

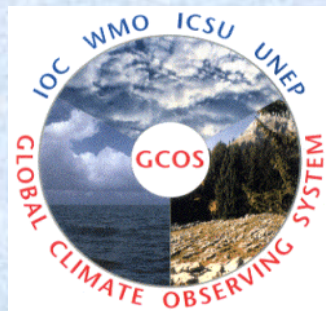


Globální změny klimatu

Miroslav Vysoudil
Univerzita Palackého
Přírodovědecká fakulta
Katedra geografie
Tř. 17. listopadu 12
771 46 Olomouc

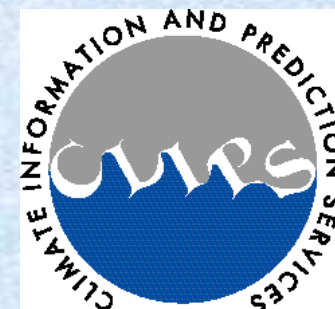
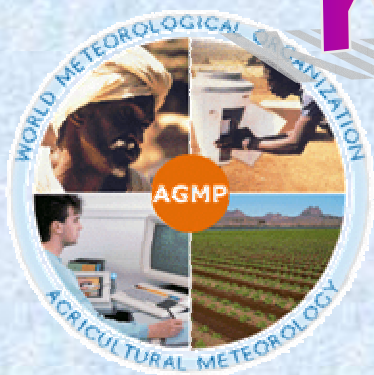
E-mail: miroslav.vysoudil@upol.cz

<http://geography.upol.cz/miroslav-vysoudil.htm>



KOLÍSÁNÍ KLIMATU

Klimatické změny



Nejaktuálnějších problém současné (nejen) klimatologie

kolísání klimatu

klimatické změny



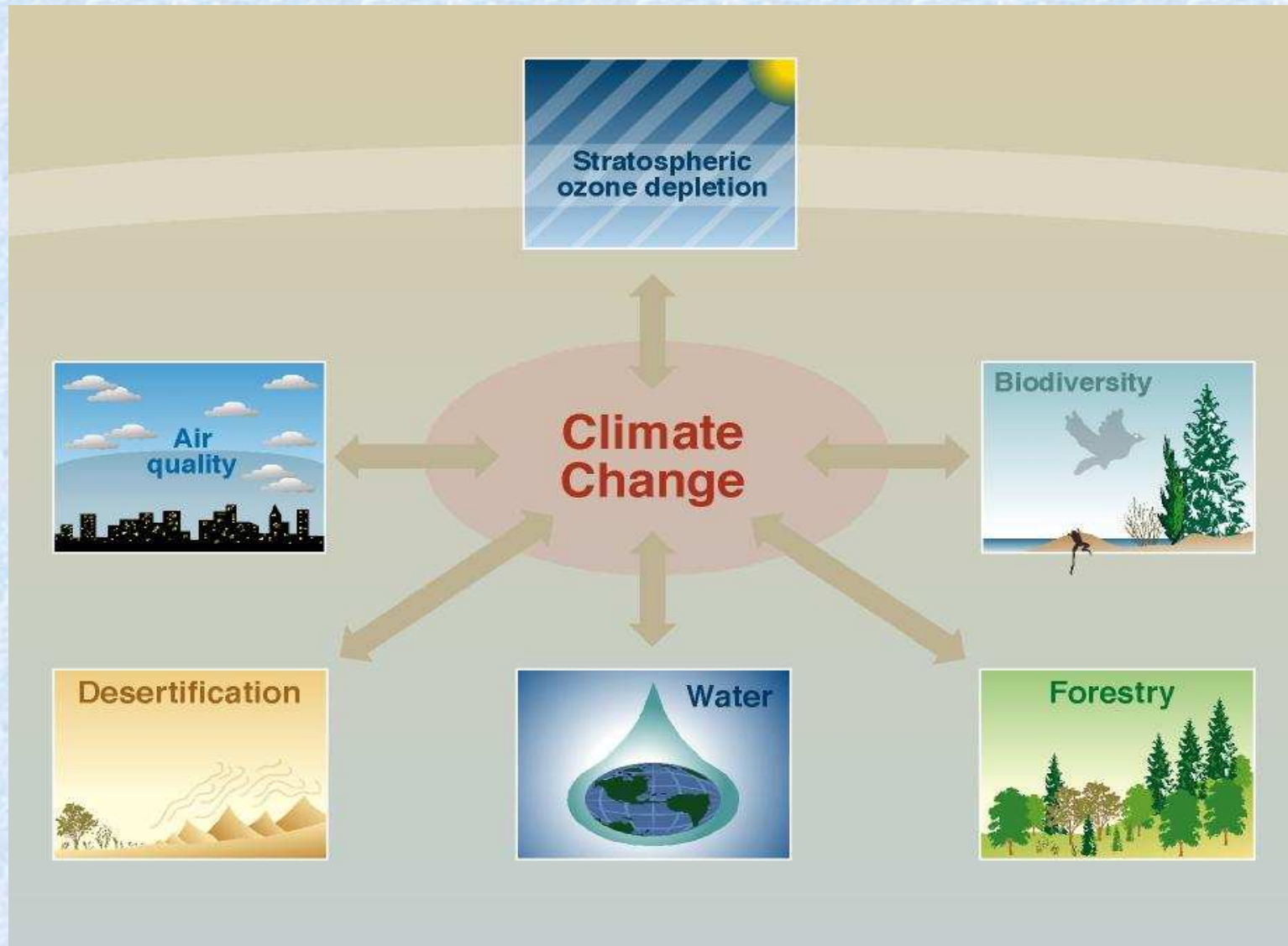
Svante August Arrhenius (1859–1927)

V r. 1896 nepřímo upozornil na zesilování skleníkového efektu.

Hlavní příčiny:

- rostoucí ekonomická aktivita
- růst emisí CO₂ do atmosféry

Klimatické změny jsou provázány s dalšími globálními problémy

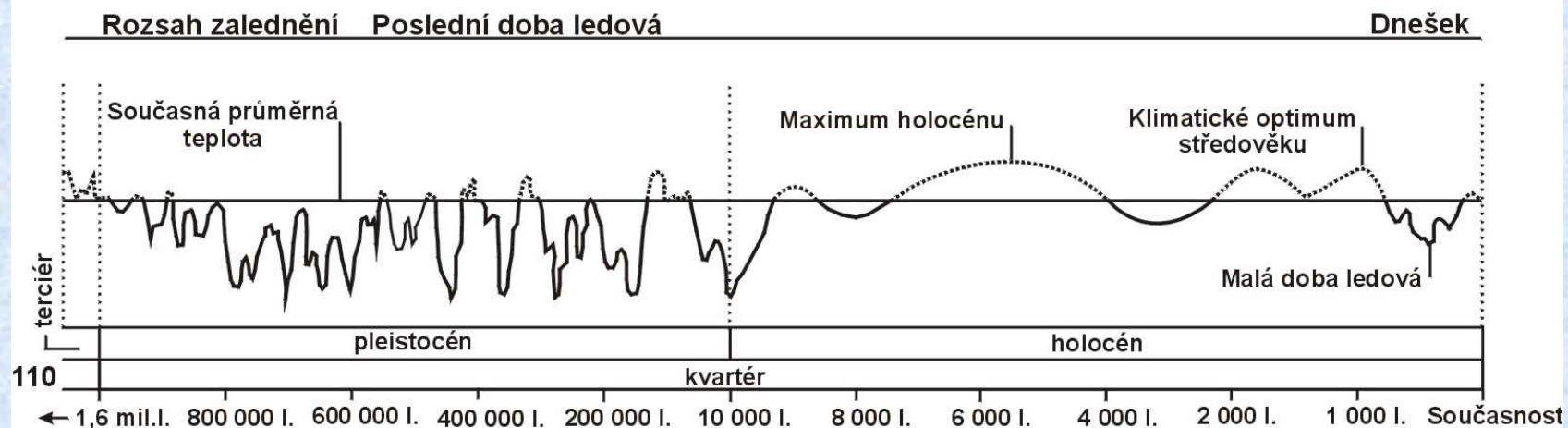


Co to jsou "klimatické změny"?

Změny podnebí probíhající relativně velmi dlouhou dobu, až miliony roků.

- ◆ nevratný ráz
- ◆ jednosměrnost
- ◆ probíhají na globální úrovni

KOLÍSÁNÍ TEPLoty NA ZEMI



Příčiny klimatických změn

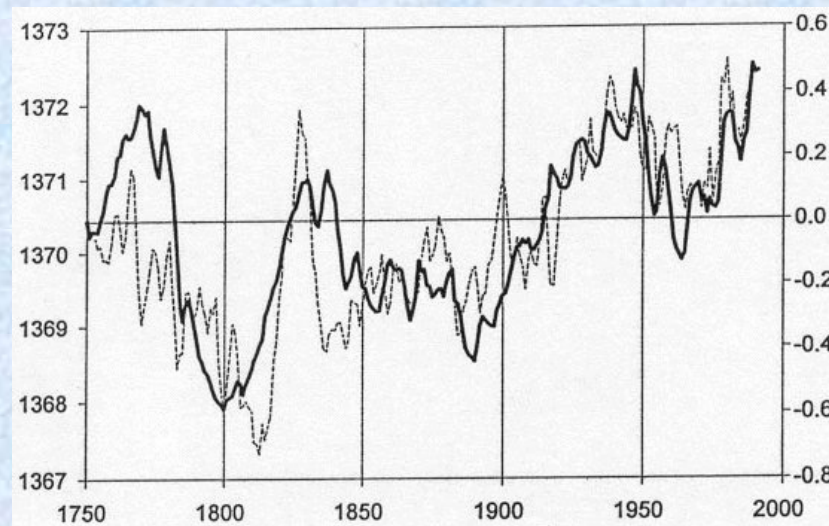
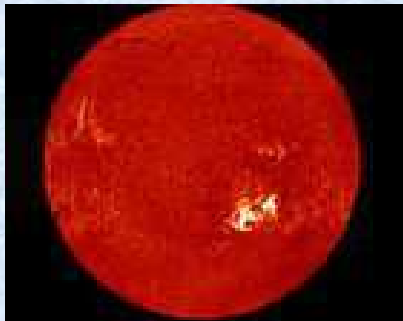
I.

Vlivy klimatotvorných faktorů se předpokládají, ale nedokazují.

Dlouhodobé kolísání solární konstanty

(pokles způsobuje ochlazování a naopak)

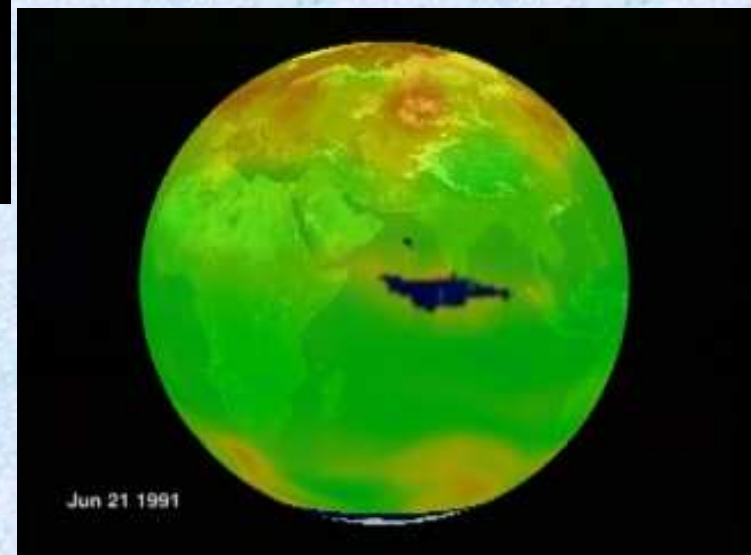
Kolísání sluneční aktivity



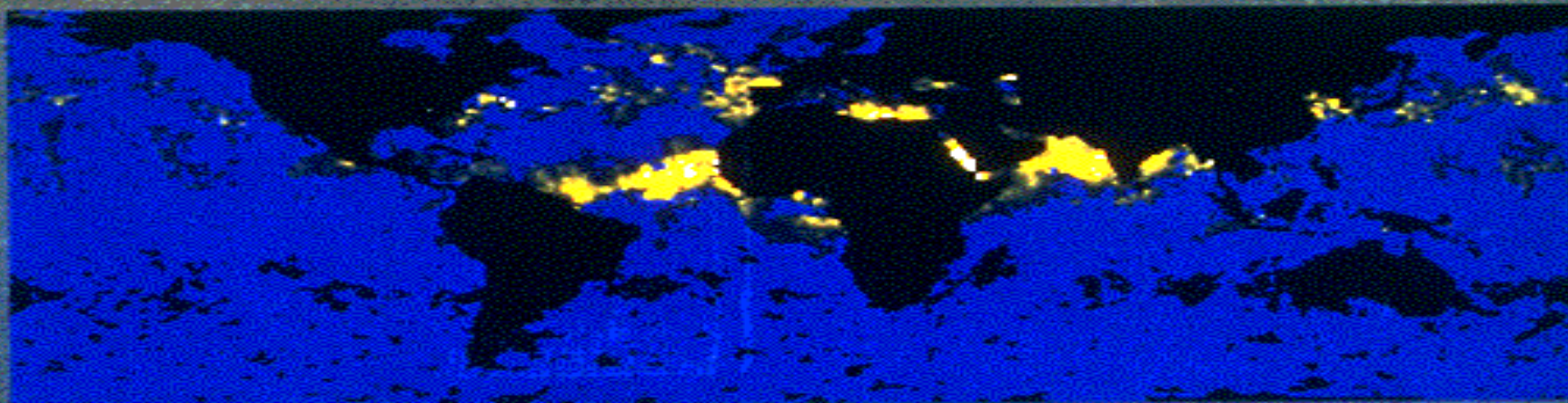
II.

Původ v zemském tělese (terestrické)

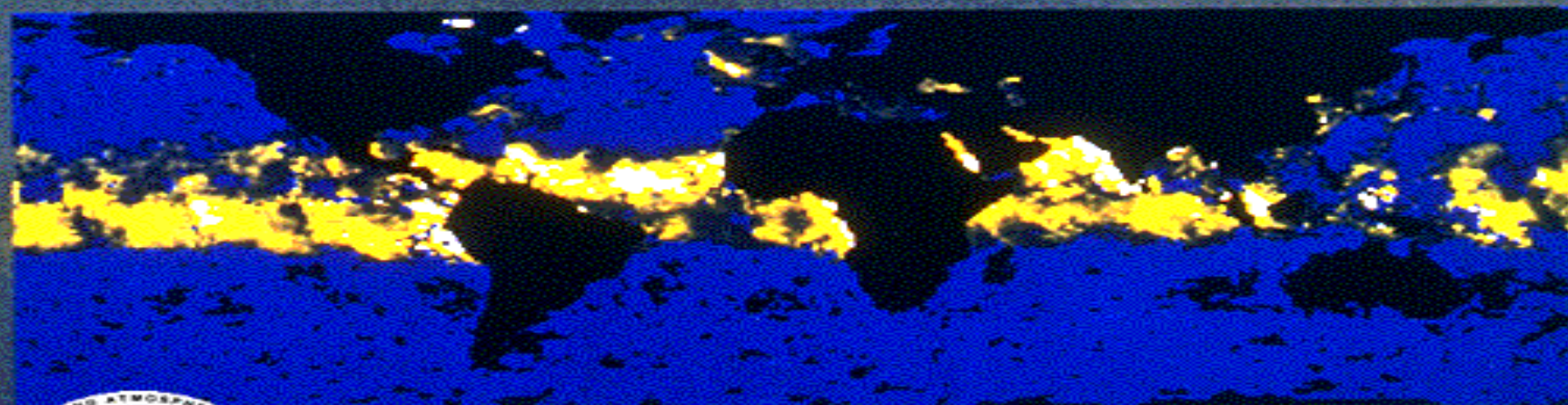
Snížení propustnosti atmosféry (např. důsledek sopečné činnosti) mohlo způsobit vznik ledových dob.



Aerosol Optical Thickness Products observe the spread of the Mt. Pinatubo volcanic ash cloud



5/28 - 6/6/91 (before eruptions)



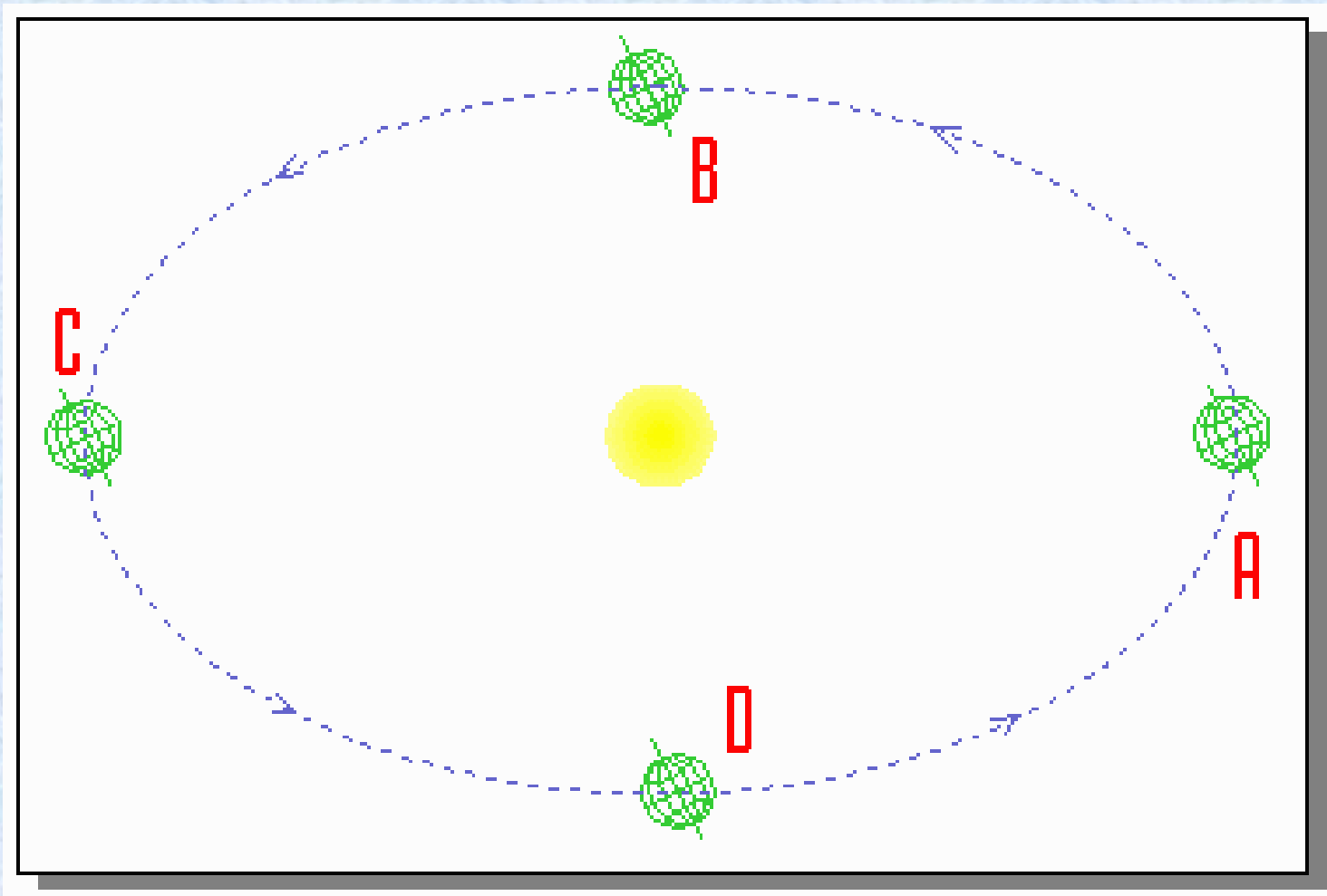
7/4 - 7/10/91 (after circling the earth)



III.

Hypotézy vycházející z objektivně existujících faktorů

Astronomická: Oběžné parametry Země se mění



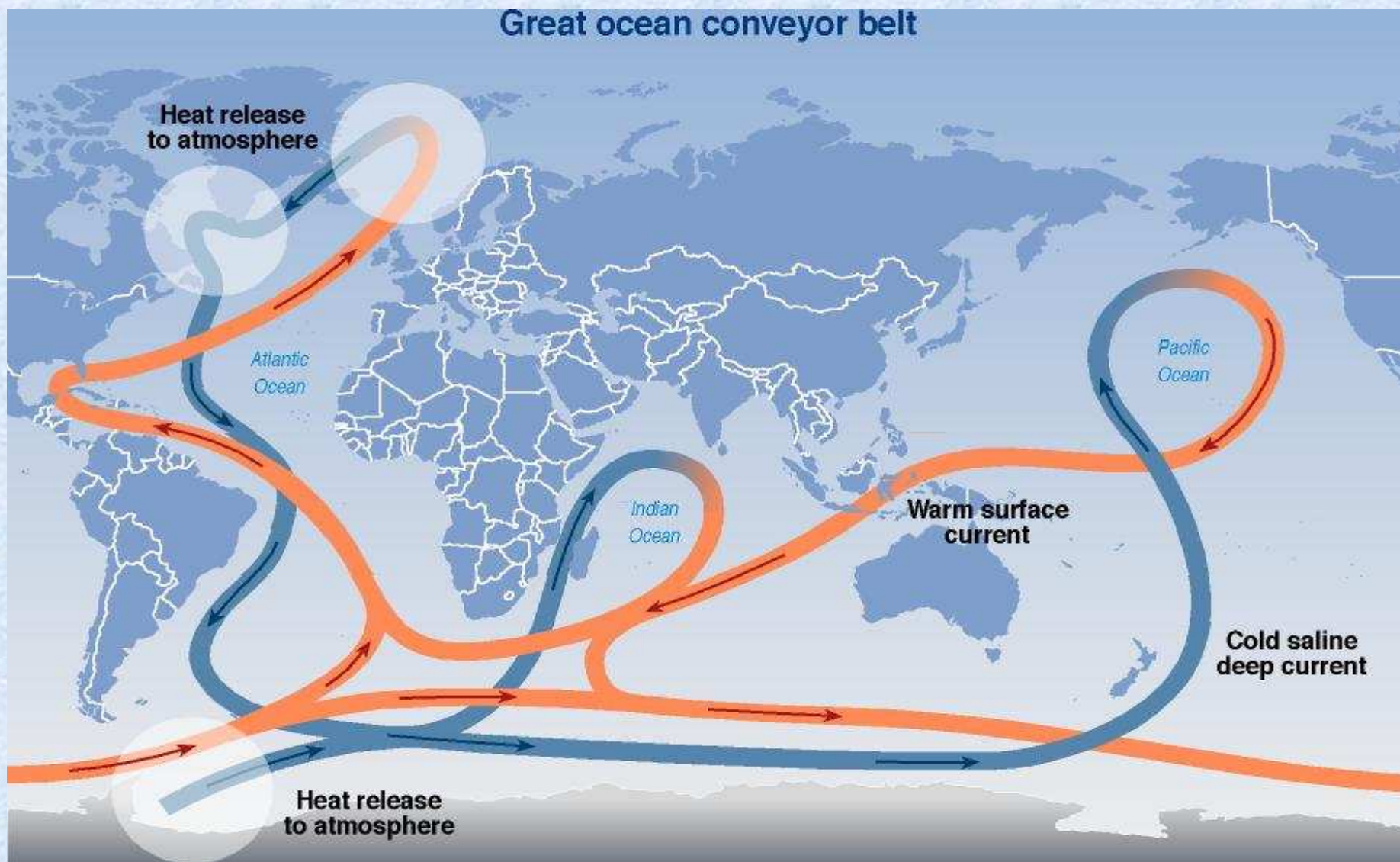
IV.

Orografická hypotéza

Změny tvaru mořského dna ovlivňují mořské proudy, které jsou významným klimatotvorným faktorem.

Teplá období - málo vertikálně členité dno, po jeho zdvihu následovala chladná období.

Přenos tepla oceány



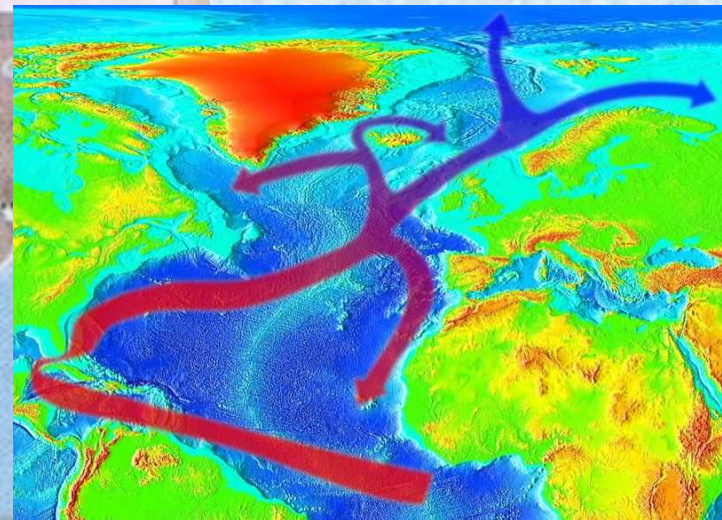
Severoatlantický „dopravník“

Ohřátá voda z Karibiku dopravuje do severního Atlantiku teplo, které ohřívá tamní ovzduší a zajišťuje mírné klima severní i západní Evropy.

Oblasti, kde začíná klesání vody

Severní ledový oceán
Voda z tajících grónských ledovců
Voda ze stále vodnatějších sibiřských řek

Slanost moře poklesla kvůli přílivu vody ze severovýchodních řek a tajících ledovců.



Ochlazená voda klesá pod hladinu moře a vrací se zpět přes rovník. Tento systém proudění zeslábl od roku 1992 o 30 procent.

Cirkulaci vody v Atlantiku od Floridy po pobřeží Afriky sleduje 22 přístrojů, rozmístěných podél 25. stupně severní šířky.

V.

Hypotézy uvažující reálně probíhající procesy a následné zpětné vazby.

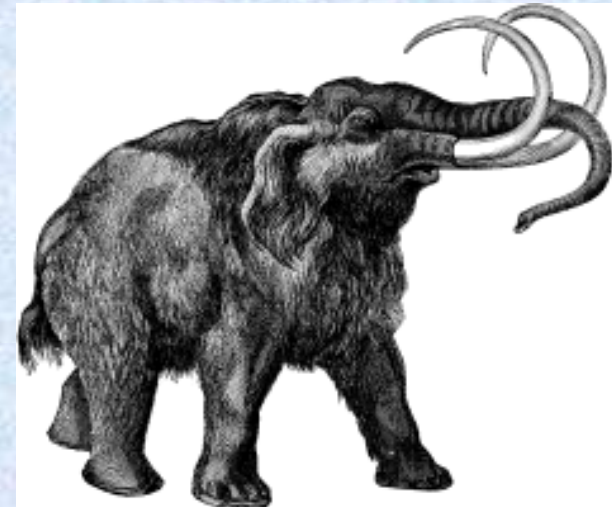
Teorie samovolného růstu ledovců

Malý pokles teploty ve vysokých zeměpisných šířkách vyvolá **růst ledovců.**

Ochlazující účinek: Plocha zalednění asi **110x110 km**

Důsledek: Rozsah zalednění se přirozeně zvětšuje.

Paleoklimatologie



Studuje klima (**paleoklima**) v prehistorických obdobích.

V podnebí minulých milionů roků převládaly glaciálními cykly.

Ledovce začaly výrazněji ustupovat až v minulých tisíciletích.

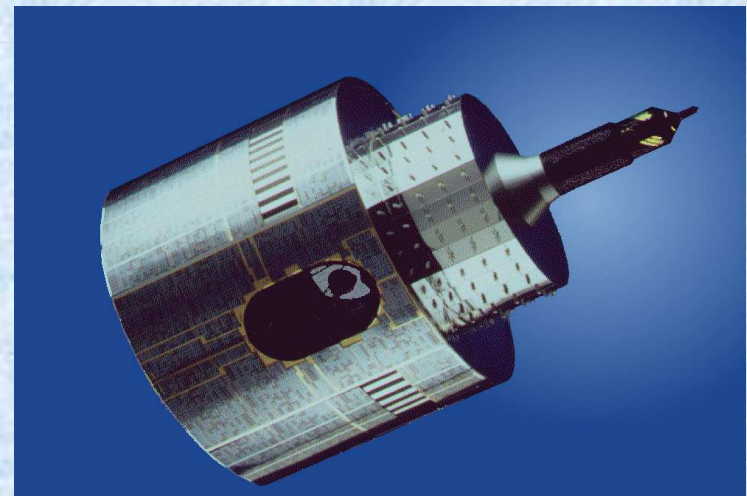
Klimatické změny v geologické minulosti:
výrazně svázány s pohybem kontinentů

Hlavní problém studia paleoklimatu:

Nedostatečné použitelné záznamy o charakteru počasí:

- až z pol. 19. století, max. 200 roků

- ▶ družicová měření
nahrazují chybějící přístrojová měření
(jsou poměrně krátká)

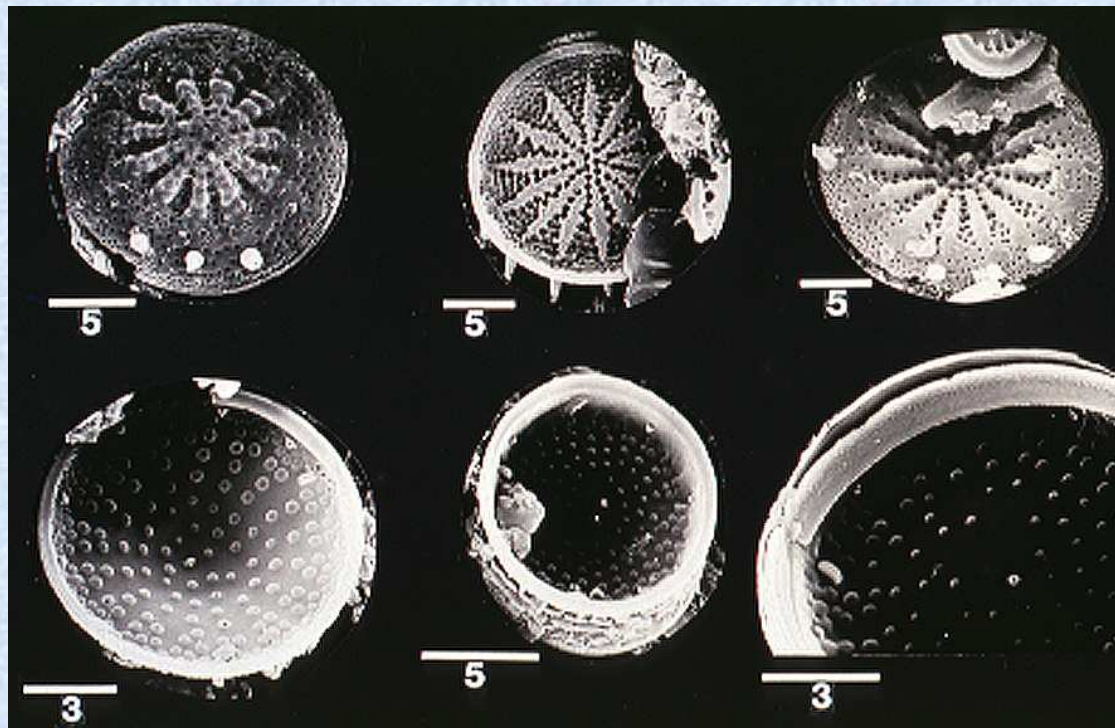


Studium paleoklimatu.

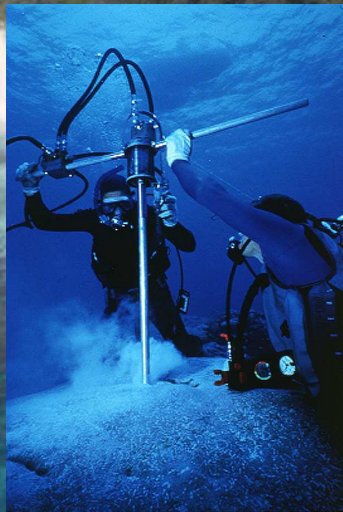
Přirozené přírodní záznamy: tzv. "proxy data,,.

Vypovídají o minulém klimatu a jsou „uložená“:

- ▶ sedimenty na dně oceánů



▶ korály

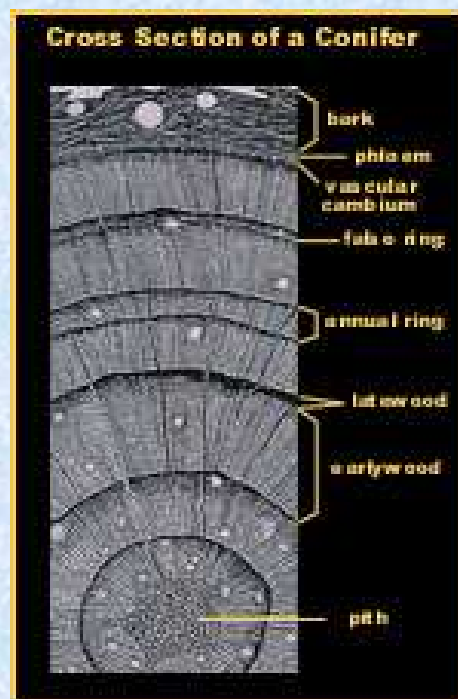


07.07.2006

▶ v kontinentálních ledovcích (Antarktida)



▶ v letokruzích



Nutnost studia paleoklimatu

- ▶ odhad a předvídání možných klimatických změn
- ▶ klimatický systém se může zásadně měnit v časovém horizontu pouhých roků a/nebo dekád
- ▶ pomáhá pochopit vliv **lidské společnosti** na chování ÚKS
- ▶ **globální oteplování** ve 20. století je **skutečné**
- ▶ současné záznamy teplých roků jsou pravděpodobně **bezprecedentní** za minulých 1200 roků

Kolísání klimatu



Kolísání klimatu

periodické
nebo
rytmické změny podnebí,

nemají jednostranný nebo-li progresivní charakter.

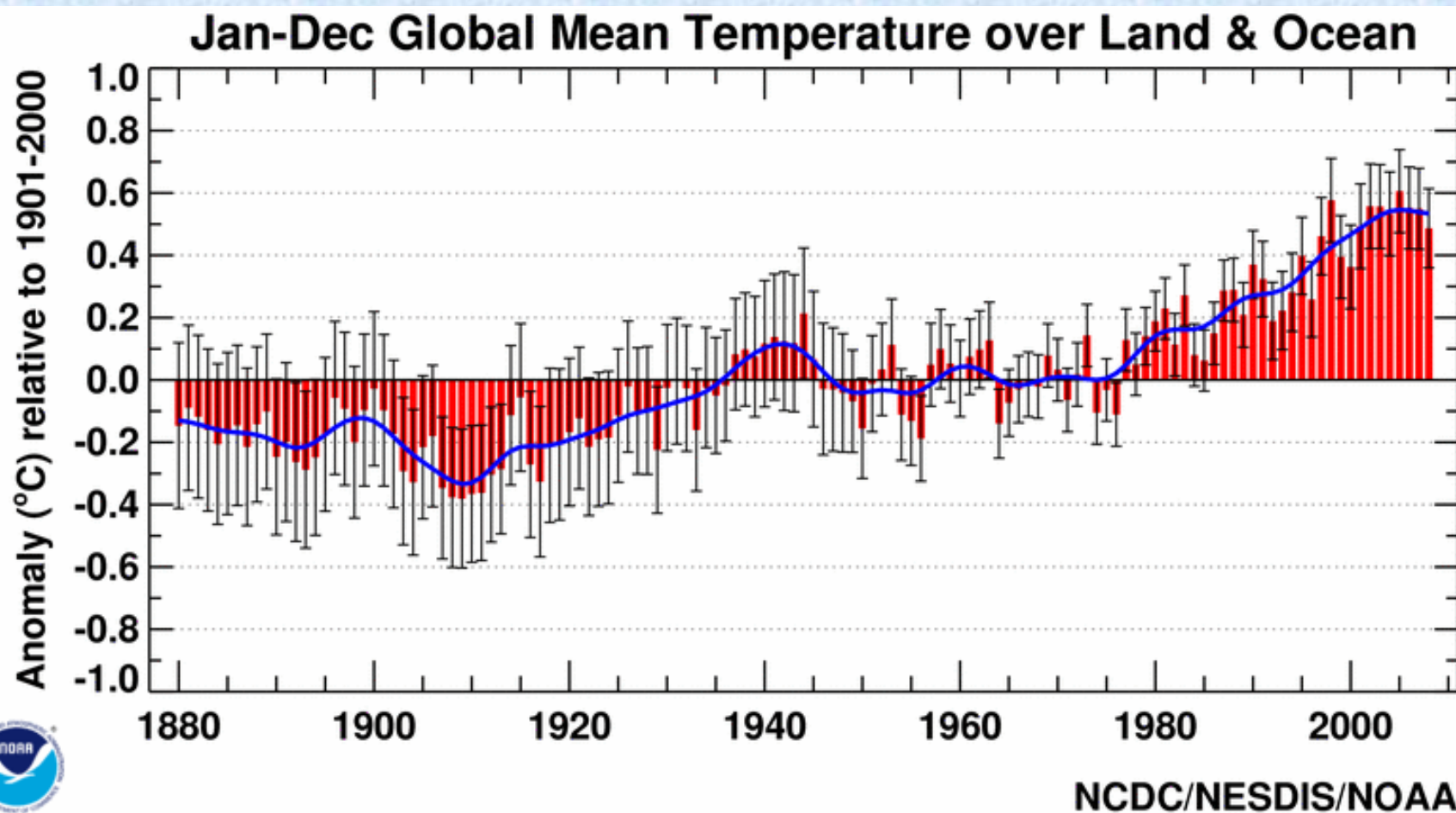
Zasahuje geografické oblasti od místního po globální měřítko.

Časová perioda od 10 po 10^3 let.

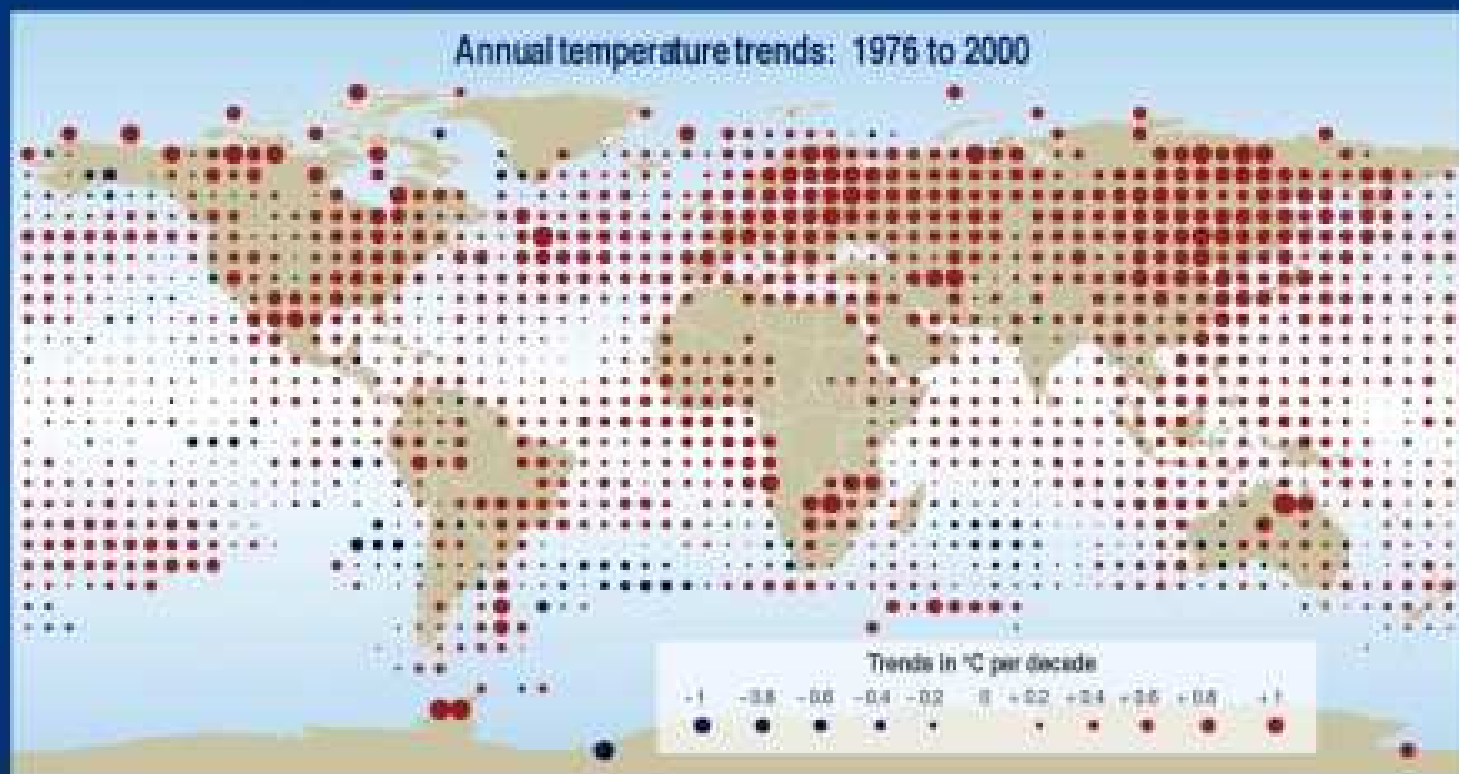
Periody desítky nebo stovky let - sekulární.

Nejzřetelnější projevy kolísání klimatu:

► změny teploty



Trendy teploty 1976-2000



579 - FIGURE 2-66

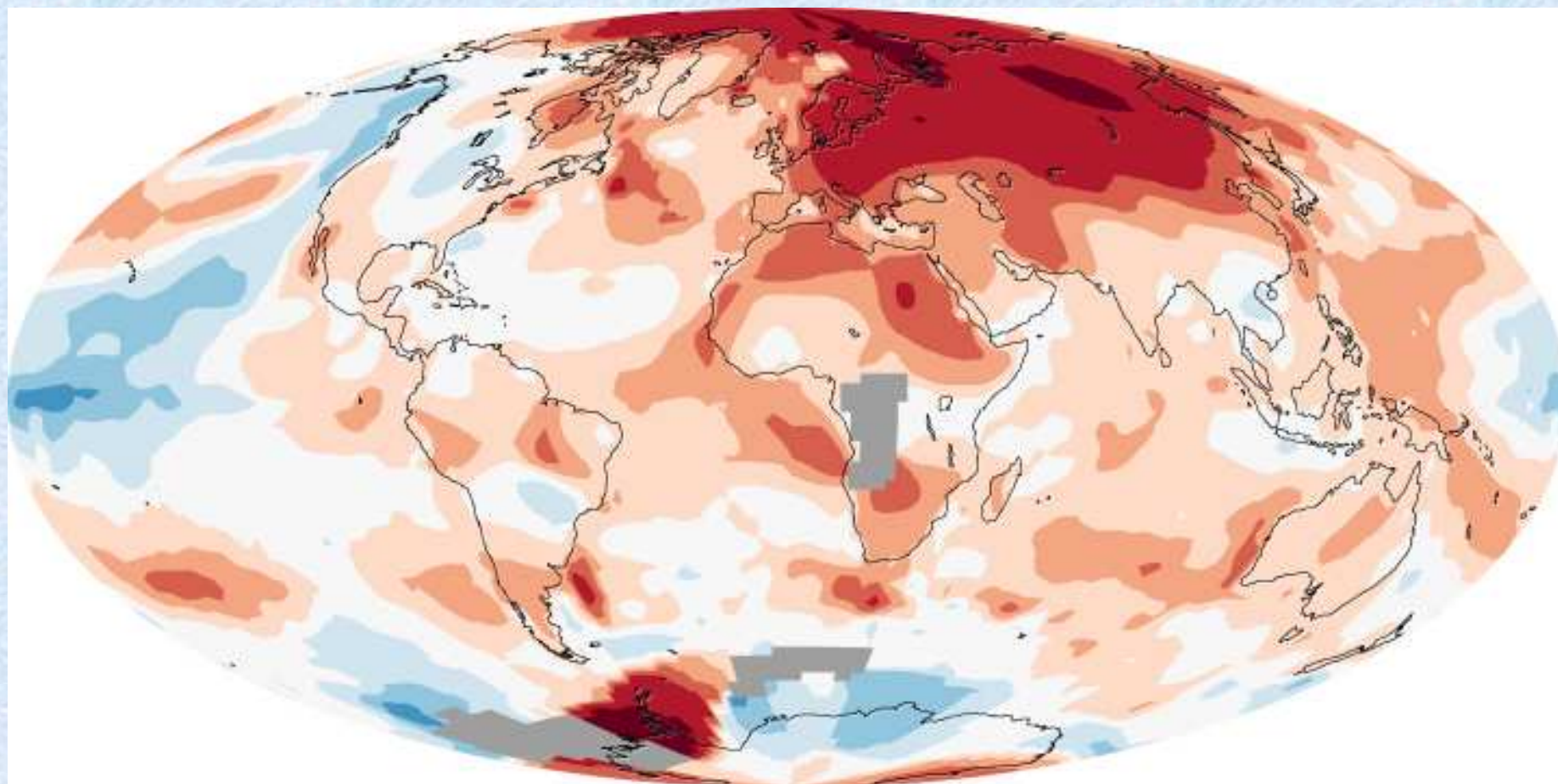
IPCC

INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE

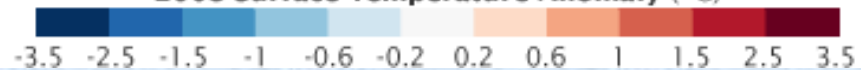


Top 10 nejteplejších roků	Anomálie °C	
2005	0.61	
1998	0.58	
2002	0.56	
2003	0.56	
2006	0.55	
2007	0.55	
2004	0.53	
2001	0.49	
2008	0.49	
1997	0.46	

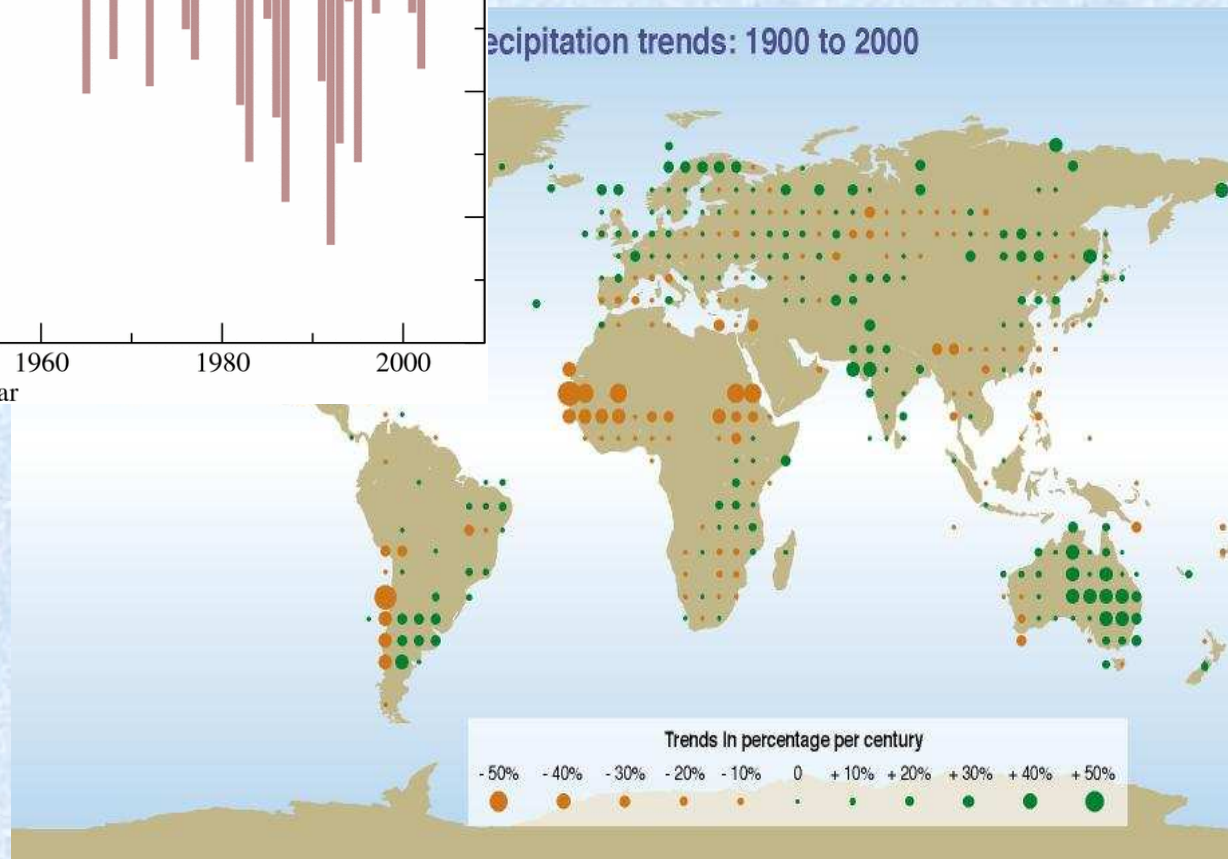
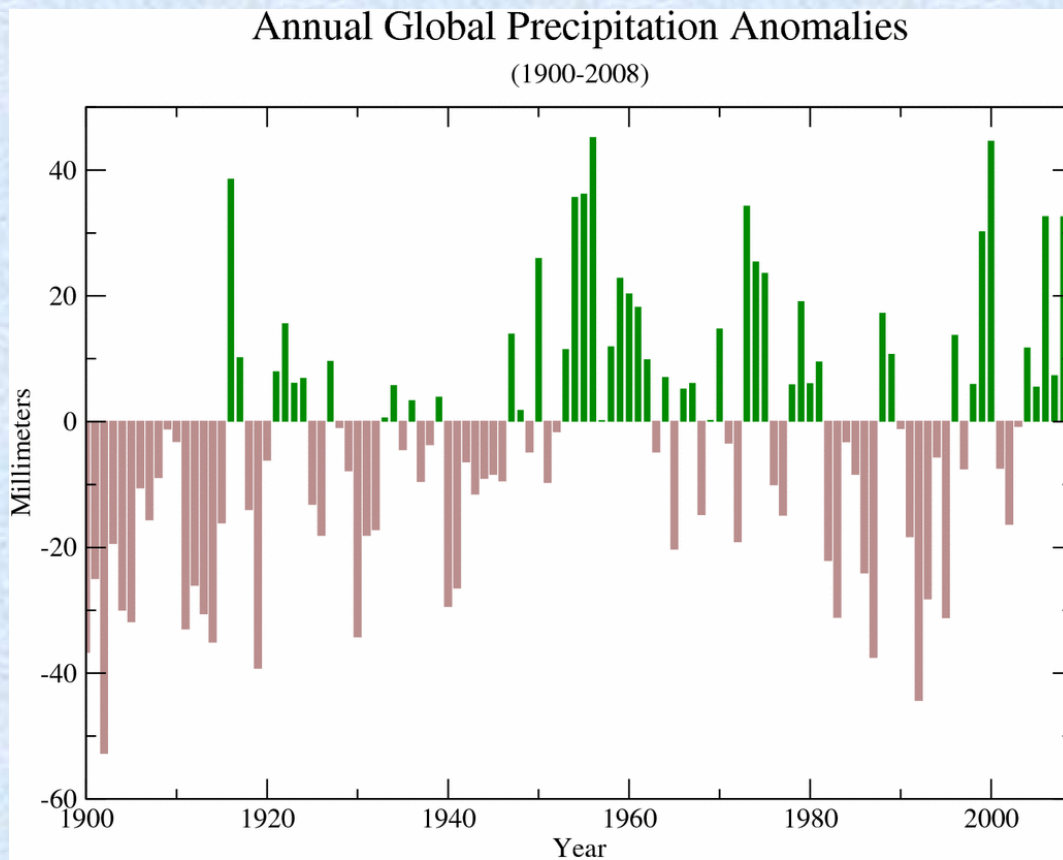
Anomálie povrchové teploty v r. 2008
k průměru 1961-1990



2008 Surface Temperature Anomaly (°C)



► změny srážek

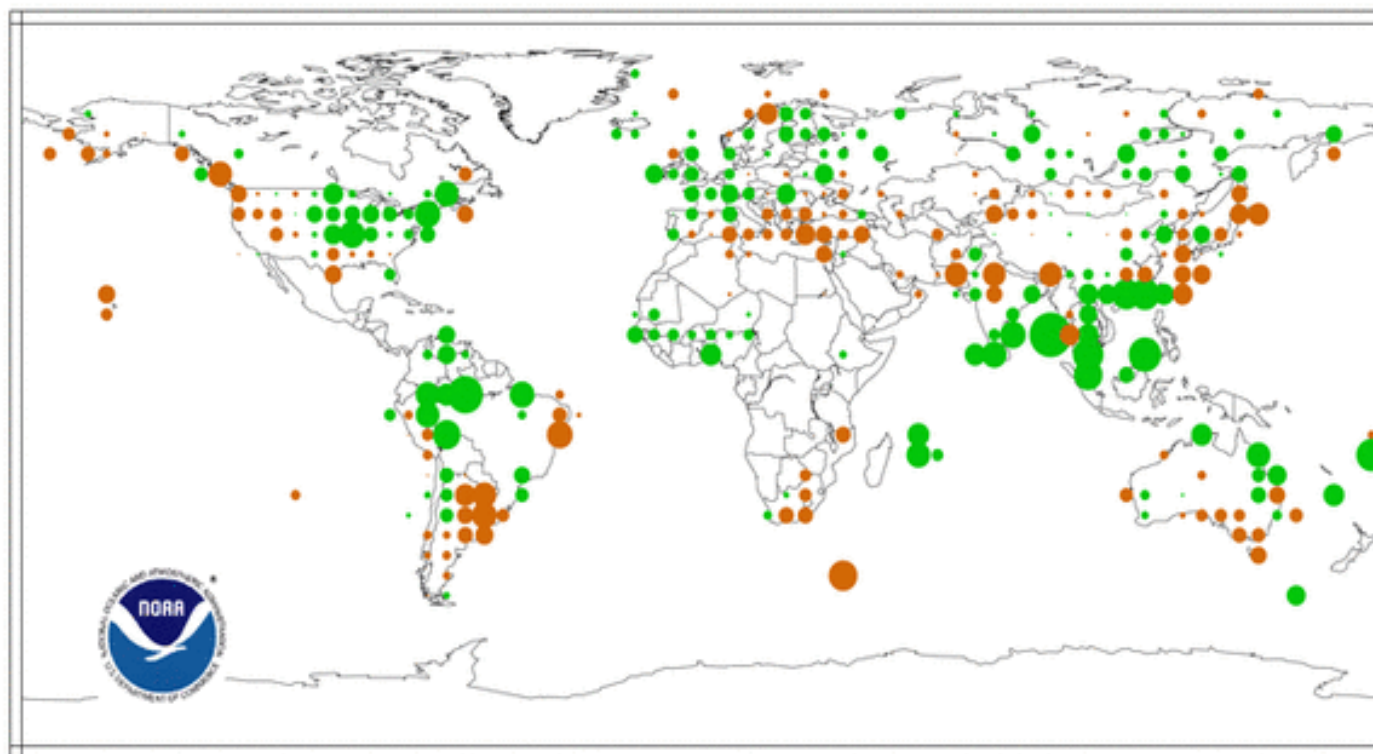


► změny srážek – roční úhrny 2008

Precipitation Anomalies Jan-Dec 2008

(with respect to a 1961-1990 base period)

National Climatic Data Center/NESDIS/NOAA



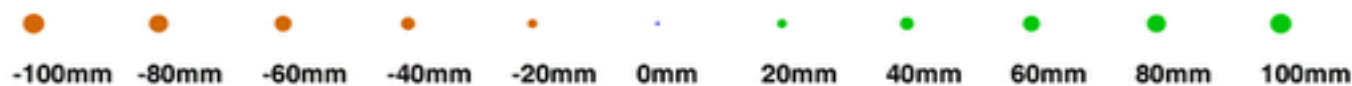
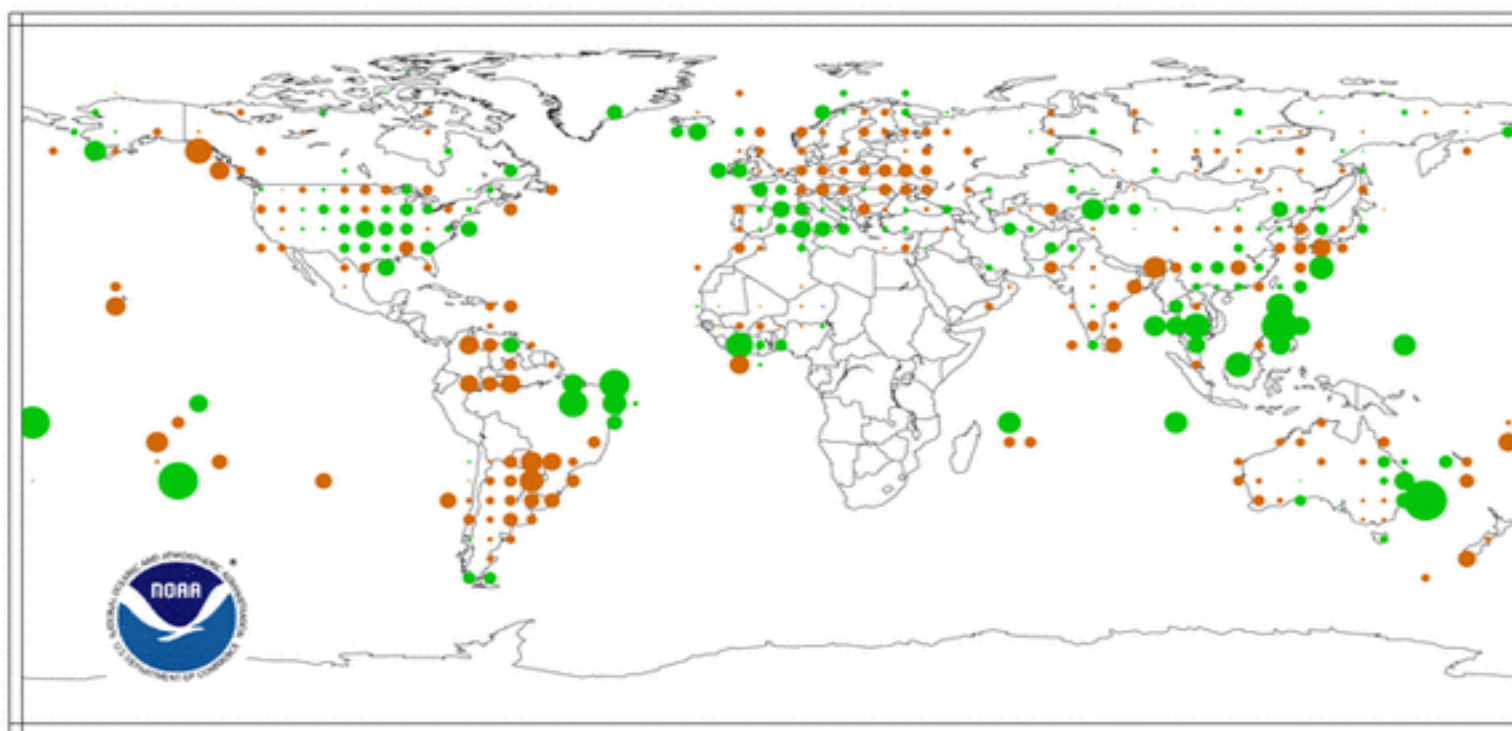
Millimeters

► změny srážek – úhrny duben 2009

Precipitation Anomalies April 2009

(with respect to a 1961-1990 base period)

National Climatic Data Center/NESDIS/NOAA



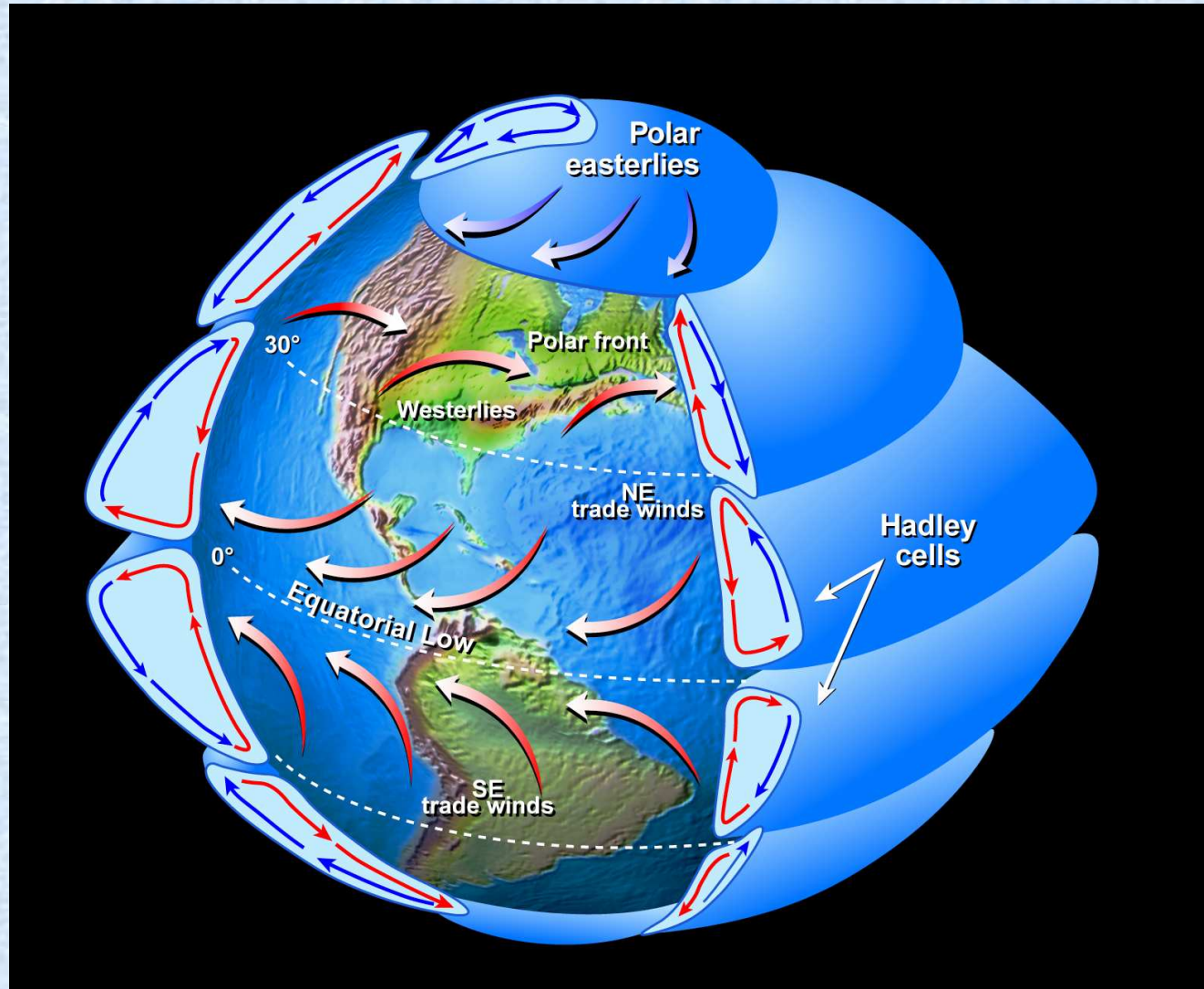
Millimeters

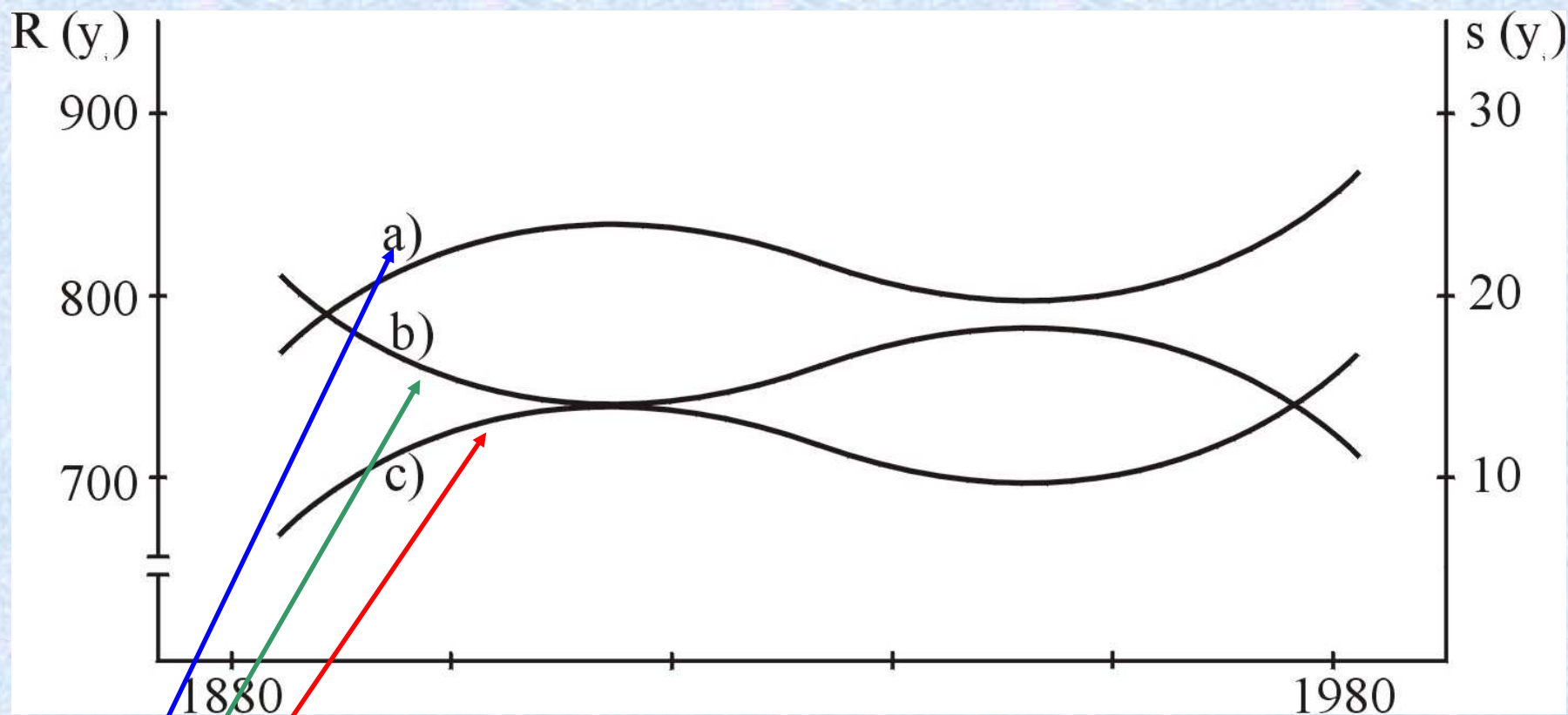
Další projevy kolísání:

- ▶ intenzita slunečního záření a délka slunečního svitu,
- ▶ oblačnost
a další meteorologické prvky

Nejčastější příčina kolísání podnebí

dlouhodobější vratné změny všeobecné cirkulace atmosféry





Závislost mezi dlouhodobým kolísáním atmosférické cirkulace a atmosférickými srážkami na území severní Moravy (1881-1980)

vyjádřená trendovými křivkami 3. stupně

a) průběh ročních srážkových úhrnů,

b) chod severozápadní anticyklonální situace,

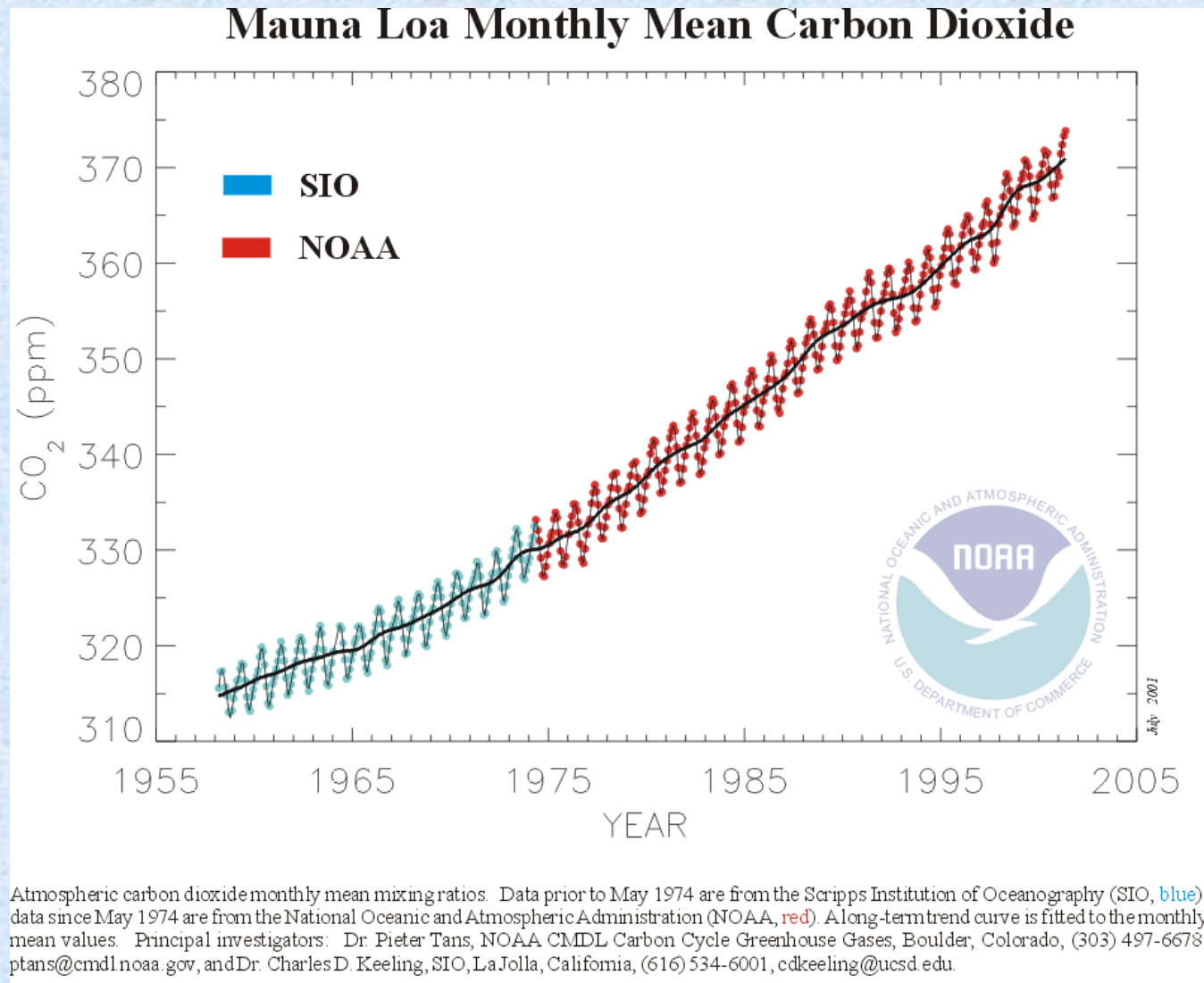
c) chod severní cyklonální situace, podle M. Vysoudil (1990)

Aktuální faktor kolísání klimatu:

antropogenní činnost

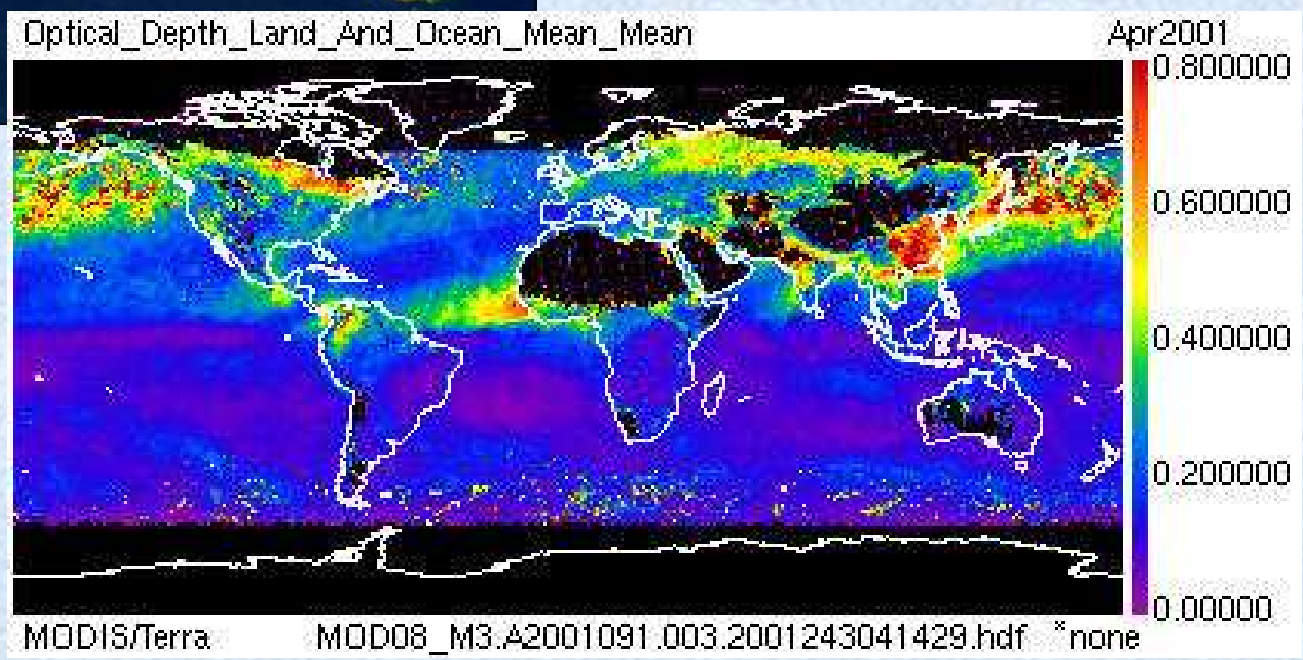
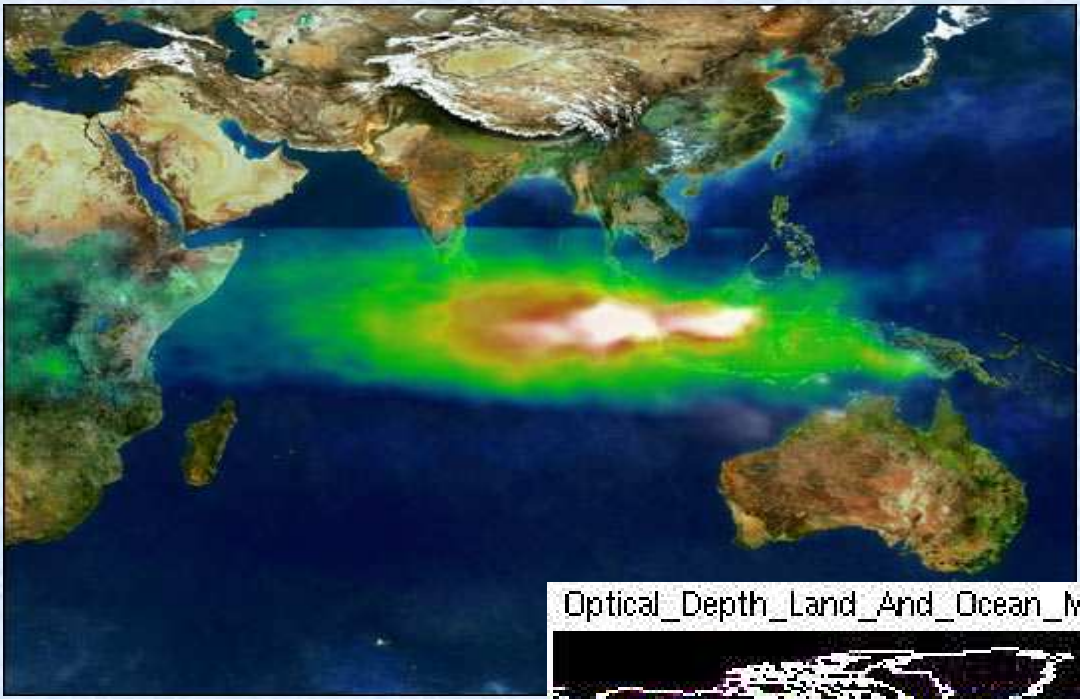


► růst obsahu CO₂ v atmosféře



► růst tepelného znečištění atmosféry

► růst obsahu antropogenních aerosolů



Časoprostorová variabilita meziročního kolísání klimatu

Klima na Zemi v r. 2000

Globální teplota

- ▶ o **0,39 °C vyšší**, než je průměr za období 1880-1999
- ▶ rok 2000 byl **šestý nejteplejší** za období 1880-1999
- ▶ teplota na pevnině byla **0,59 °C nad průměrem**
- ▶ povrchová **teplota světového oceánu vyšší o 0,30 °C.**

Roční anomálie s překročením o 1 °C:

- ▶ mnoho míst Kanady, Skandinávského poloostrova a ve velké části V Evropy a na Balkánu

Globální průměr atmosférických srážek

Rok 2000 byl nadprůměrný o 41,9 mm

Země jako celek: rok 2000 byl třetí nejvlhčí
po dobu záznamů

Ozonová díra

Absolutní minima nad Antarktidou na přelomu 20. st.:

1999 90 DJ (30. 9.)

2000 92 DJ (5. 9.)

2001 94 DJ (29. 9.)

2002 180 DJ (26.10)

2003 91 DJ (26.10.)

2004 116 DJ (30.10.)

2005 102 DJ

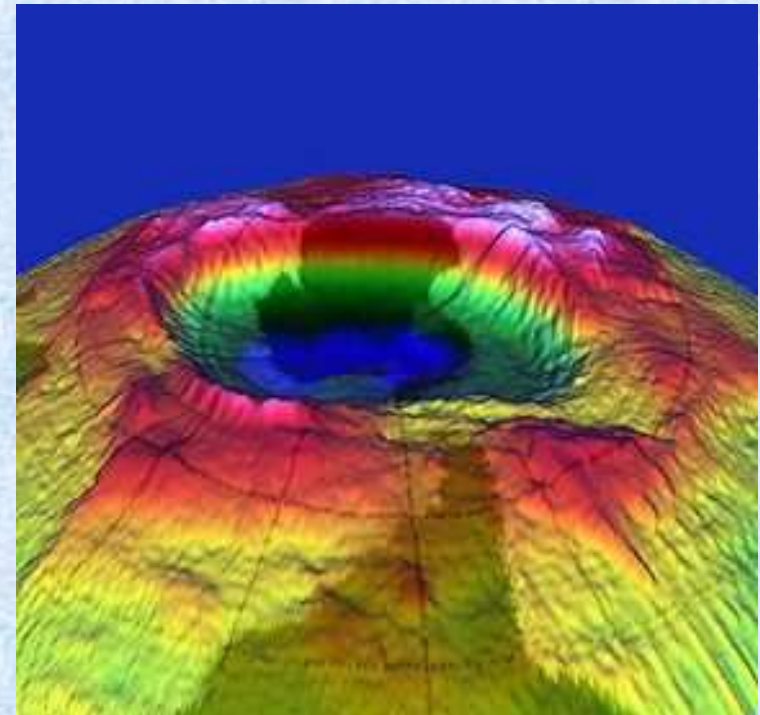
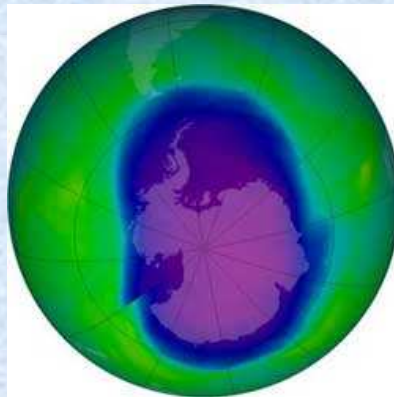
2006 85 DJ (8.10.)

(rekord do rozsahu i úrovně)

2007 106 DJ (30.10.)

2008 100 DJ (4.10.)

2009 94 DJ (26.10.)



Závažné zjištění:

Klimatický systém se může za stávajících vnějších podmínek vyskytovat nejméně ve dvou zcela odlišných stavech.

Při aktuální hodnotě solární konstanty může být Země rovněž zcela pokrytá ledem!!

Globální oteplování



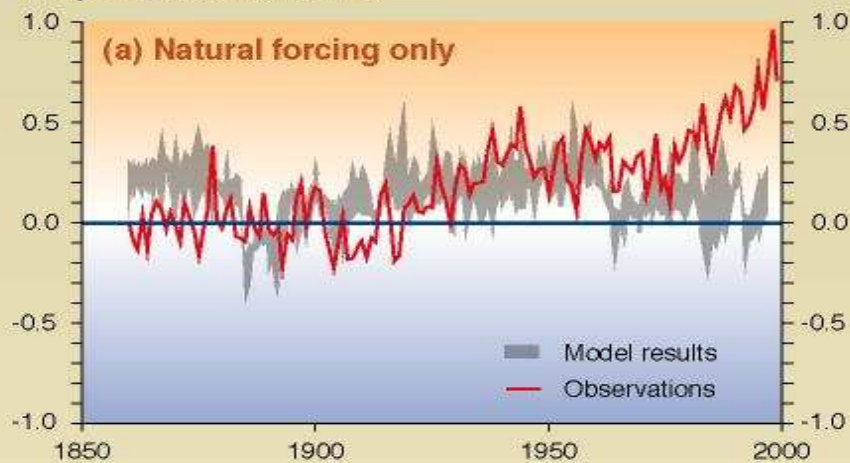
Hlavní příčiny:

- ▶ rostoucí socioekonomická aktivita lidské společnosti (antropogenní činnost)
- ▶ zesilování přirozeného skleníkového efektu

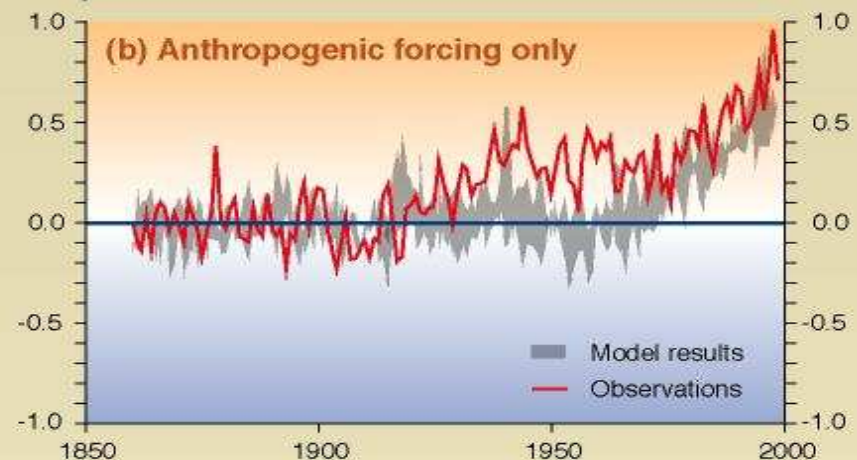
Prokázané oteplování v posledních 150 letech je způsobeno činností člověka

Comparison between model and observations of the temperature rise since 1860

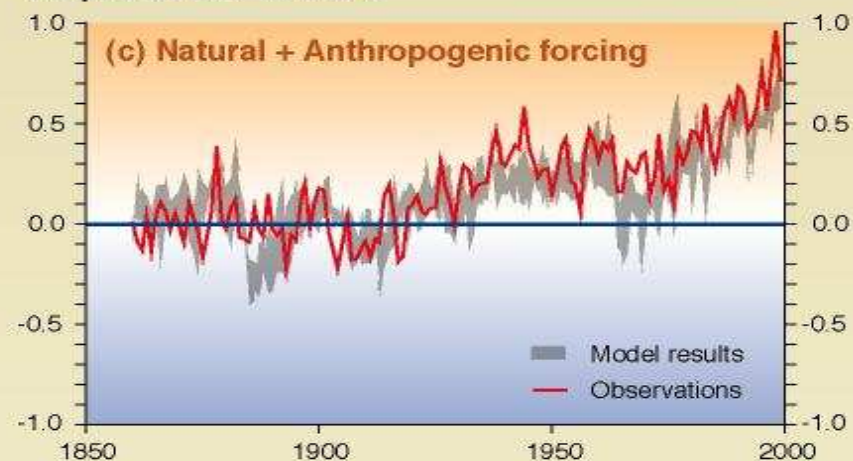
Temperature anomalies in °C



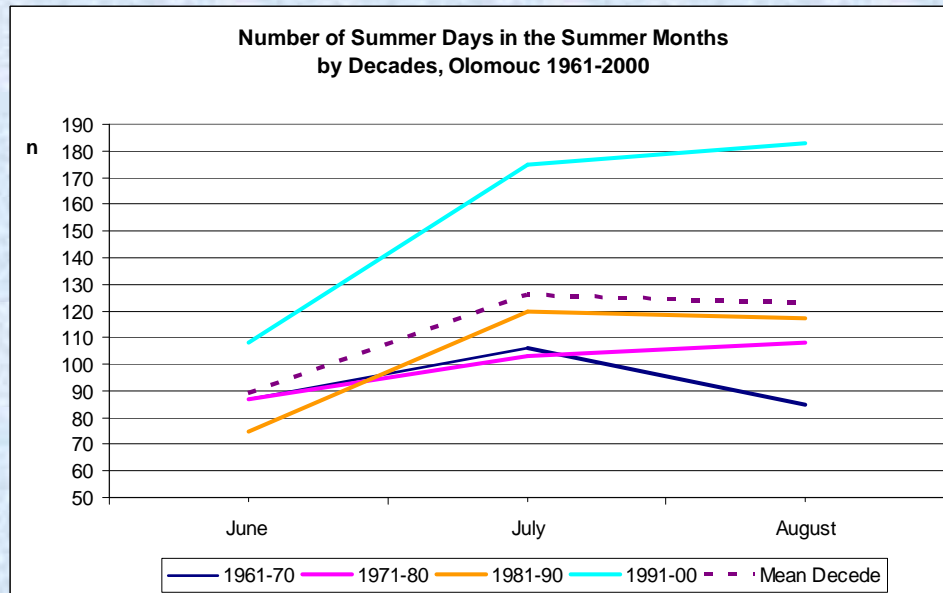
Temperature anomalies in °C



Temperature anomalies in °C

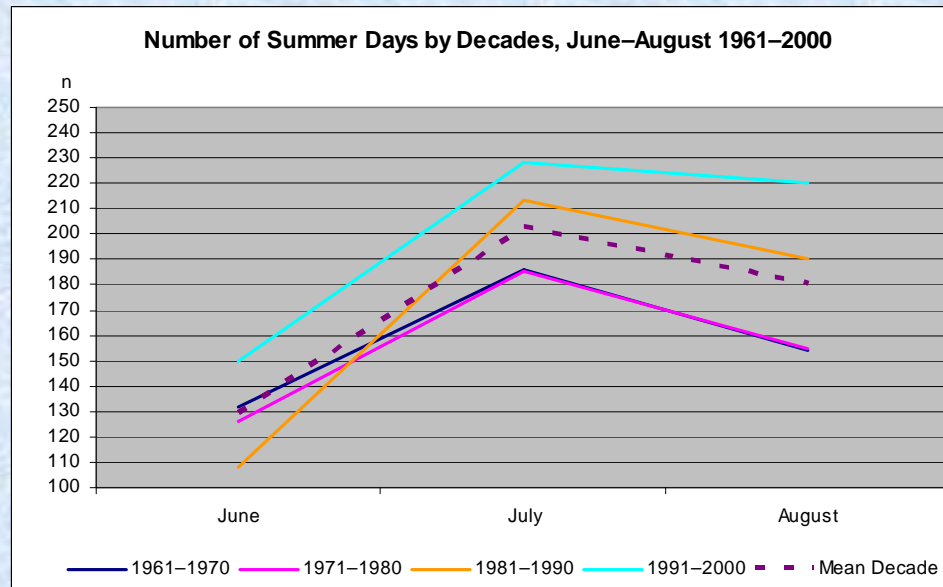


Výskyt letních dnů (max. denní teplota ≥ 25 °C) v letních měsících



OLOMOUC

Nadprůměrný výskyt ve všech
letních měsících jen v dekádě
1991-2000!!



LJUBLJANA

Nadprůměrný výskyt ve
všech letních měsících v
dekádě **1991-2000** a také
v červenci a srpnu
dekády **1981-1990!!**

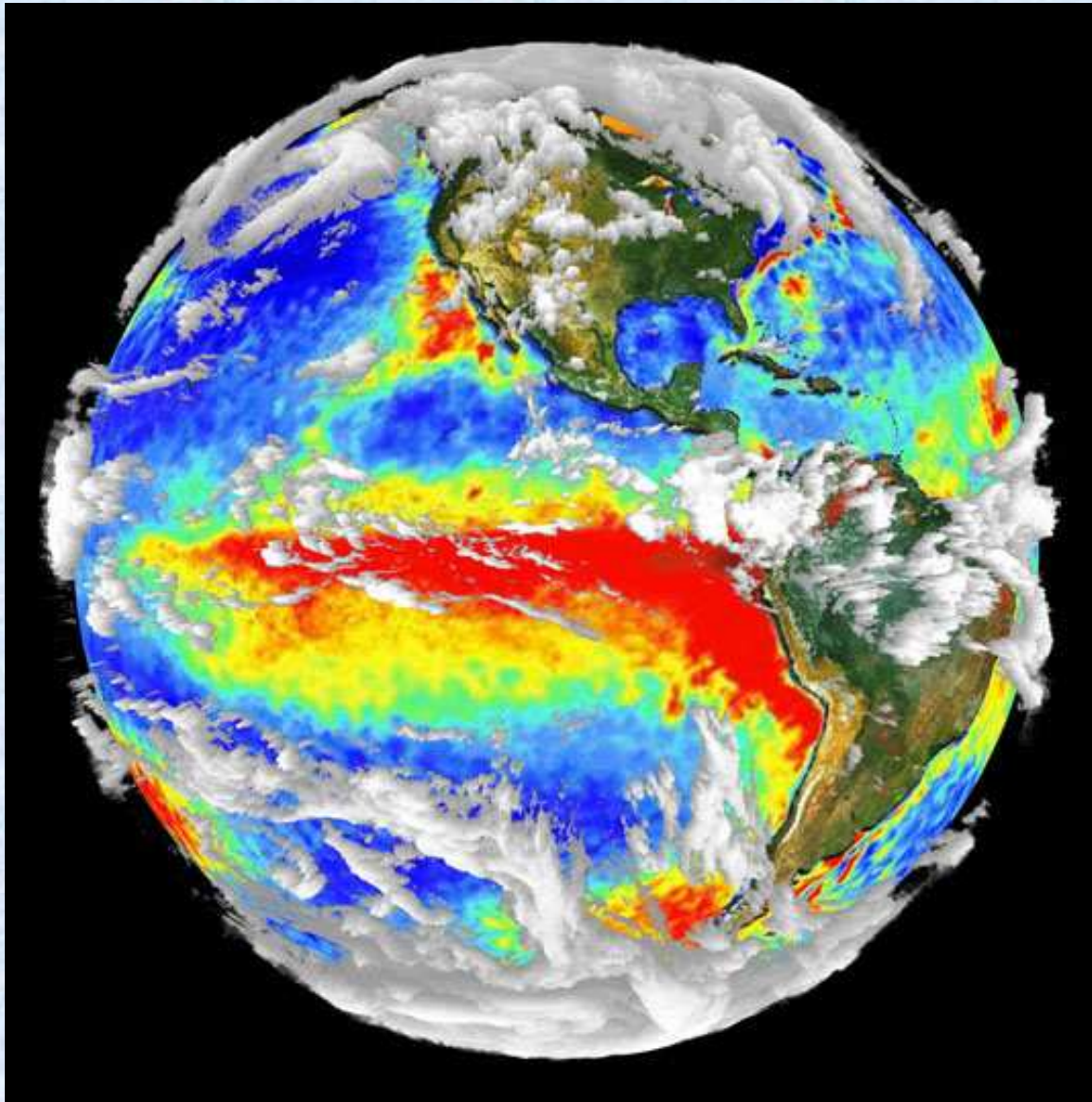
STUDIUM A DOPADY GLOBÁLNÍHO OTEPLOVÁNÍ

Nejefektivnější prostředek pro studium
globálních změn životního prostředí včetně
klimatu:
dálkový průzkum Země.



Proč?

Současné zobrazení několika geosfér:
atmosféra, hydrosféra, biosféra, litosféra



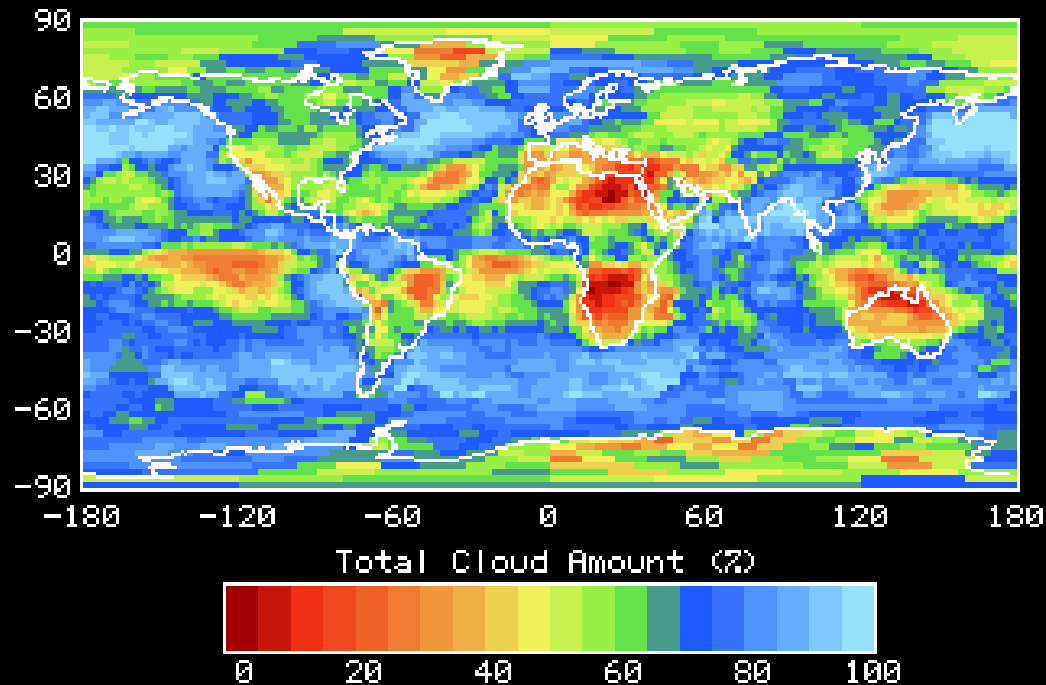
vizualizace
El Niño 1997-98

- teplotní anomálie
povrchu oceánu
- požáry v J. Americe
- vertikální struktura
oblačnosti

International Satellite Cloud Climatology Project (ISCCP)



ISCCP-D2 Monthly Mean for June 1991

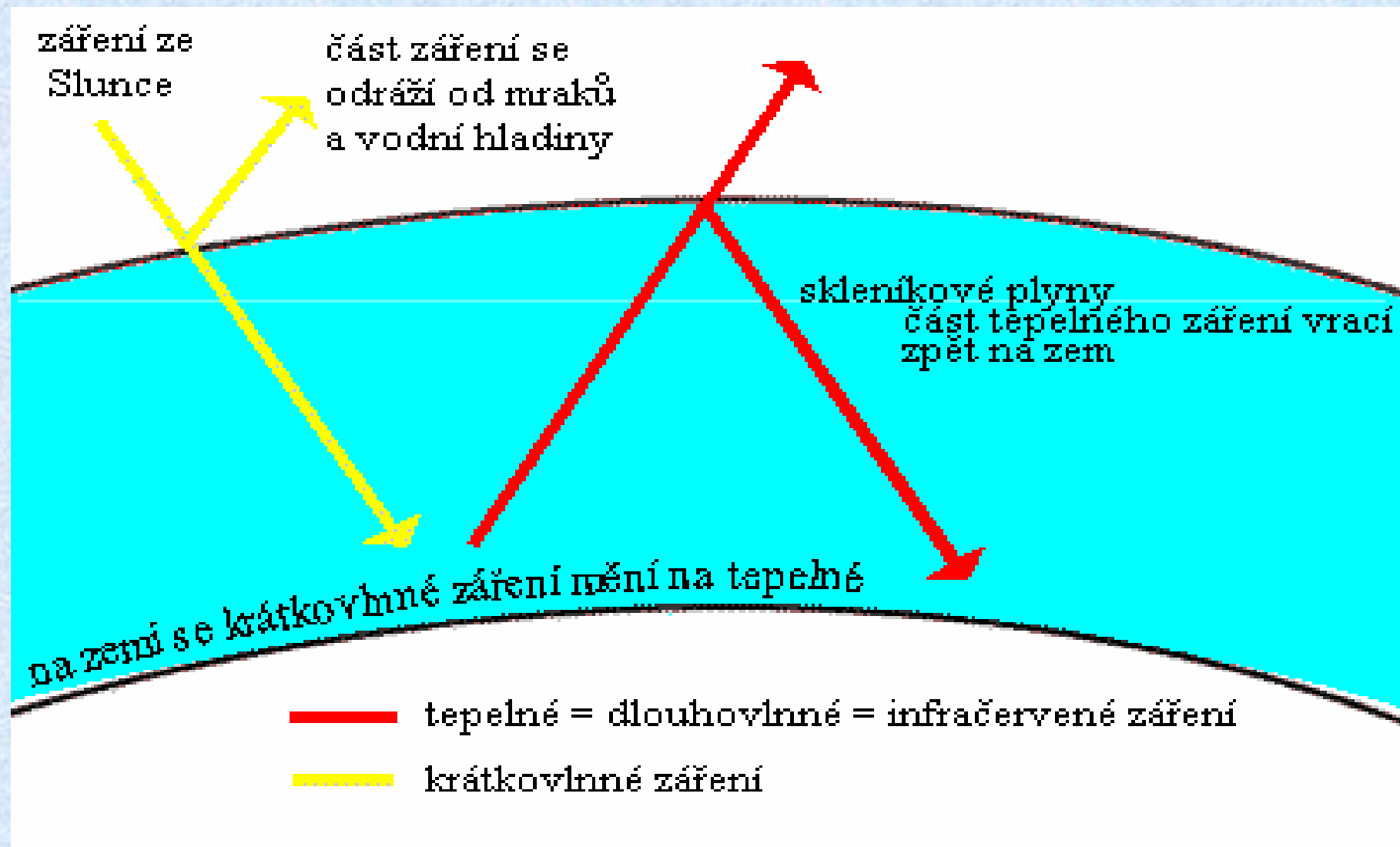


Radiační účinky oblačnosti

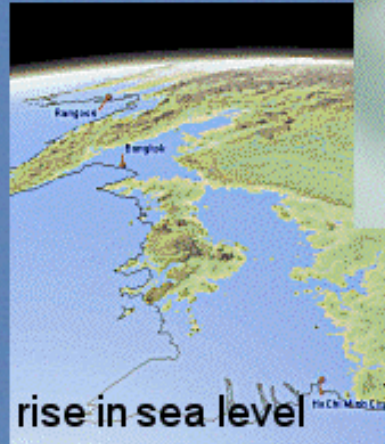


Skleníkový efekt atmosféry

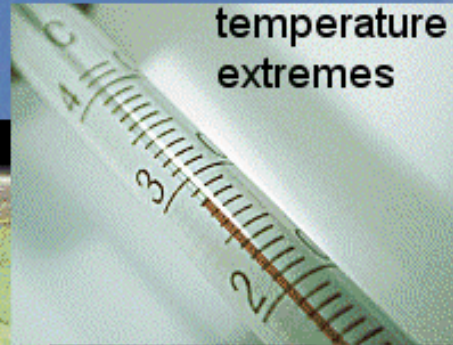
Atmosféra se chová jako sklo ve skleníku:
propouští KV sluneční záření k zemskému povrchu, a
současně pohlcuje DV záření vyzařované zemským povrchem .



DOPADY



rise in sea level



temperature extremes



extreme weather



biodiversity



disease



starvation



water



coastal areas

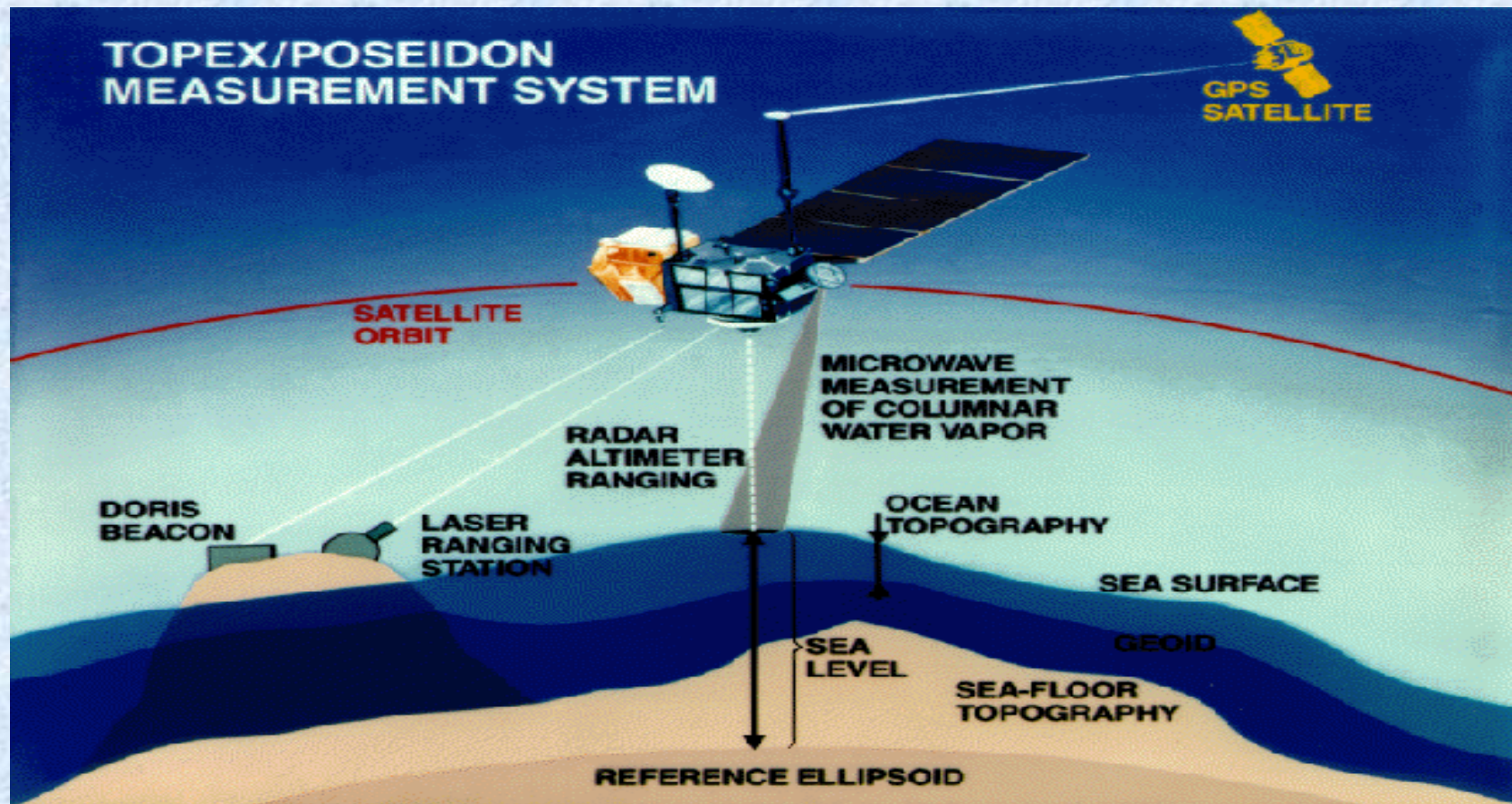
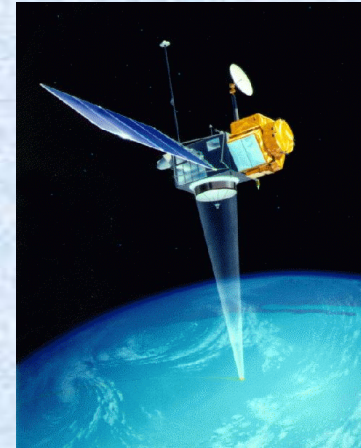
I. Dopady na světový oceán- zvyšování hladiny oceánů

Důsledek těchto faktorů:

- ▶ růst průměrné globální teploty
- ▶ tání ledovců
- ▶ tepelná roztažitelnosti oceánské vody
- ▶ daná kapacita oceánského bazénu

TOPEX/Poseidon 1992/2005
Jason 2001-

(Francie a USA, Japonsko)



25 JUN 97

20 SEP 97

10 NOV 97

8 Jan 98

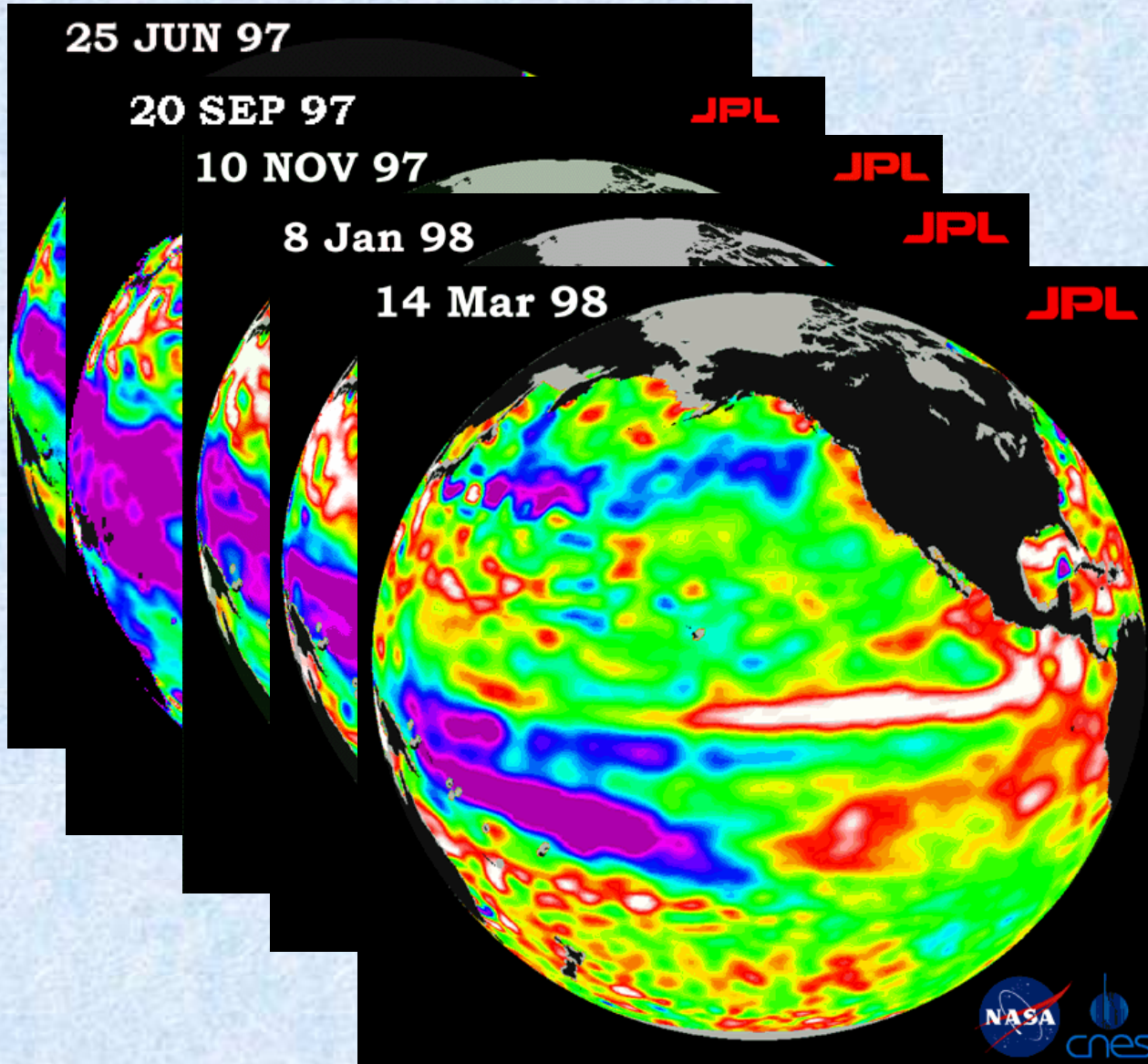
14 Mar 98

JPL

JPL

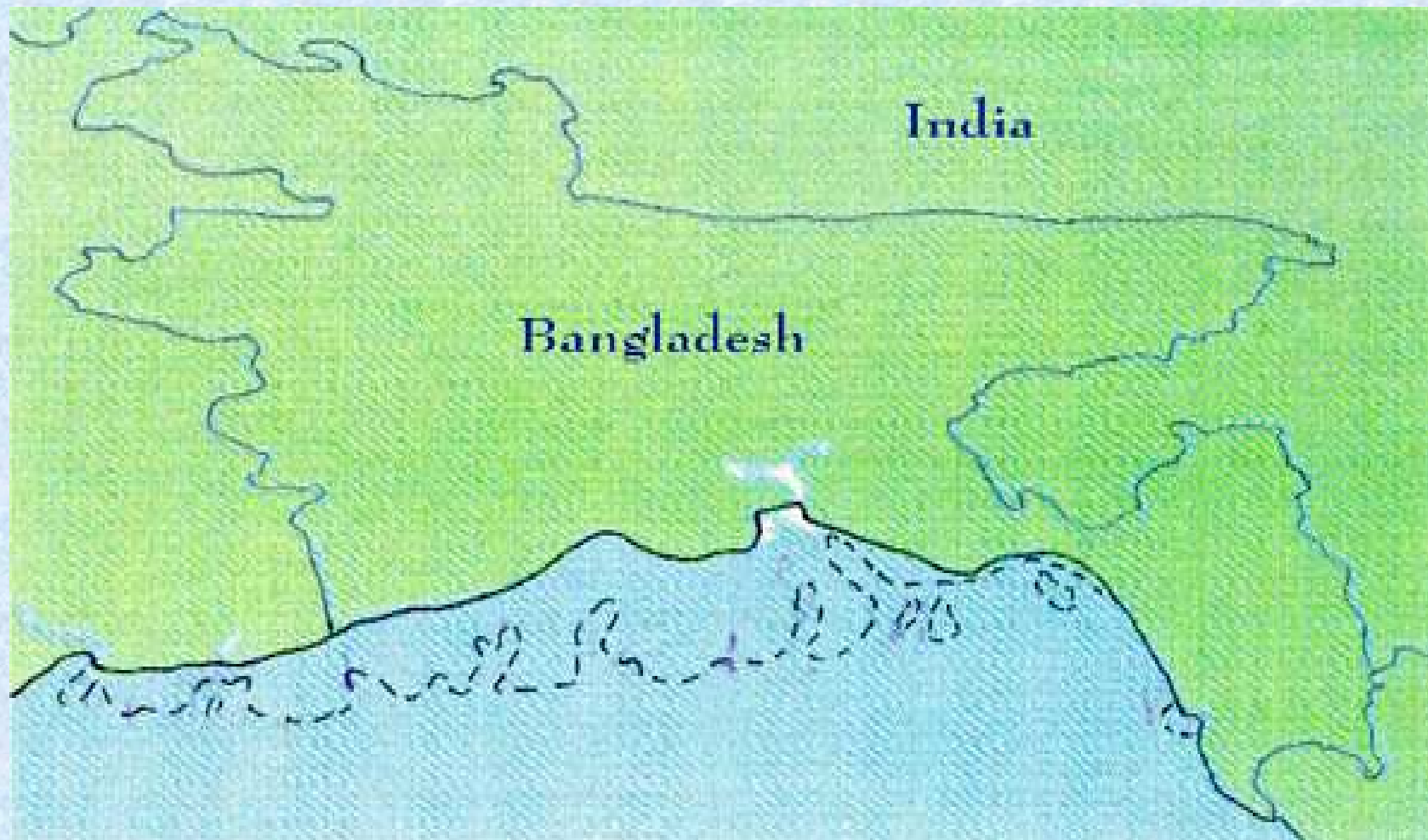
JPL

JPL



Projevy globálního oteplování

- ▶ zvyšováním hladiny oceánů s dopadem na pobřežní oblasti



Zvýšení hladiny oceánu o 1 m ztratí např. Bangladéš 17 % území

EVROPA: možné zvýšení průměrné výšky hladiny světového oceánu do konce 21. století až o **100 cm!**



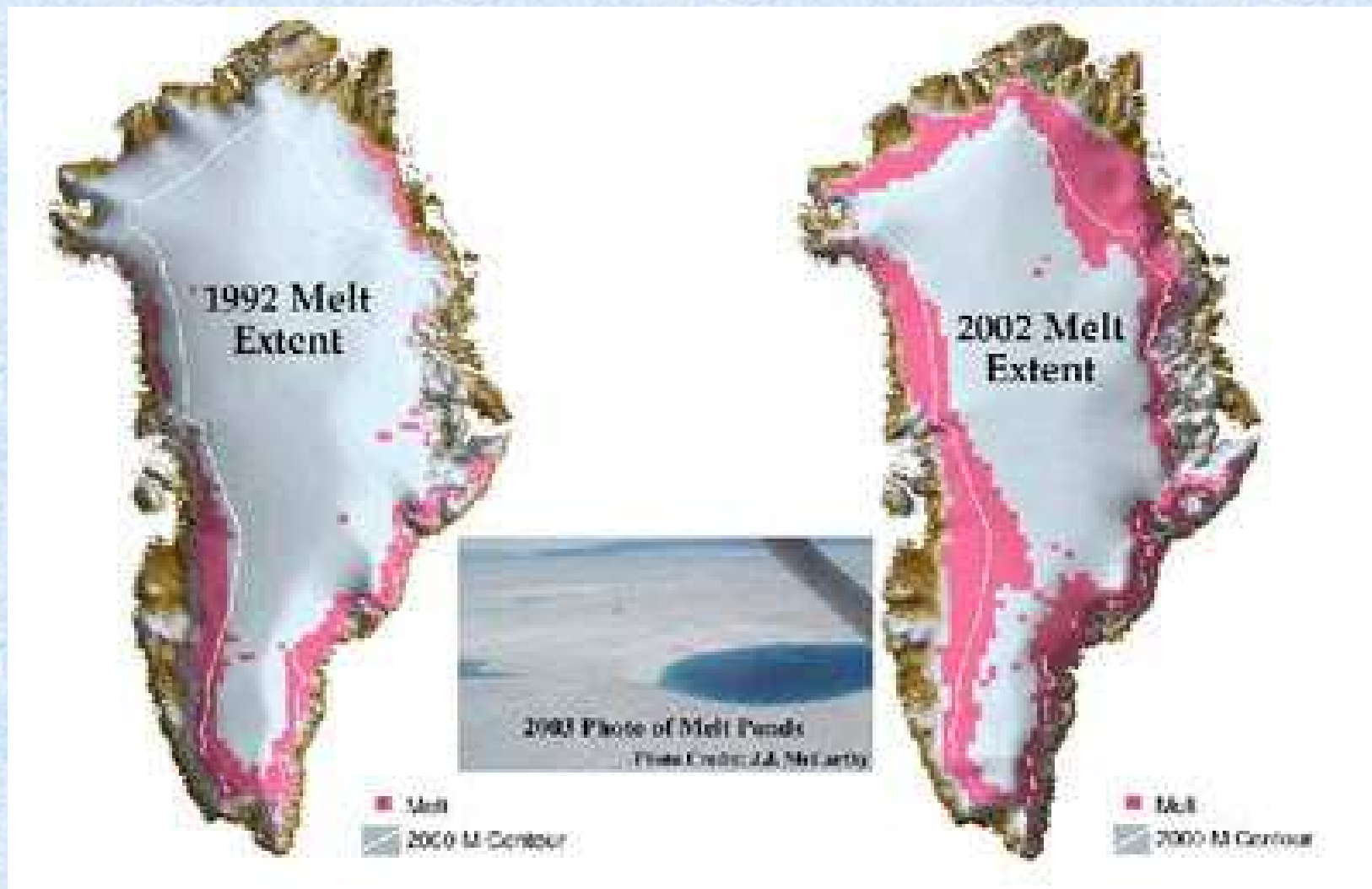
II. Dopady na kryosféru

Změny v pokrytí sněhem a ledem ovlivňují:

- ▶ teplotu vzduchu,
- ▶ úroveň hladiny oceánu,
- ▶ oceánské proudy

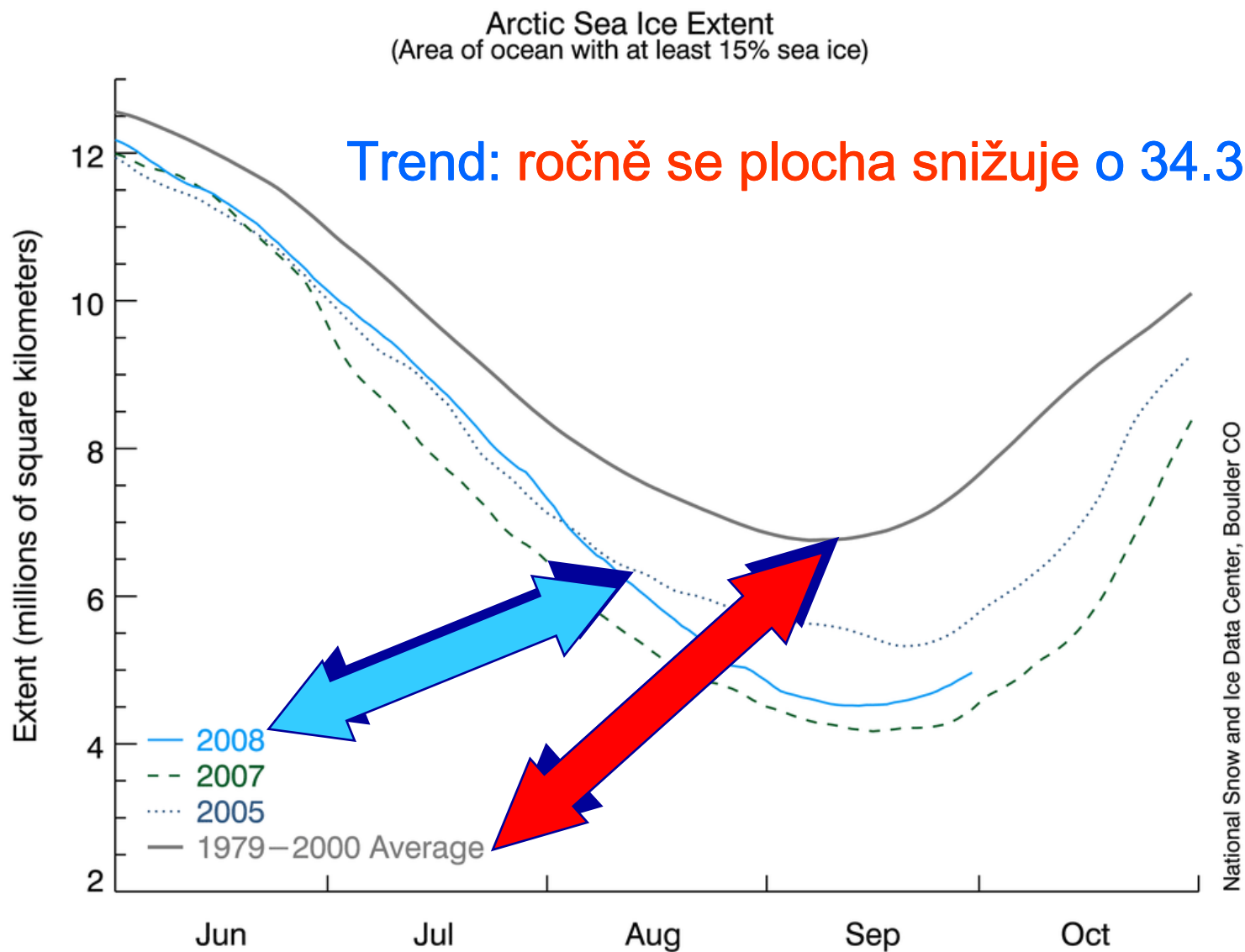
Sníh a led pomáhají vzhledem ke svému vysokému albedu udržovat Zemi chladnou.

Globální oteplování je nejvýraznější v polárních oblastech, zejména v Arktidě.



Grónský ledovec taje desetinásobně rychleji.

Rozšíření mořského ledu na severní polokouli



Šelfové ledovce

Mocné platformy ledu spojené s pevninou:

- ▶ zasahují do oceánu a současně plují na jeho hladině



- ▶ objem ztrácejí při procesu telení ledovců a vlastním táním

Od r. 1974 projevuje odlamováním extrémně velkých ledových ke 7 největších má celkovou plochu 13.500 km²

Plují na hladině oceánu:

- ▶ hladinu oceánů **nezvyšují**

Zpráva z tisku: 23. 11. 2005 16:18

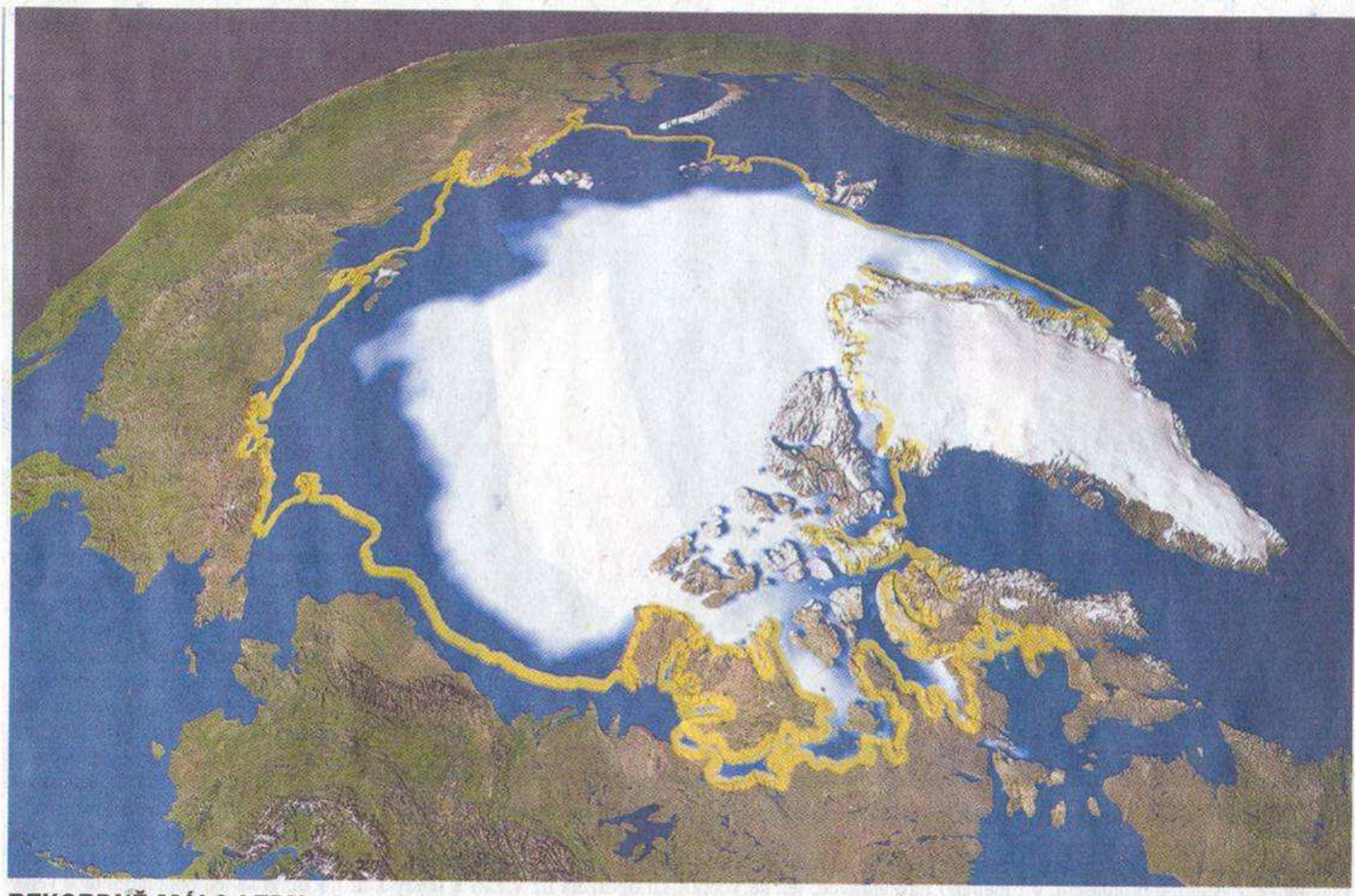
„Antarktida přišla o největší plující ledovec světa.

Obrovská kra, kterou vědci nazývali B-15A,
se u mysu Adare rozpadla na devět kusů.

Informovala o tom ESA, jejíž družice Envisat událost zaznamenala“.



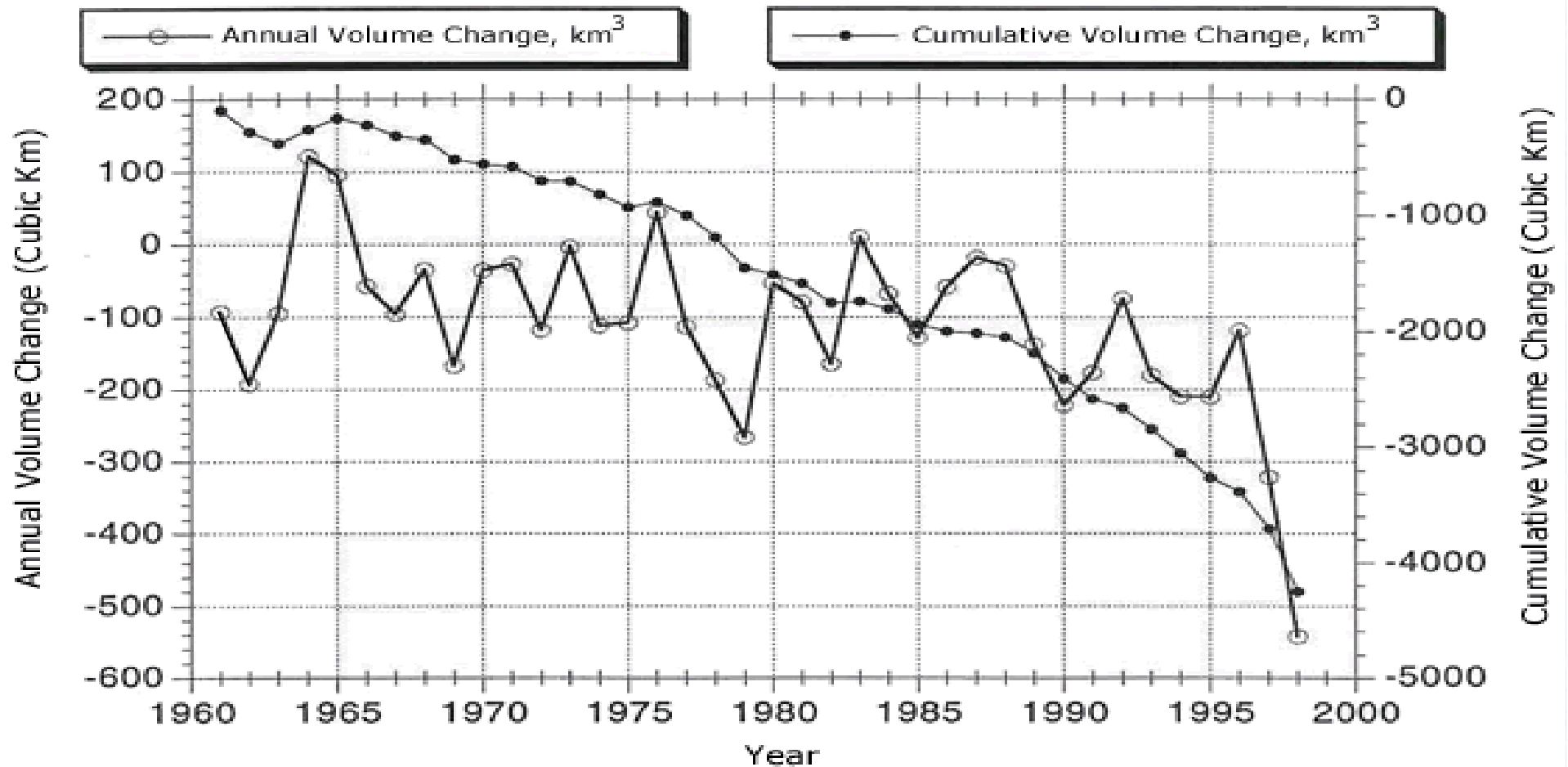
Ledový pokryv v Arktidě, září 2005



průměrné rozšíření pokryvu 1979-2004

Horské ledovce v Evropě, Severní Americe a bývalém SSSR celkově a dlouhodobě ztrácejí na svém objemu.

Global Glacier Mass Balance (Volume Change)



Ústup ledovce MUIR (Aljaška, USA)



Rakousko, Vysoké Taury, ledovec Pasterze





Warm Period · Période de réchauffement · Periodo temperato



12.05.2006

Klimaveränderung während der Nacheiszeit
Climatic change during the post ice Age
Changement climatique pendant la période post-glaciaire
Cambiamento climatico durante la fase successiva al periodo glaciale

III. Šíření infekčních nemocí

Růst globální teploty ovlivňuje **šíření infekčních nemocí**

Tato skutečnost není mezi obyvatelstvem až tak dobře známa.

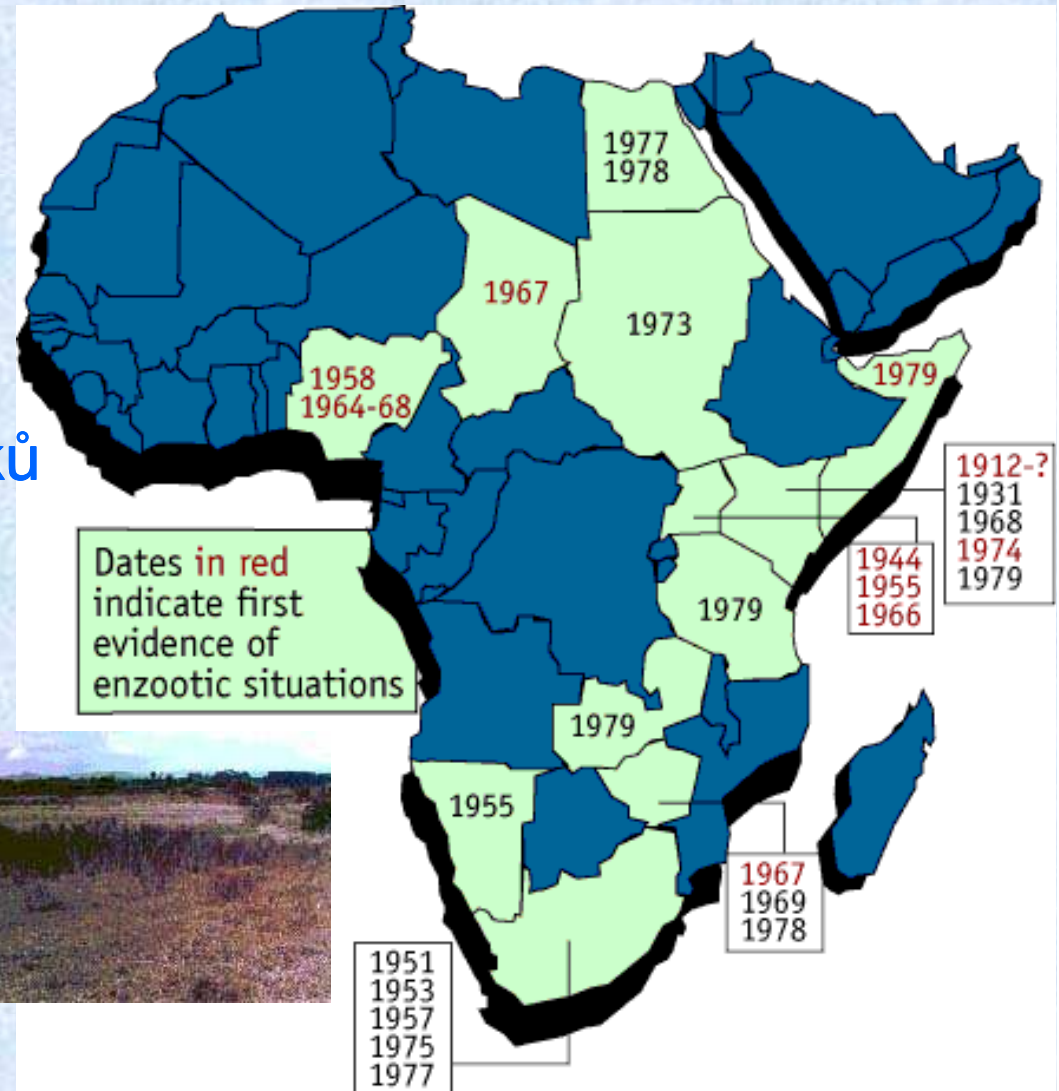
- + snížení zimní úmrtnosti ve středních a vysokých zeměpisných šířkách
- + snížení onemocnění mozkovou encefalitidou
- zvýšení úmrtnosti na tepelný stres
- zvýšené riziko šíření infekčních chorob vzduchem (malárie) a vodou (cholera) v tropech a subtropích

NEMOC	PŘENAŠE Č	POČET OHROŽENÝ CH (MIL.)	POČET INFIKOVANÝ CH ZA ROK (mil.)	GEOGRAF. ROZŠÍŘENÍ	PRAVDĚPOD. ZMĚN VLIVEM KLIMATICKÝCH ZMĚN
malárie	moskyt	2400	300-500	tropy, subtropy	vysoká pravděpodobnos t
schistosomi asis	vodní hlemýžd'	600	200	tropy, subtropy	velmi pravděpodobné
lymská onemocnění	moskyt	1094	117	tropy, subtropy	pravděpodobné
spavá nemoc	moucha tse-tse	55	0,250-0,300	tropická Afrika	pravděpodobné
Onchocerci asis	černá moucha	123	17,5	Afrika, Latinská Amerika	velmi pravděpodobné
horečka dengue	moskyt	2500	50	tropy, subtropy	velmi pravděpodobné
zimnice	moskyt	450	<0,005	tropická J. Amerika a Afrika	velmi pravděpodobné

Rift Valley Fever

Dambo

mělká deprese,
často v blízkosti vodních toků



Enzootic (Epizootic)

Propuknutí nemoci, která se šíří rychle mezi zvířaty obvykle v jedné geografické oblasti.

Jejich výskyt může způsobit mezi lidmi epidemii.

Jak rychle se mohou viry šířit z jedné části světa na druhou?

Všechna světová města jsou letecky v dosahu **24 h**.

Realita: Při propuknutí v jednom z těchto měst může být šířena během dne infikovanými pasažéry.

Minimální letový čas z Nairobi (Keňa) do světových velkoměst:

Bombay	5 h 55 min
--------	------------

Los Angeles	19 h 40 min
-------------	-------------

Sydney	16 h 55 min
--------	-------------

Rio de Janeiro	20 h 50 min
----------------	-------------

Hong Kong	14 h 30 min
-----------	-------------

Mexico City	20 h 20 min
-------------	-------------

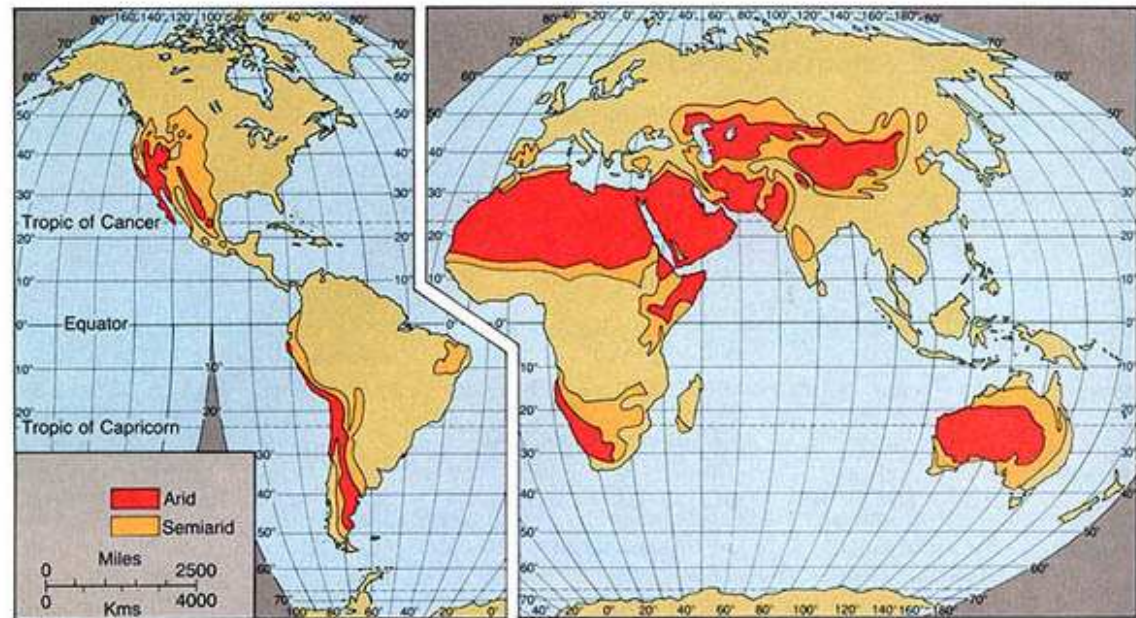
Rome	19 h 15 min
------	-------------

New York City	16 h 30 min
---------------	-------------

► ubývání vodních zdrojů



Figure 24 Arid and semi-arid regions of the world
(Reproduced by permission of the publisher)

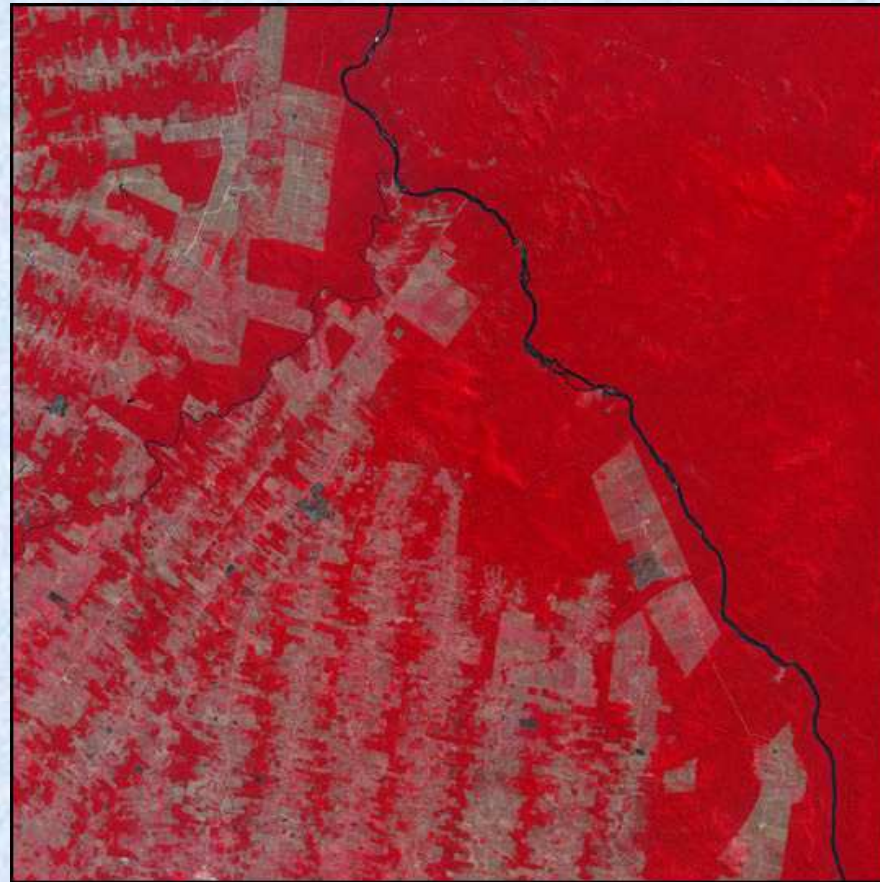


Arid (desert) and semiarid (steppe) regions cover about 30% of the earth's land area. These dry (B) climates constitute the single largest climatic group.

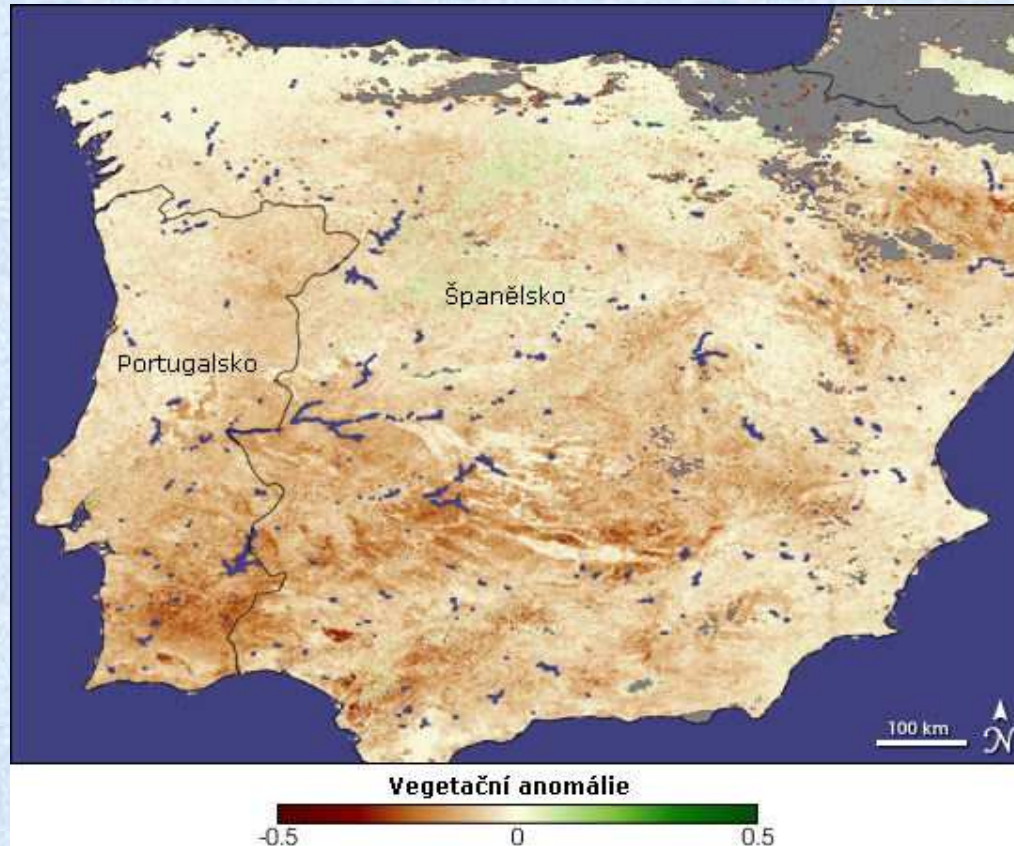
- ▶ rostoucí dezertifikace, (rozšiřování pouští) v důsledku zvyšující se zemědělské výroby

Snímek z r. 2000 ukazuje odlesnění v brazilském státě Rondonia. Tropické deštné lesy jsou červené a odlesněné plochy světle šedé.

Amazonská pánev je největším územím tropických deštných lesů na světě (asi 31 % celkové plochy). Monitoring celkového odlesnění zde poskytuje rozhodující informace o Zemi jako o systému stejně jako o interakci vegetačního krytu s atmosférou, půdou a vodou v mnoha směrech.



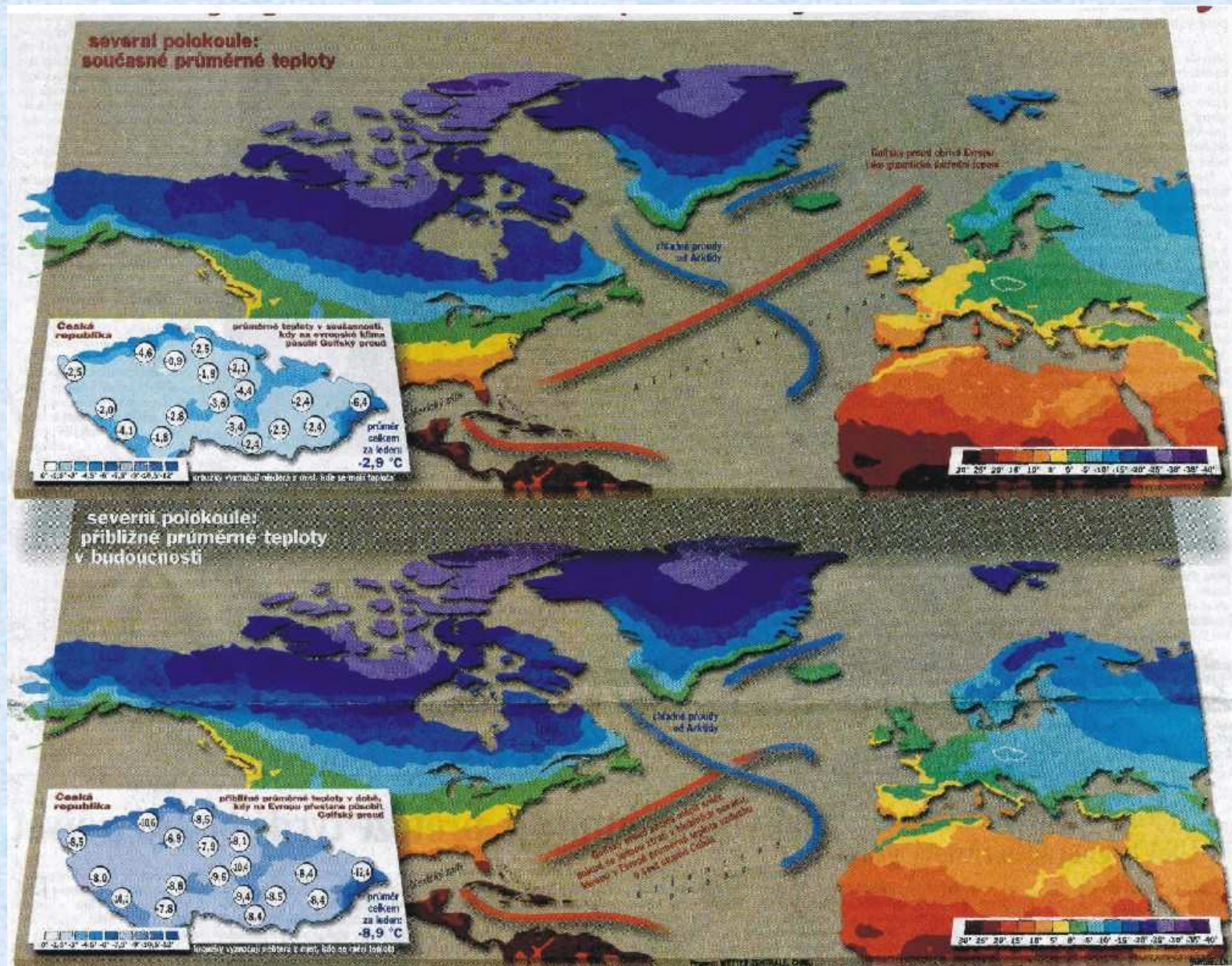
► biodiverzita a ekosystémy,



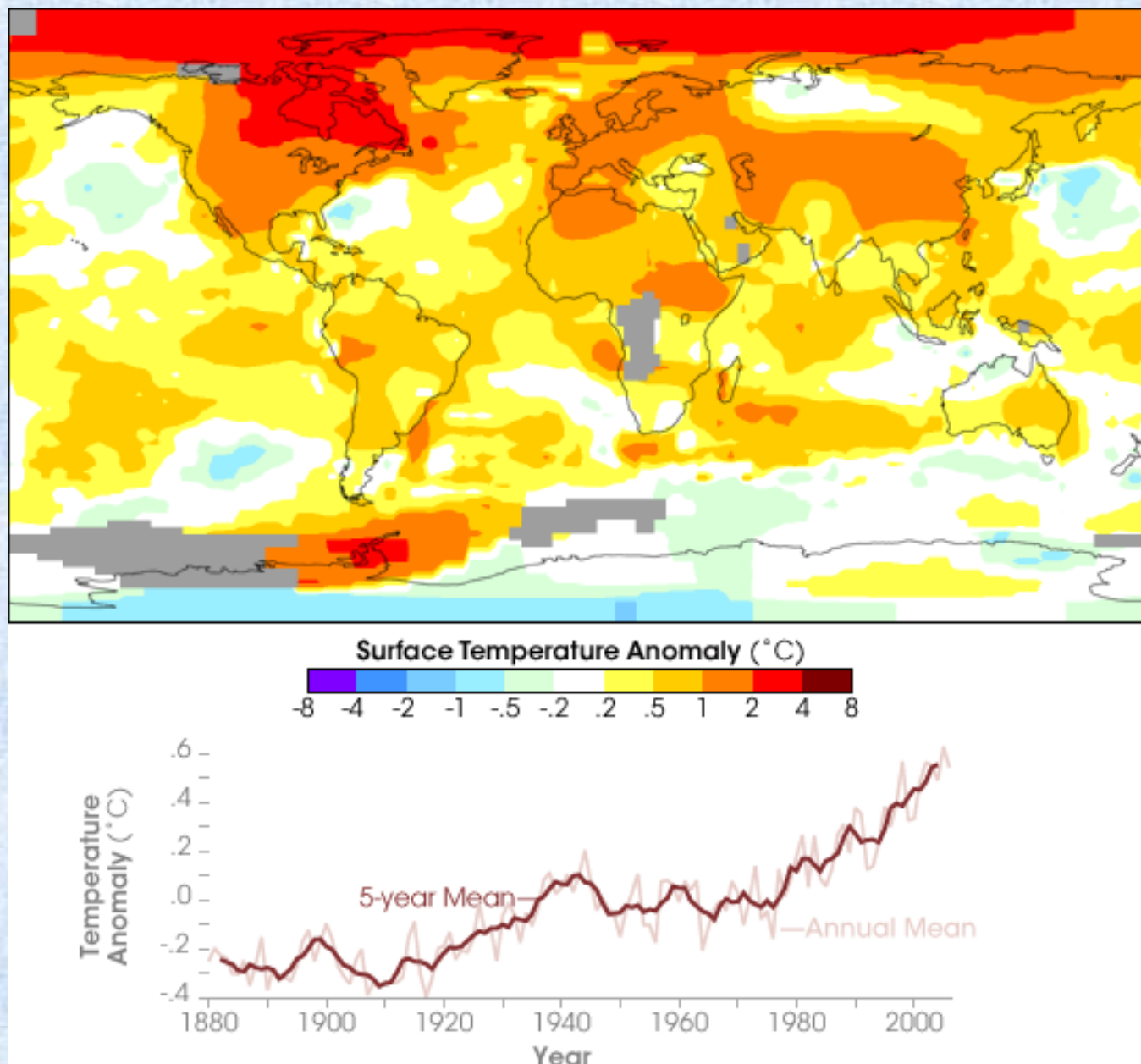
Posuny ve fenologických fázích:

(dřívější rozmnožování, dřívější návrat stěhovavých ptáků, dřívější rašení a kvetení rostlin, změny tradičních lovišť a s tím spojené narušení potravinového řetězce atd.)

Slábnutí Gofského proudu



Rok 2006 byl 5. nejteplejší po dobu přístrojových pozorování



Země v roce 2000

2000 rok 2300

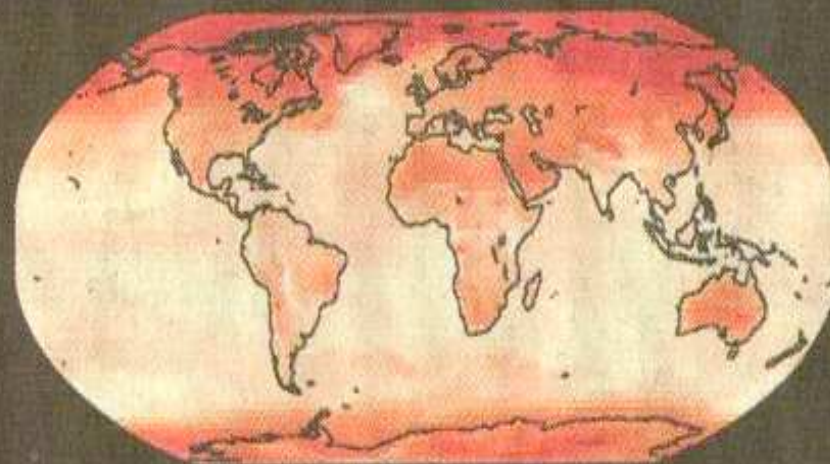


stupně Celsia



Země v roce 2300

2000 rok 2300

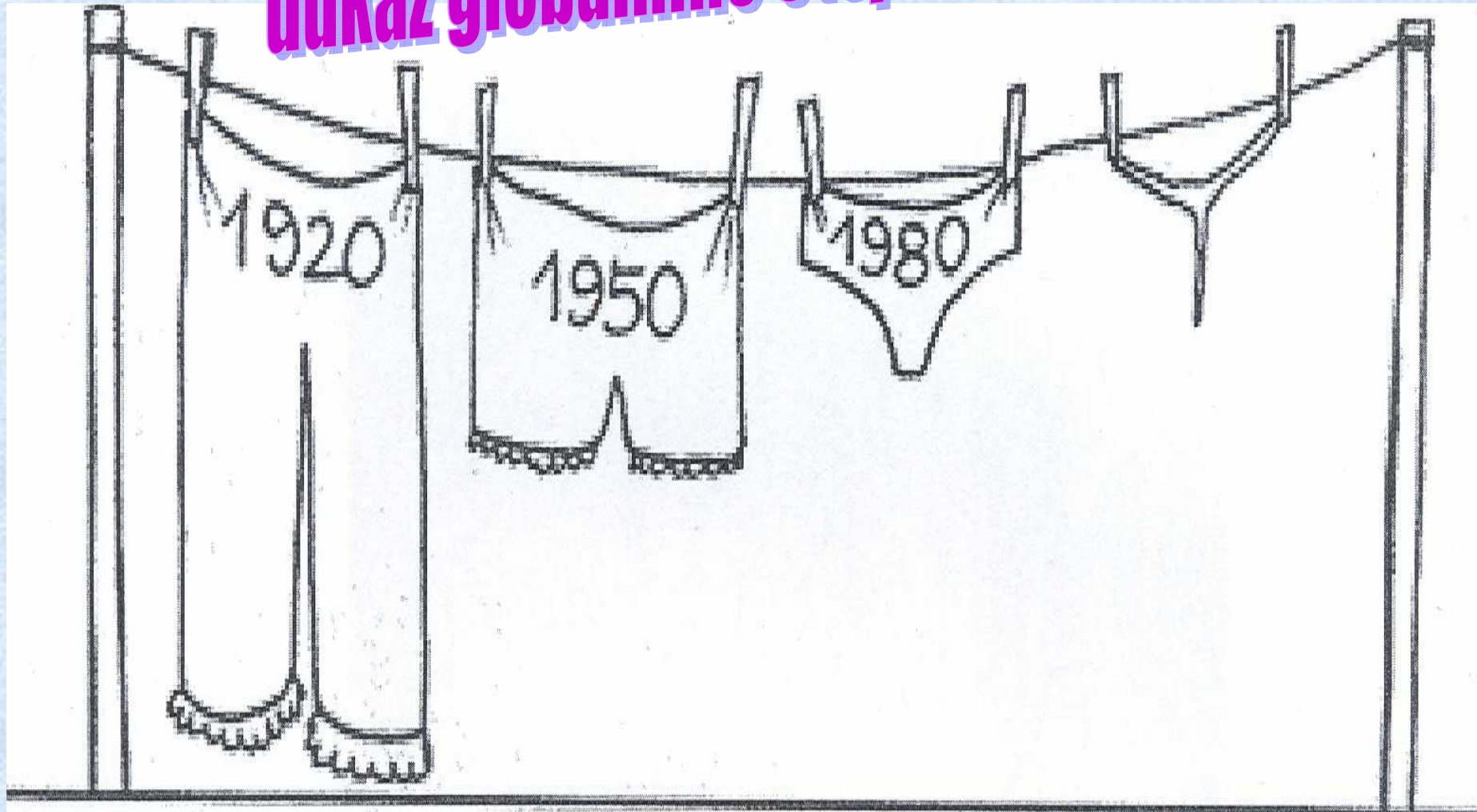


stupně Celsia



Foto: LLN

**Zdá se, že se vědcům konečně podařilo najít
důkaz globálního oteplování...**



Klimatické extrémny

Současné technologie umožňují:

- ▣ velmi přesnou registraci,
- ▣ sledování a
- ▣ vyhodnocení individuálních jevů a událostí.

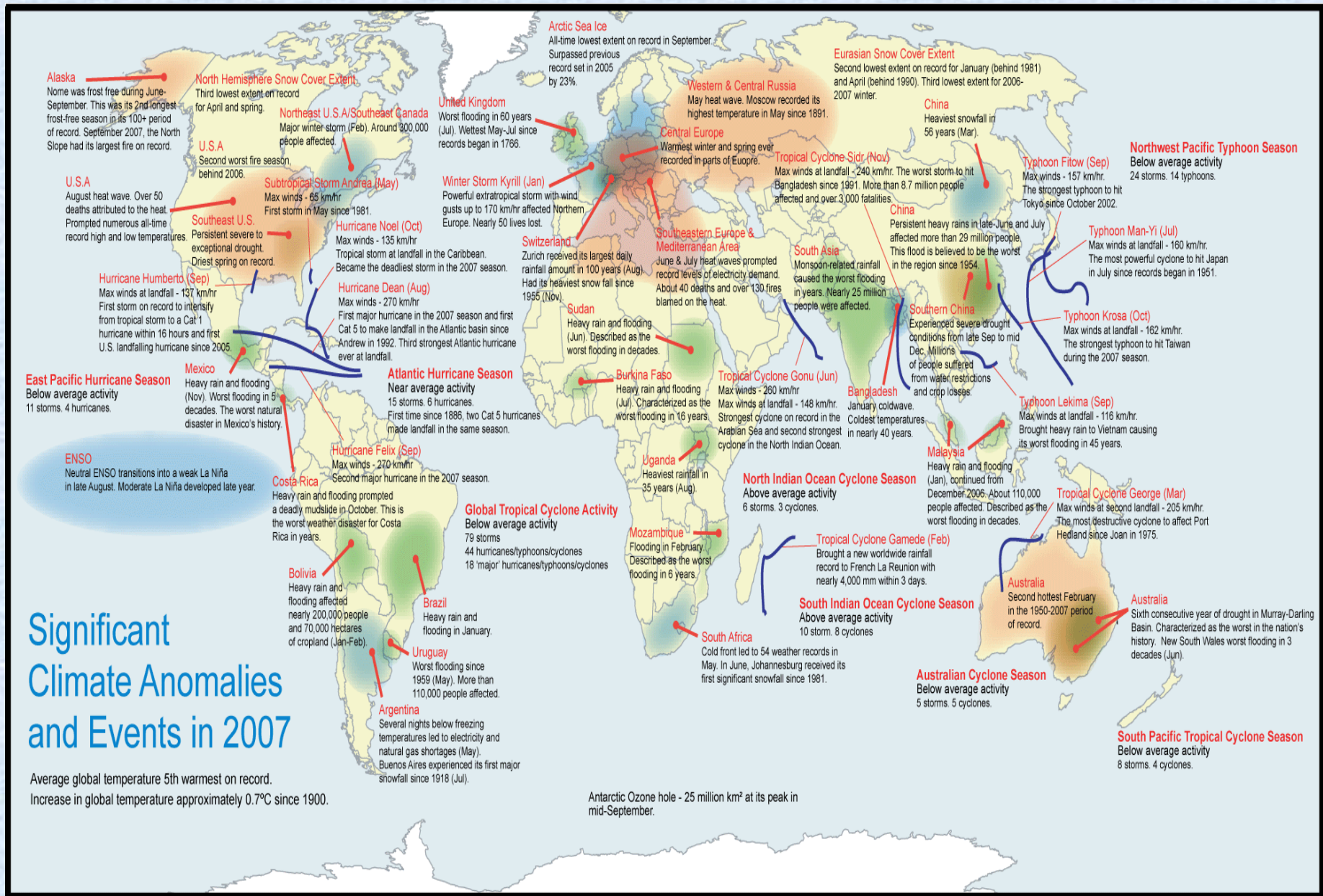
Důsledky extrémních jevů:

- ▣ ohrožení i ztráty životů tisíců lidí
- ▣ národní ekonomické ztráty v miliardách US \$

Globální klimatické/meteorologické události 20. století

*sucha v Asii (Indie 1900, 1907, 1965-67; Čína 1907, 1928-30, 1936, 1941-
bývalý Sovětský svaz 1921-22),
sucha v Sahelu, Afrika 1910-1914, 1940-44, 1970-85,
tajfuny v Číně, 1912, 1922
záplavy na řece Jang c' tiang, Čína, 1931,
silný smog v Londýně, Anglie, 1952,
příbojové bouře v Evropě, 1953,
záplavy v Iránu, 1954,
tajfun Vera, Japonsko, 1958,
cyklona v Bangladeši, 1970,
záplavy v severním Vietnamu, 1971,
blizzard v Iránu, 1972,
cyklona v Bangladeši, 1991,
tajfun Thelma, Filipíny, 1991,
hurikán Mitch, Honduras a Nikaragua, 1998,
El Niño, 1982-83.*

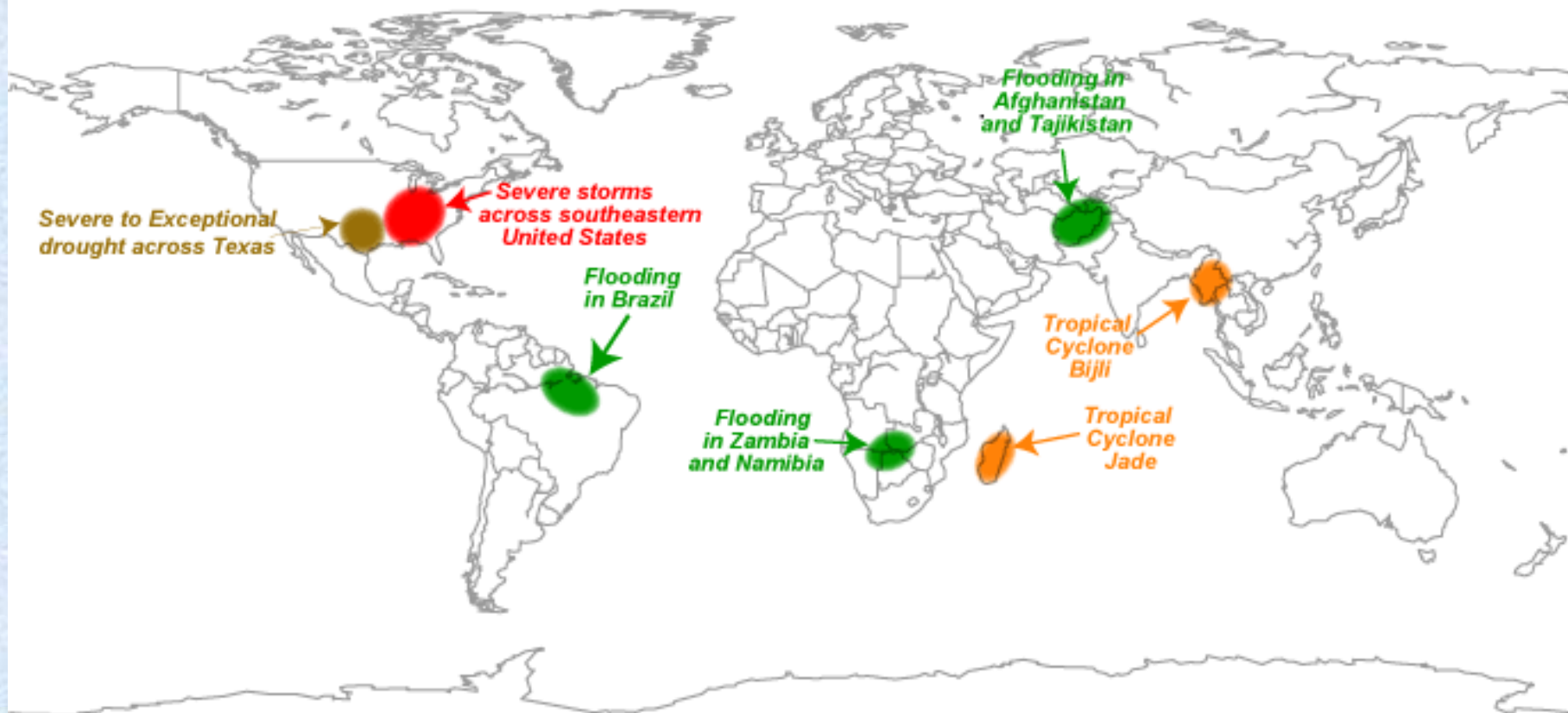
Klimatické anomálie a meteorologické události 2008



Extrémny počasí na Zemi v dubnu 2009



Selected Global Significant Events April 2009



El - Niño

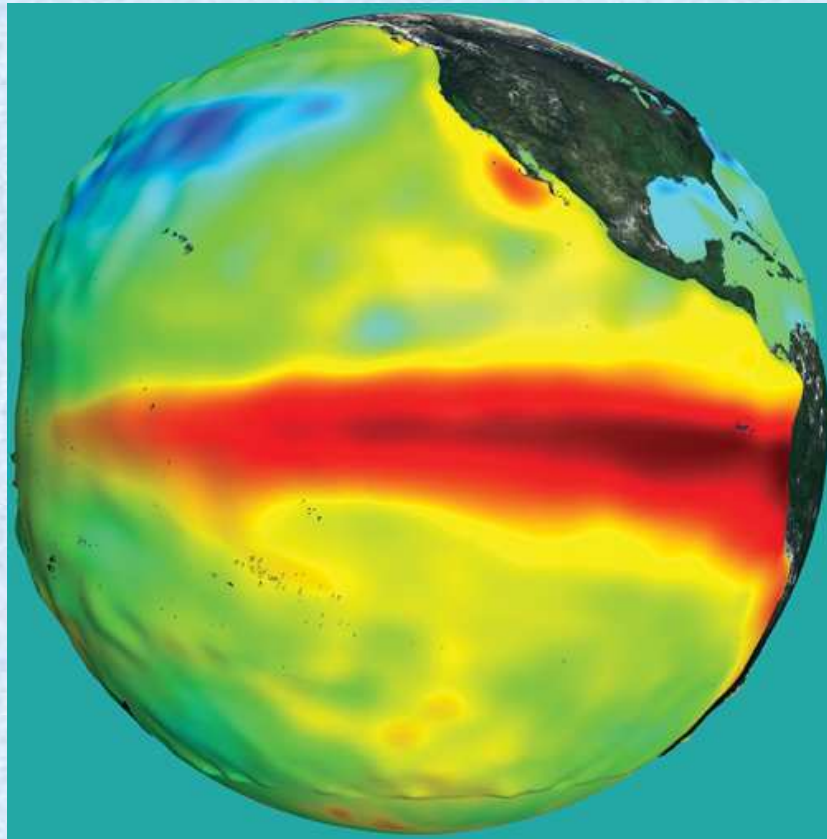


La - Niña

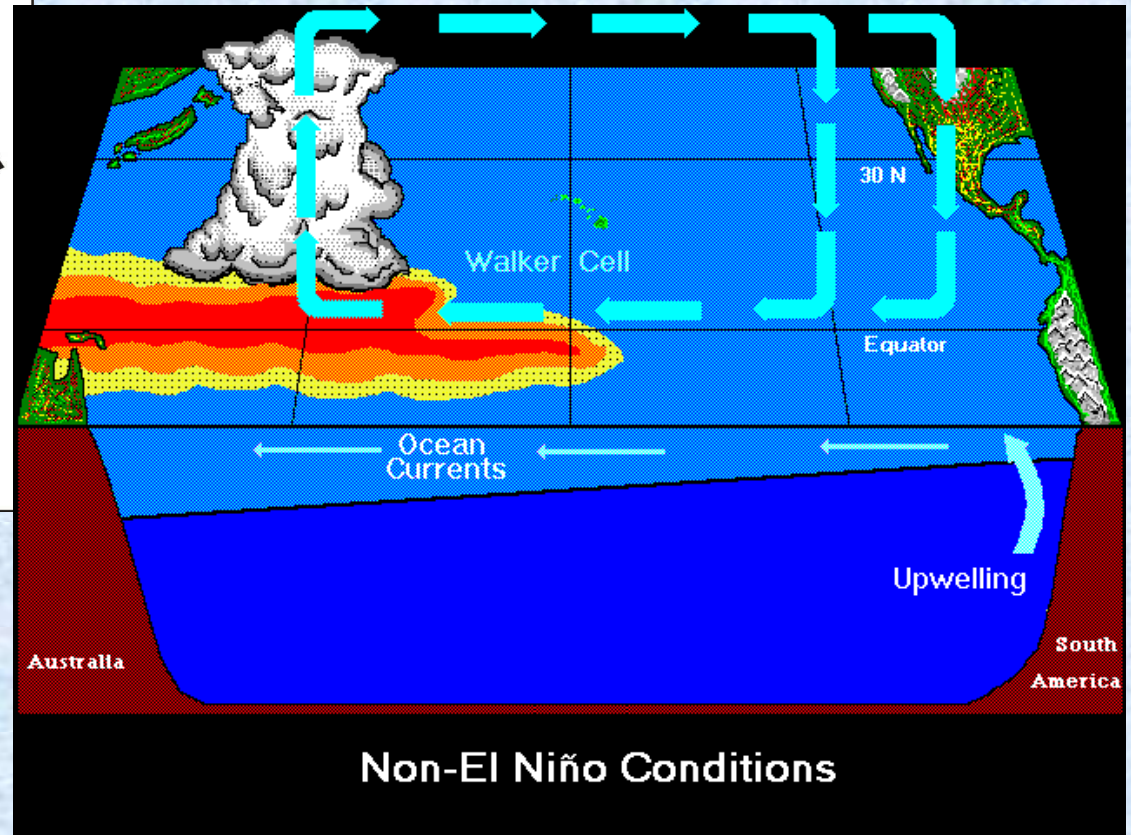
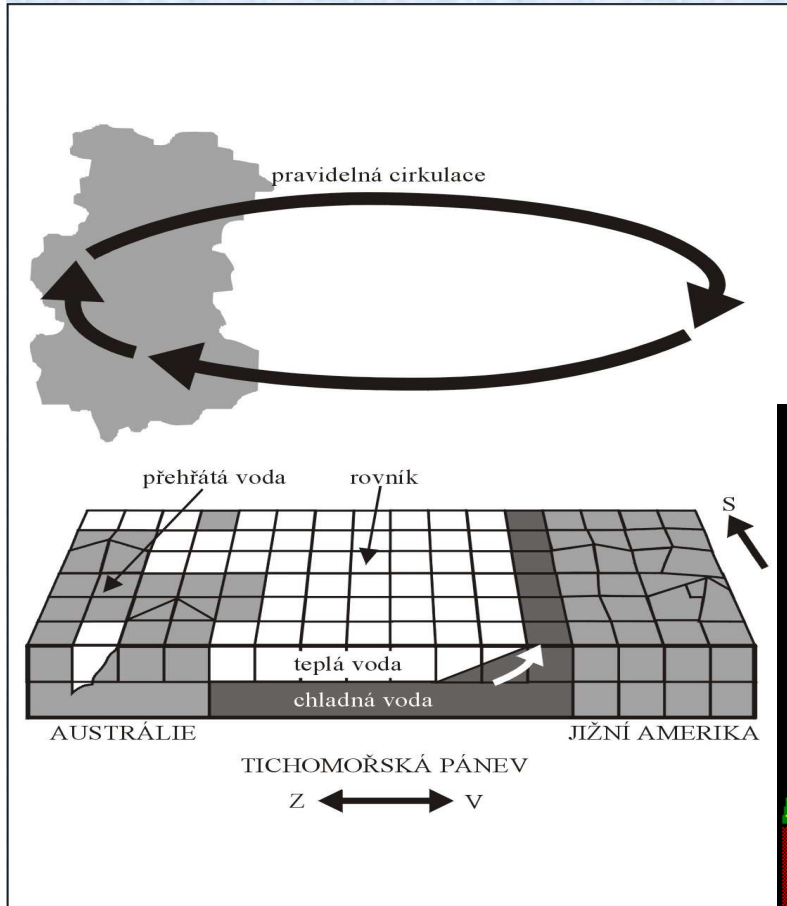
3D View of the El Niño Phenomenon

- ◆ Dočasný zánik studeného Peruánského proudu podél Z pobřeží JA.

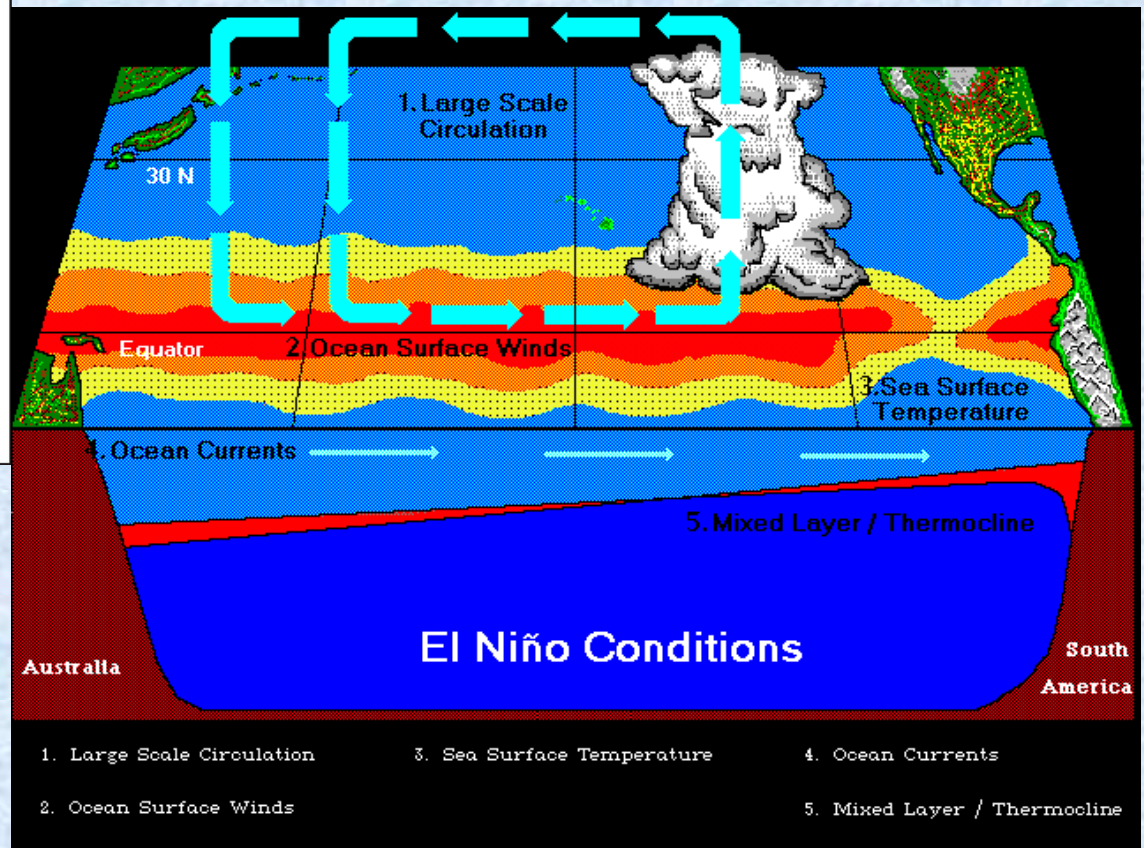
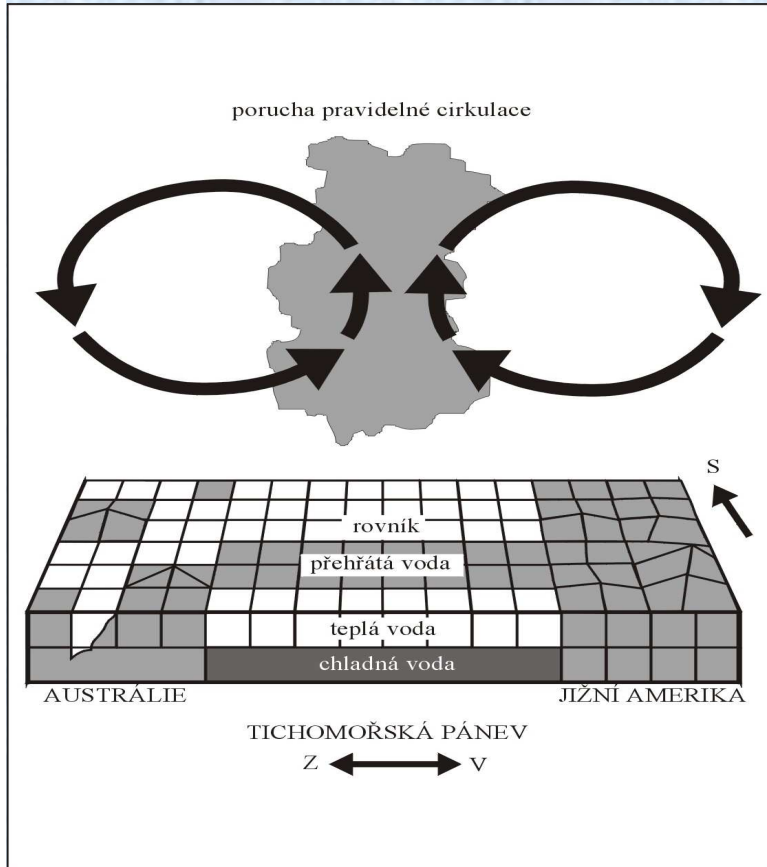
Je nahrazen **teplým mořským proudem** z rovníkových oblastí Tichého oceánu SV od Austrálie

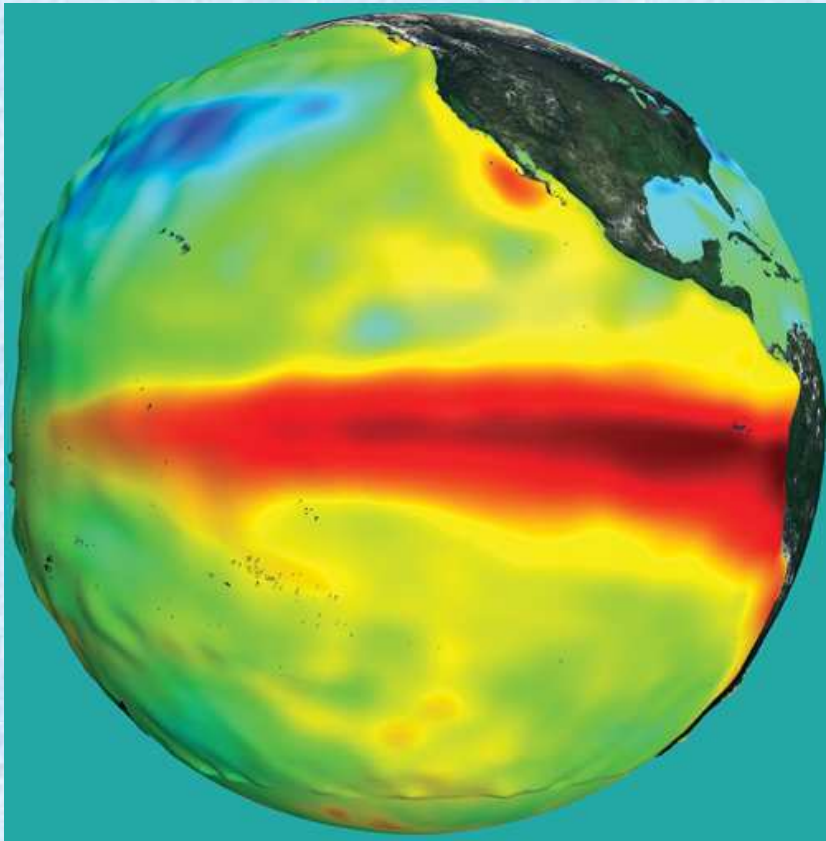


Normální stav pasátového proudění



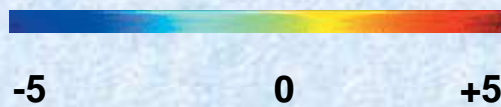
Narušení normální pasátové cirkulace





Vrchol projevů El Niño epizody 1997-98 , kdy byl povrch oceánu (červený) asi o 5°C nad normál a výška hladiny byla vyšší asi o 35 mm, než je obvyklé.

Anomálie povrchové teploty oceánů (°C)

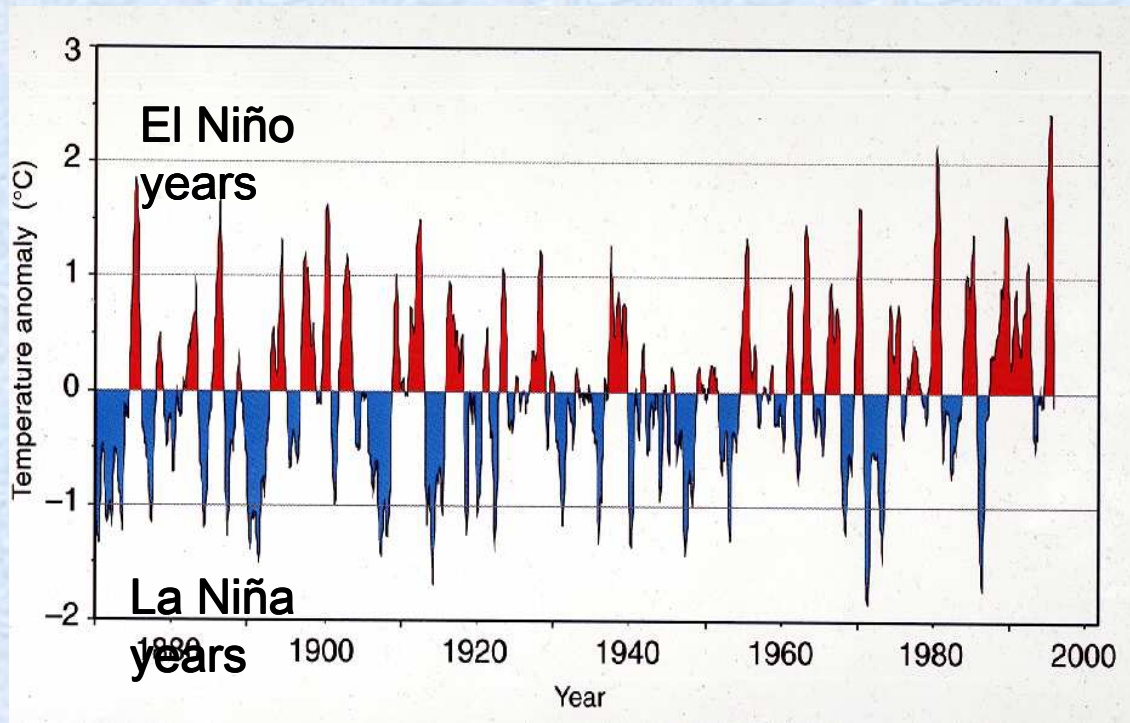


Důsledky:

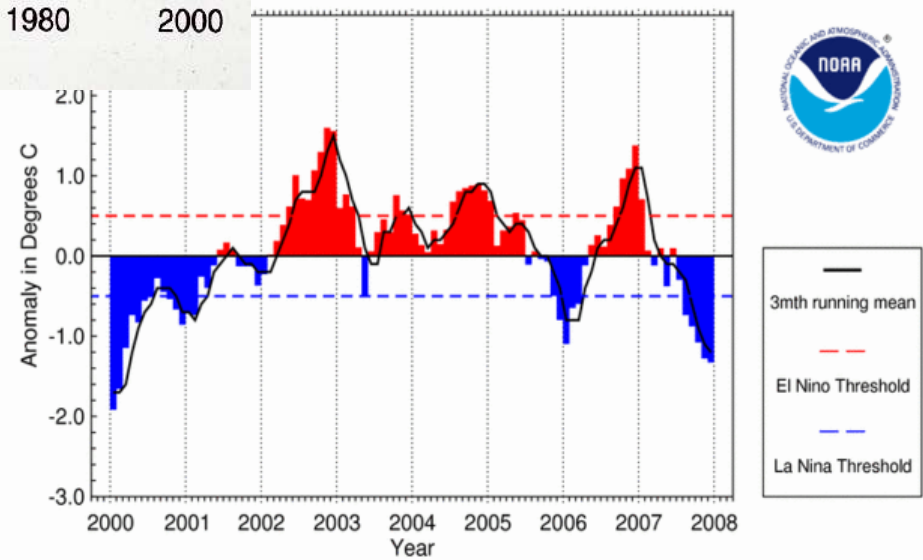
- ◆ zvýšení teploty vody o několik °C (v r. 1983 to bylo **11 °C!!**)
- ◆ zvýšení mořské hladiny až o **několik cm.**
- ◆ přívalové deště na pobřeží Peru a Ekvádoru
- ◆ vliv na mořskou flóru a faunu (úhyn planktonu)



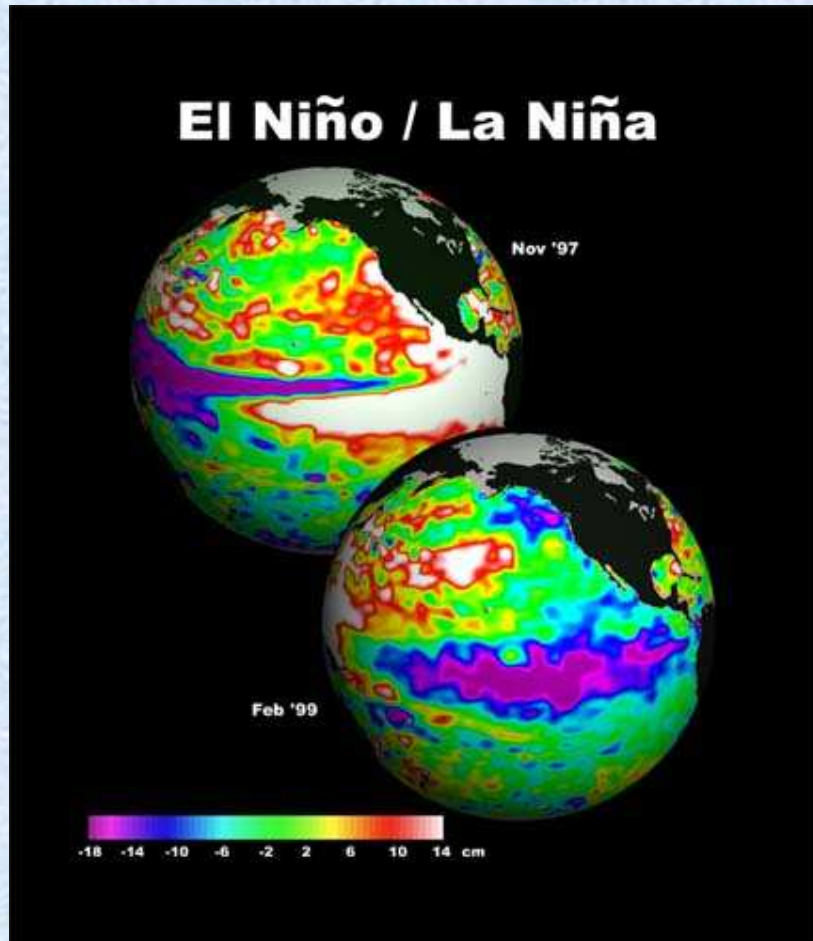
Frekvence a velikost El-Nino v 30-ti letech



in Nino 3.4 Region (5N-5S,120-170W)

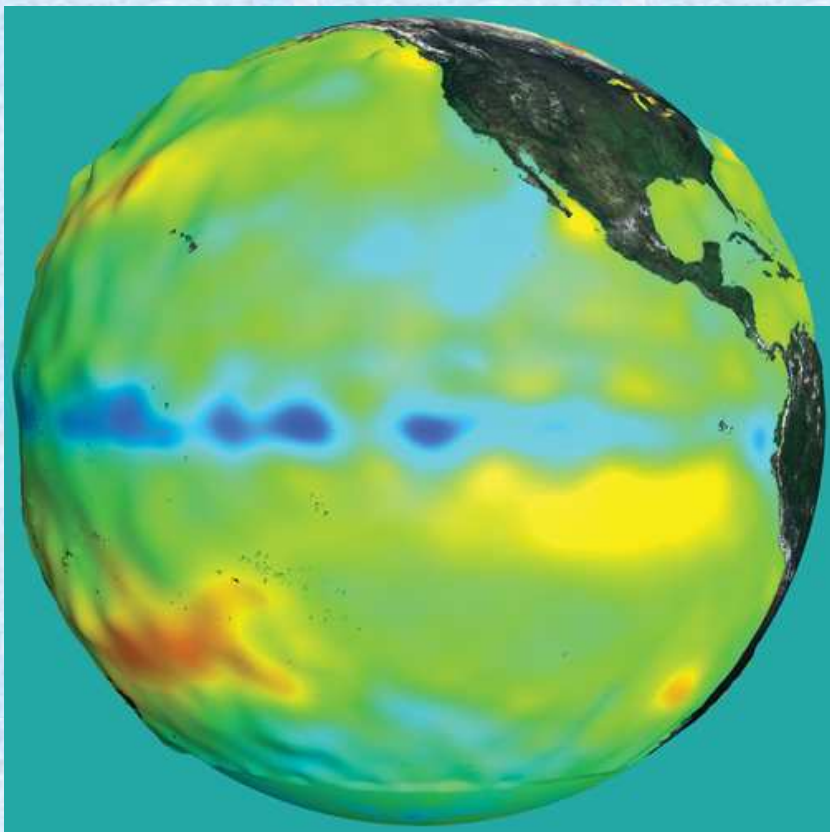


La - Niña



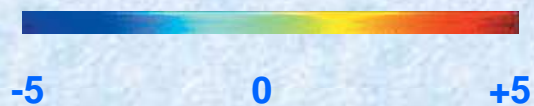
Chladná fáze El Nino.

Situace, kdy **zesílí** pasátové větry



Vrchol epizody La Niña 1998-99.
Teplota povrchu oceánu byla o **3°C nižší** než normálně a průměrná **výška** hladiny oceánu byla asi o **18 cm nižší**, než je obvyklé.

Anomálie povrchové teploty oceánu (°C)



- ◆ extrémy v projevech počasí v různých částech světa
- ◆ opak vlivů El Niño
- ◆ teplota povrchu oceánu je nižší, než obvykle
- ◆ nevznikají dešťová oblaka ve V-části Tichého oceánu,
- ◆ zesiluje srážková činnost v Z rovníkové části Tichého oceánu

