú už dlho. Podiel sladkej vody v povrchových vrstvách Severného ľadového oceánu sa za obdobie posledných 20 rokov zvýšil o celú jednu pätinu. V absolútnom vyjadrení sa objem menej slanej a tým aj menej hustej vody zväčšil o 8 400 km³, čo je nielen ekvivalent Huronského a Michiganského jazera dovedna, ale približne to odpovedá množstvu sladkej vody, ktoré každoročne „odtečie“ v pevnej (ľadovce) alebo tekutej forme z Arktídy do susedných oceánov. Uvedený nárast nie je vôbec zanedbateľný. Medzi odborníkmi preto panuje obava, že v prípade, ak by sa tento objem náhle vylial do severného Atlantiku, mohlo by dôjsť ku kolapsu globálnej termohalinnej cirkulácie, ktorej súčasťou je aj známy a pre európsku klímu tak dôležitý Golfský prúd. Ak by k tomu došlo, klíma západnej Európy by sa v niektorých oblastiach ochladila aj o viac ako 5 °C (v extrémnejších prípadoch až o 10 °C). Je tento scenár vôbec možný?

Oceány a globálna klíma

Oceány ovplyvňujú podnebie na Zemi dosť zásadným spôsobom. Klimatické podmienky našej planéty by sa bez prítomnosti oceánov líšili od súčasných vo všetkých podstatných znakoch. Bez tohto obrovského rezervoára vody by zemská atmosféra neobsahovala takmer žiadnu vodnú paru a obeh vody, ak by vôbec existoval, by bol úplne odlišný. Bez termoregulačnej schopnosti oceánov a nebyť ich veľkej tepelnej kapacity, by rozdiely v teplote vzduchu medzi rovníkom a polárnymi oblasťami boli tak extrémne, že by sme len sotva našli na Zemi miesto, kde by sa dalo v týchto neznesiteľných podmienkach prežiť. **Oceány** pokrývajú takmer tri štvrtiny povrchu Zeme a pri svojej priemernej hĺbke 4 km obsahujú **30-krát viac hmoty**, majú **120-krát väčšiu tepelnú kapacitu** a obsahujú **80-krát viac oxidu uhličitého** ako celá atmosféra. V oceánoch existujú po tisícročia viacmenej stabilné povrchové a hlbokomorské prúdy, ktorých charakter je určený mnohými faktormi. Výsledkom je charakteristické pole teploty povrchu oceánu. Distribúcia teplej vody a spôsob, akým preniká do chladnejších oblastí, výrazne ovplyvňuje aj rozmiestnenie morského ľadu a cirkuláciu vzduchu, ktorý má podstatný vplyv na genézu klímy v konkrétnych regiónoch. Aj keď cirkulácia

atmosféry spätne ovplyvňuje aj samotnú oceánsku cirkuláciu, významnejšou hnacou silou je rozdiel v teplote a salinite morskej vody. Tento faktor je až natoľko významný, že aj lokálne zmeny v salinite morskej vody dokážu spôsobiť nestabilitu oceánskeho prúdenia.

Golfský prúd a klíma Európy

Golfský prúd spolu so svojimi severnými vetvami – **Irmingerovym, Nórskym a Severoatlantickým prúdom**, predstavuje významný teplý a pomerne rýchly prúd v Atlantickom oceáne, ktorý vzniká v Mexickom zálive a opúšťa ho cez Floriský prieliv. Ďalej sleduje východné pobrežie Severnej Ameriky až k Mysu Hatteras, kde sa odchyľuje od amerického kontinentu smerom na východ a pokračuje k pobrežiu Európy. V Atlantickom oceáne sa rozdeľuje na severnú vetvu, ktorá pokračuje k pobrežiu severnej Európy a južnú vetvu, ktorá sa stáča k západným brehom Afriky. Európska vetva Golfského prúdu sa nazýva **Severoatlantický prúd**, ktorý pokračuje až k Novej Zemi (Severný ľadový oceán). Severoatlantický prúd je známy svojimi priaznivými zmierňujúcimi účinkami na klimatické pomery západnej a severozápadnej Európy. Tieto účinky sa prejavujú najmä v zmierňovaní teplotných výkyvov počas celého roka – čo znamená, že napríklad v zime neklesajú teploty vzduchu až tak hlboko pod bod mrazu, ako v oblastiach ležiacich na rovnakej rovnobežke v inej časti Zeme (napríklad východný Quebec – východné pobrežie Kanady). Ďalším neprehliadnuteľným dôsledkom Golfského prúdu je napríklad aj to, že brehy severného Nórska v zime nezamrzajú. Na Golfský prúd má významný vplyv nielen prúdenie v zemskej atmosfére (ktoré by sa dalo zdanlivo označiť za príčinu prúdenie morskej vody v ocenánoch), ale aj tzv. termo-halinná cirkulácia (ide o systém stabilných povrchových a hlbokomorských prúdov, ktorá je výsledkom rozdielov teploty a salinity morskej vody v rôznych častiach oceánu).

Najhorší scenár

Golfský prúd je súčasťou väčšieho cirkulačného systému, ktorý sa v Atlantickom oceáne nazýva Atlantická meridionálna cirkulácia (The Atlantic Meridional Overturning Circulation – **AMOC**). V priestore dotyku studeného Labradorského a teplého Golfského prúdu (ale aj inde v podobných prípadoch na Zemi) je dôležitý vzťah hustoty studenej ale máloslanej a teplej ale viac slanej morskej vody. Čím je voda chladnejšia, tým má väčšiu hustotu (najväčšiu hustotu má ale pri 4 °C, pri ďalšom ochladení opäť jej hustota klesá), na druhej strane aj čím je slanšia, tým má tiež väčšiu hustotu. Tak sa môže stať, že málo slaná voda s teplotou 2 °C má rovnakú hustotu ako najslanšia morská voda s teplotou 20 °C. Ak by k tomu došlo v priestore dotyku Labradorského a Golfského prúdu, tak by Labradorský prúd neklesal pod teplý Golfský ako teraz, ale by ho odtlačil na inú (južnejšiu) dráhu. Teplý Golfský prúd by mohol smerovať k Portugalsku a otáčať sa na juh, čo by malo za následok ochladenie Británie asi o 5 °C a severu Nórskeho mora aj o viac ako 10 °C. Terajšie rozloženie plávajúceho morského ľadu na konci zimy by sa dramaticky zmenilo (Nórske more by bolo až po Island pokryté ľadom a aj v strednej Európe by mohlo byť napriek globálnemu otepleniu o 2,5 °C o málo chladnejšie ako v posledných desaťročiach). To isté sa môže stať aj na severe Pacifiku, no vzhľadom na iné termo-halinné podmienky by bol konečný efekt oveľa menší. Treba tiež

dodať, že čím rýchlejšie bude rásť teplota morskej vody okolo rovníka, tým bude tam aj väčší výpar a tým bude rýchlejšie rásť aj salinita (koncentrácia soli) v teplých morských prúdoch.

Kolaps je zatiaľ nepravdepodobný

Globálne otepľovanie bude tiež znamenať rast úhrnov zrážok v polárnych oblastiach (pri vyššej teplote je v atmosfére v stave nasýtenia viac vodnej pary), pričom takmer všetky tam budú padať vo forme snehu a budú znamenať rast objemu polárnych pevninských ľadovcov. Pevninské polárne ľadovce postupne „stekajú“ (putujú) k pobrežiu mora, tam sa roztápajú a znižujú salinitu studených morských prúdov. Globálne otepľovanie tak môže urýchliť proces termo-halinného kolapsu morskej cirkulácie. Odozva bude však trvať niekoľko desaťročí až storočí, lebo rýchlosť stekania pevninských polárnych ľadovcov k pobrežiu morí je od niekoľkých metrov do niekoľkých stoviek metrov za rok. K znižovaniu salinity morskej vody v polárnych oblastiach prispievajú aj zrážky padajúce na morskú hladinu, voda pritekajúca v riekach a nepriamo aj menší výpar v porovnaní s tropickým pásmom. Globálnu termo-halinnú cirkuláciu ovplyvňuje teda predovšetkým po stáročia veľmi stabilný celkový režim teploty a salinity morskej vody v polárnych a tropických šírkach. Za kolaps tejto cirkulácie považujeme jej relatívne náhlu zmenu, náhle spomalenie alebo aj zastavenie. Preto je vznik uvedeného kolapsu do roku 2020 veľmi málo pravdepodobný (pravdepodobnosť nižšia ako 10 %). Dokonca aj mierne zoslabnutie zaregistrované v roku 2004 bolo na jednej strane výsledkom medziročnej premenlivosti rýchlosti prúdu a na strane druhej nedostatkom dostupných údajov dlhodobých zmien AMOC v období pred rokom 2004.

Golfský prúd zosilňuje

Výsledky najnovších analýz amerických vedcov z NASA, ktorí hodnotili údaje rýchlosti prúdenia morskej vody v rámci cirkulačného systému AMOC získané zo satelitných meraní, nepotvrdili v posledných 15 rokoch žiadne významné spomalenie Golfského prúdu. Práve naopak, v období rokov 1993 až 2009 bolo pozorované zintenzívnenie cirkulácie o približne 20 %. Do analýzy vstupovali údaje tak o teplote, salinite a rýchlosti prúdenia morskej vody, ako aj jej výške (sea surface height – **SSH**). Uvedené výsledky sú v rozpore so zisteniami britských vedcov z roku 2005, ktorí prišli so závermi, že v období posledných 50 rokov Golfský prúd zoslabol približne o 30 %. Treba však na záver poznamenať, že rovnako prvý ako aj druhý výsledok môže byť zapríčinený krátkodobou premenlivosťou, ktorá je v prípade Golfského prúdu značná. Pokiaľ nebudeme vedieť príčiny vzniku tejto variability vysvetliť fyzikálne korektným spôsobom, nebude možné robiť akékoľvek prognózy ďalšieho vývoja tak cirkulácie AMOC, ako aj samotného Golfského prúdu. Jedno je však isté, kolaps tohto pre Európu tak dôležitého morského prúdu v najbližších rokoch je veľmi málo pravdepodobný.

Použitá literatúra

Ahrens, C. D., 2007. Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment. 8.vydanie, Thomson Brooks/Cole, Belmont, 2007.

Bridgman, H. A., Oliver, J. E., 2006. The Global Climate System: Patterns, Processes, and Teleconnections. Prvé vydanie, Cambridge University Press, New York, 2006.

Burroughs, W. J., 2007. Climate Change: A Multidisciplinary Approach. Cambridge University Press, New York, 2007.

Hartmann, D. L., 1992. Global Physical Climatology. Academic Press, 1994. Peixoto, J. P.,

Oort, A. H. 1992. Physics of Climate. Springer-Verlag, New York, 1992.

Willis, J. K., 2010. Can in situ floats and satellite altimeters detect long-term changes in Atlantic Ocean overturning? GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 37. 2010.

Ďalšie zdroje

<http://www.reportingclimatescience.com/news-stories/article/gulf-stream-is-not-slowing-because-of-global-warming-says-met-office.html>

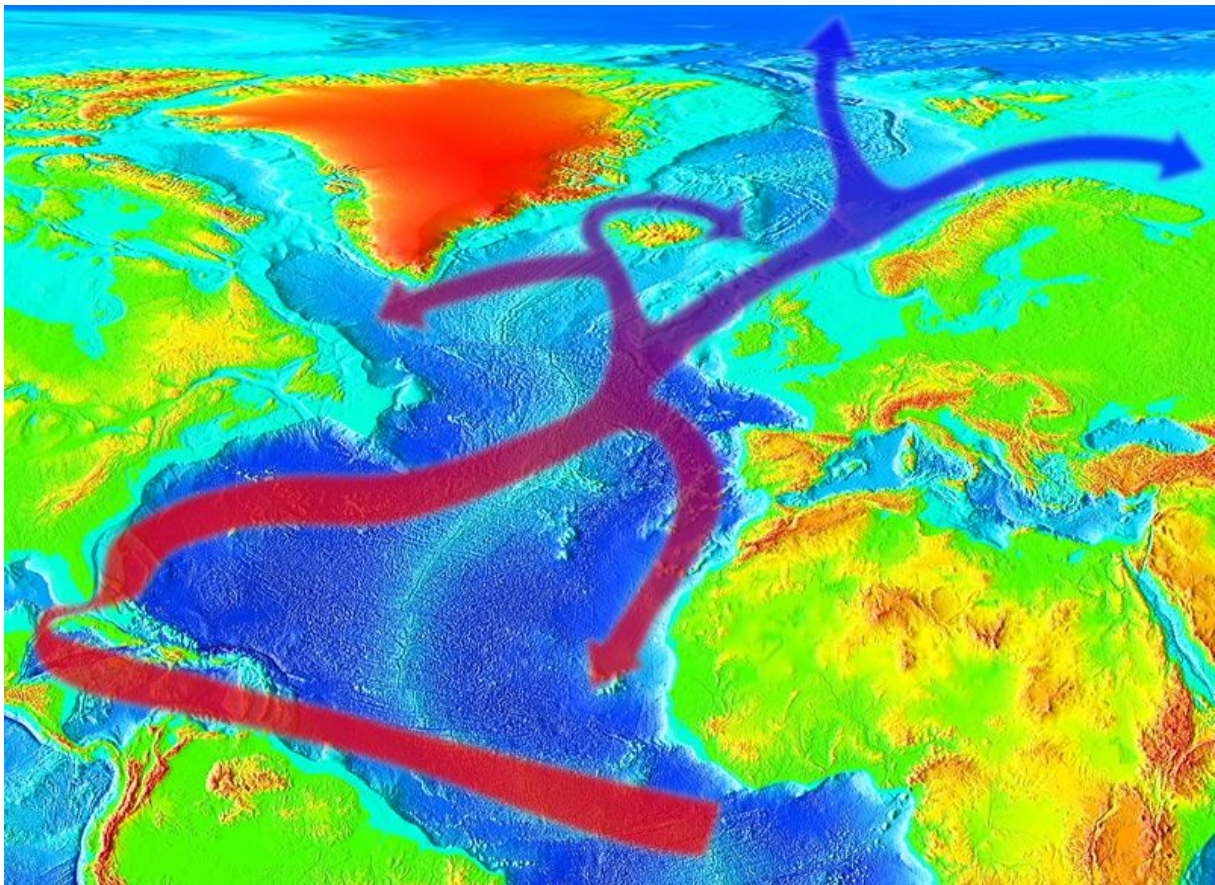
<http://www.reportingclimatescience.com/news-stories/article/proof-that-atlantic-ocean-conveyor-can-reverse-direction.html>

<http://www.realclimate.org/index.php/archives/2010/12/coldest-winter-in-1000-years-cometh---not/>

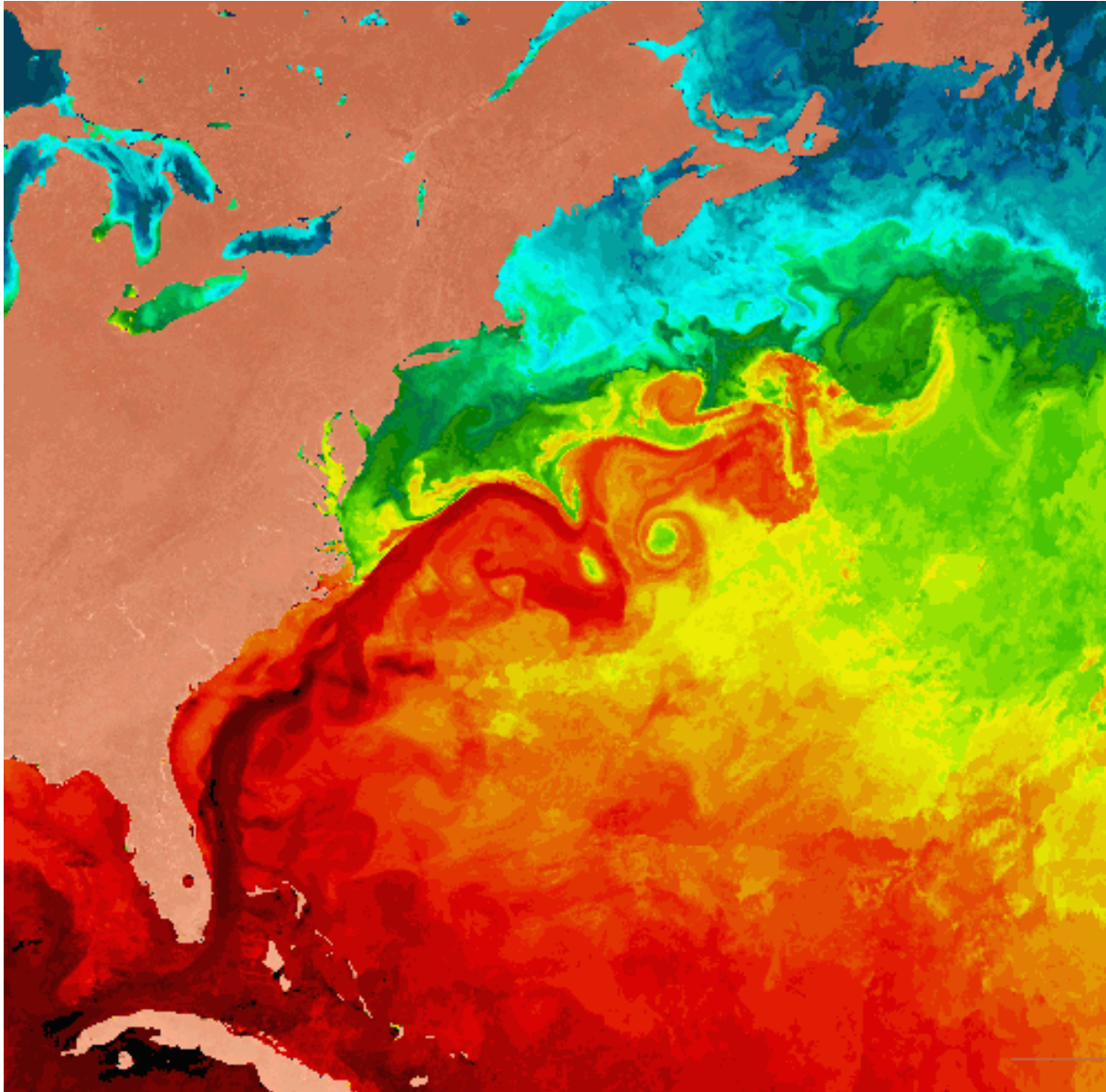
http://en.wikipedia.org/wiki/Pieter_Bruegel_the_Elder

http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf_Stream

Príloha



Obr. 1 Trasa a vetvenie Golfského prúdu v Atlantickom oceáne
(zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Gulf_Stream)



Obr.2 Na mape rozloženia teploty oceánskej vody (vpravo) možno veľmi zreteľne rozpoznať prúd veľmi teplej vody (červená), ktorý v priestore východne od mysu Hatteras oddeľuje chladnejšiu vodu (modrá) na severe od teplejšej na juhu (oranžová).



Obr. 3 a 4 Takých tuhých zím, aké sú zachytené na dvoch slávnych maľbách Pietera Brueghela zo 16. storočia, sa zatiaľ obávať nemusíme, určite nie kvôli kolapsu Gofského prúdu (vľavo: Zimná krajina, vpravo: Lovci; druhá polovica 16. storočia; zdroj: http://en.wikipedia.org/wiki/Pieter_Bruegel_the_Elder)