



# **Oteplení o 1,5 nebo 2 stupně Celsia? Fakta a mýty kolem klimatické změny**

**RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.**

**Český hydrometeorologický ústav**

# CV

- ČHMÚ od roku 1986
- Absolvent MU Brno
- Diplomová práce 1987 „Režim plavenin v povodí Odry“
- Praxe na pobočce v Ostravě v meteorologii, klimatologii, hydrologii i čistotě ovzduší
- Doktorská práce 2007 „Databázové zpracování klimatologických dat“
- Autor a spoluautor (např. Atlas podnebí Česka)
- 2003 – 2011 náměstek ředitele ČHMÚ
- 2012 – dosud vedoucí Oddělení klimatické změny
- Spoluautor aplikace CLIDATA
- Expert WMO pro klimatologická data a databáze
- Zástupce ČR v IPCC
- Zástupce ČR v GEO/GEOSS
- Zástupce ČR v IBCS
- Externí výuka na OU od 1988

# Témata

**Klimatický systém a jeho změny**

**Projekce vývoje klimatu**

**IPCC a Kjótský protokol**

**IPCC AR5 a AR6**

**Pařížská dohoda**

**Adaptace a mitigace**

**Klimatický záznam ČR**

**Extrémy klimatu u nás**

# Klimatický systém a jeho změny

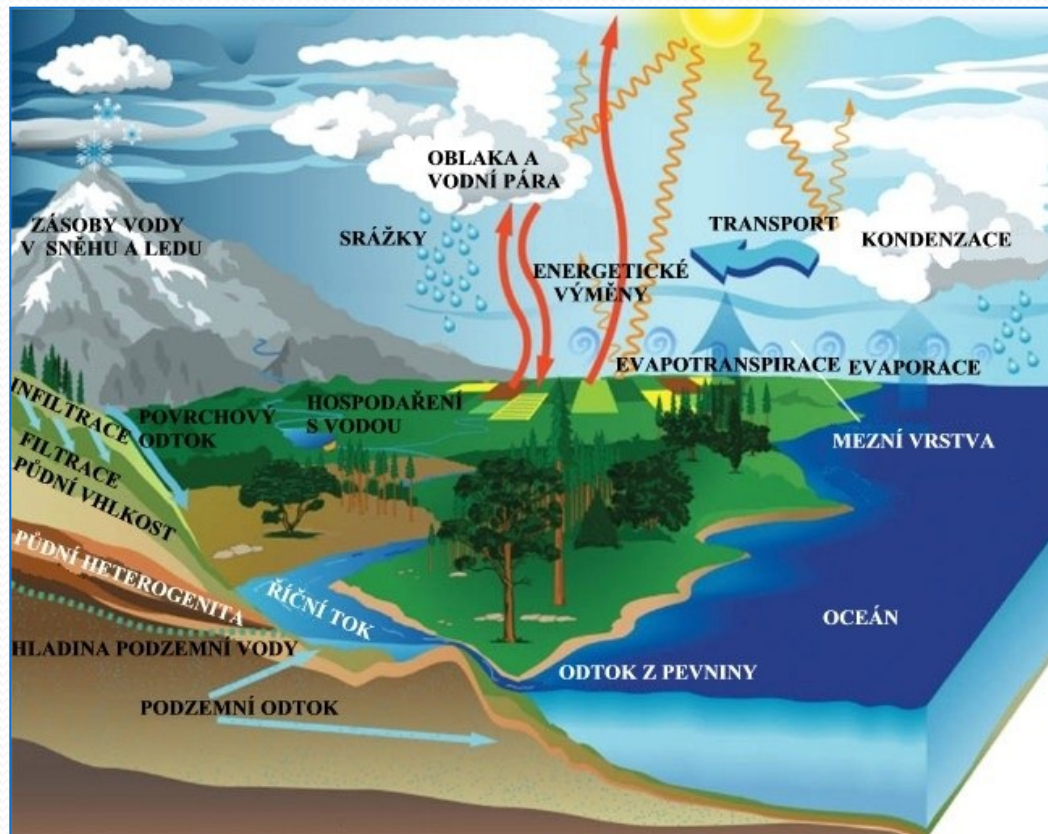
- složitý fyzikální systém

- atmosféra
- oceán
- kryosféra
- litosféra
- biosféra

- změny ve složkách

- vazby mezi složkami

- zpětné vazby



**POČASÍ** = okamžitý stav atmosféry

**KLIMA** = charakteristické (průměrné) počasí

# Skleníkový efekt a jeho zesilování

- atmosféra a zemský povrch pohlcuje a odráží sluneční záření
- dlouhovlnné vyzařování Země **bez skleníkových plynů**

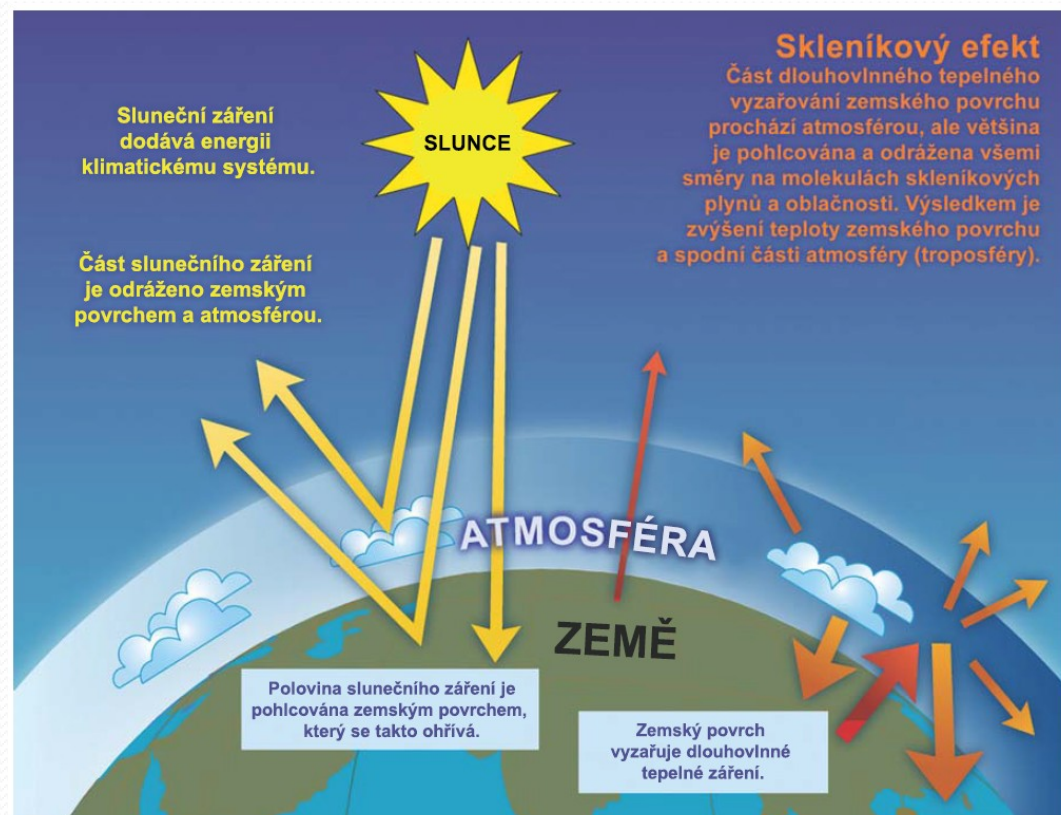
$$\Rightarrow T \sim -18 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

- působení **přirozeného** množství skleníkových plynů

$$\Rightarrow T \sim 15 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

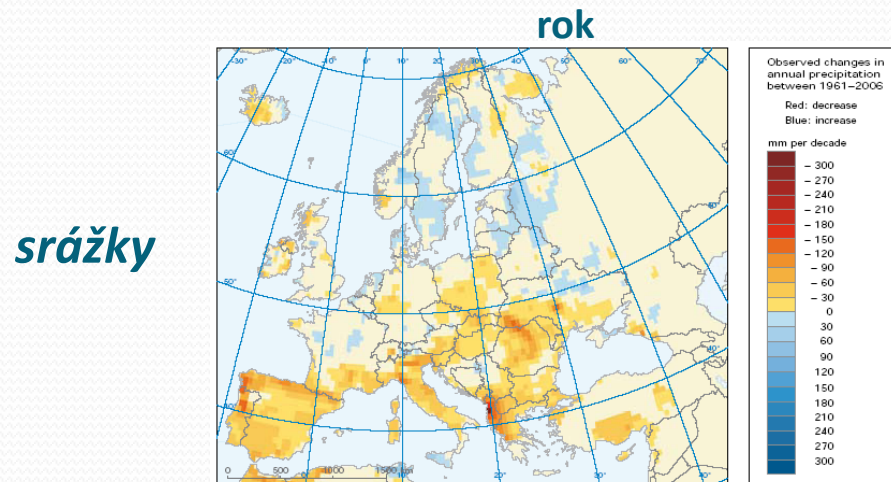
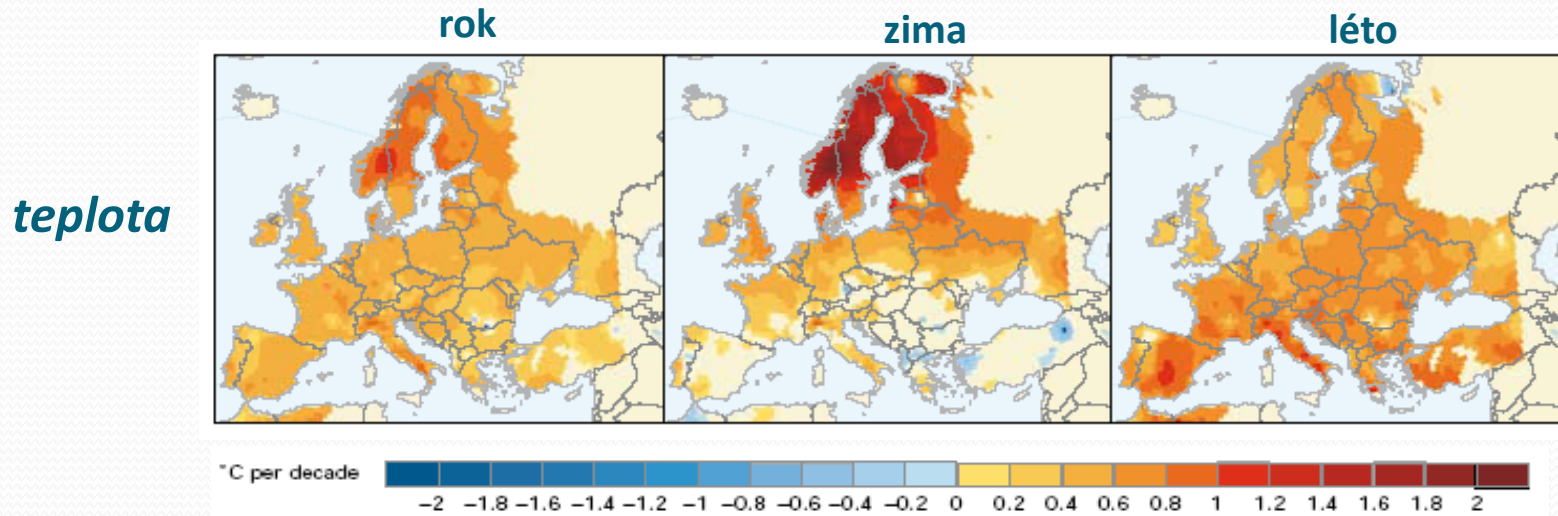
- antropogenní skleníkové plyny

$$\Rightarrow \Delta T > 0$$



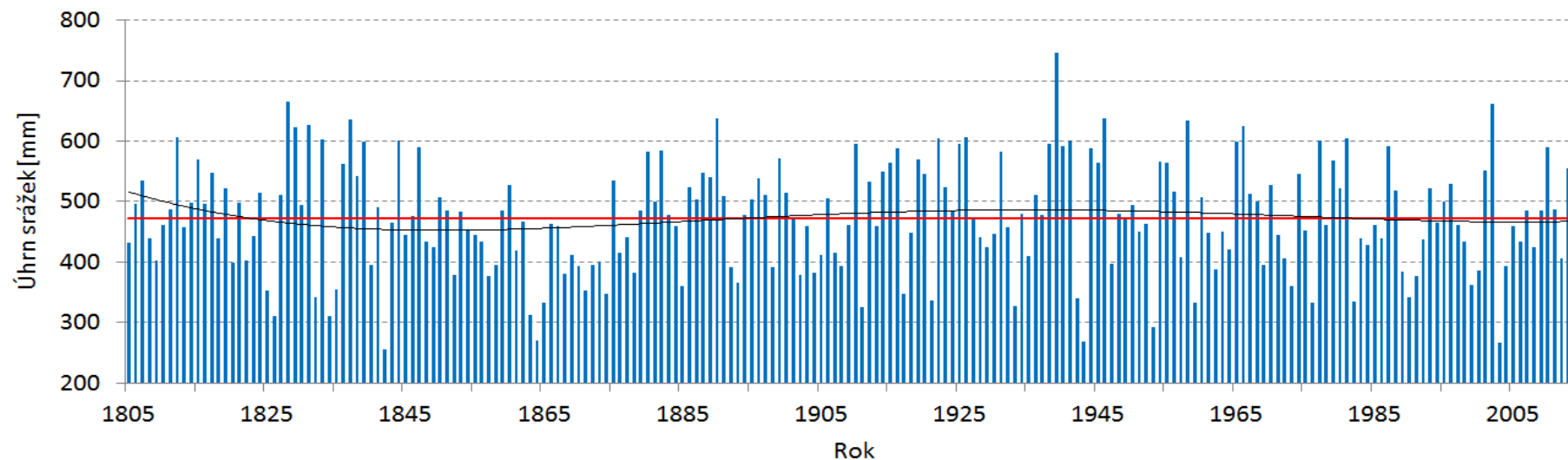
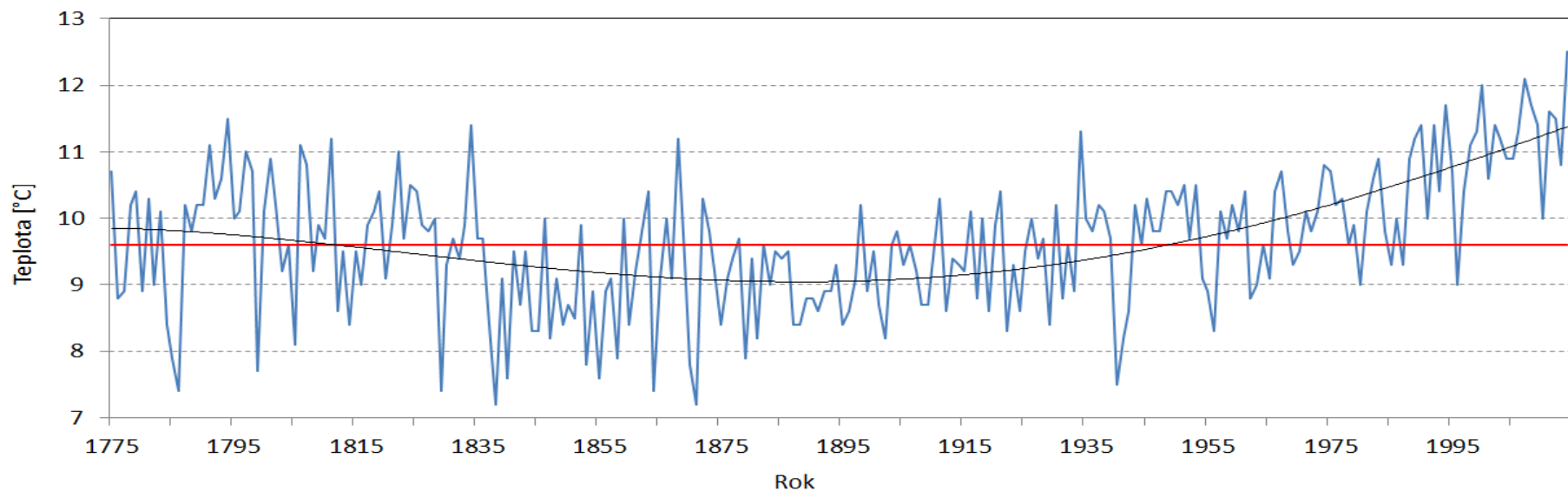
# Změna teploty a srážek v Evropě

(1976-2006)



# Teploty a srážky v ČR

1775/1805 – 2014 (Praha – Klementinum)



# Projekce vývoje klimatu

## (1) MODELOVÝ POPIS KLIMATICKÉHO SYSTÉMU

složky systému

procesy ve složkách

zpětné vazby

chemismus



## (2) MODELOVÝ POPIS VÝVOJE SVĚTA

makroekonomika

surovinové  
zdroje

energetika

technologie

populační vývoj



## (3) PROJEKCE VÝVOJE KLIMATU VE SCÉNÁŘÍCH

dolní odhad

nejlepší odhad

horní odhad



# Klimatické scénáře

- pravděpodobné vyjádření budoucího klimatu pro explicitní využití v závislosti na emisních scénářích – **NEJDE O PŘEDPOVĚĎ !!!**
- klíčové proměnné (*teplota, TMAX, TMIN, srážky, sluneční záření, vlhkost, vítr,...*)
- prostorové a časové rozlišení proměnných a konzistence komponent

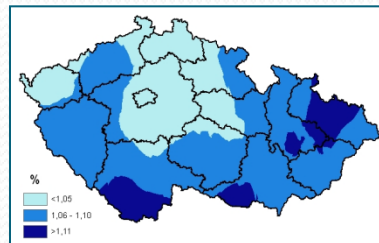
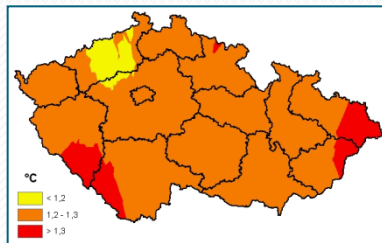
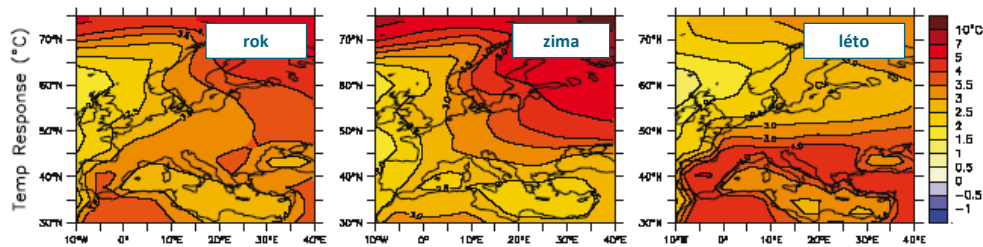
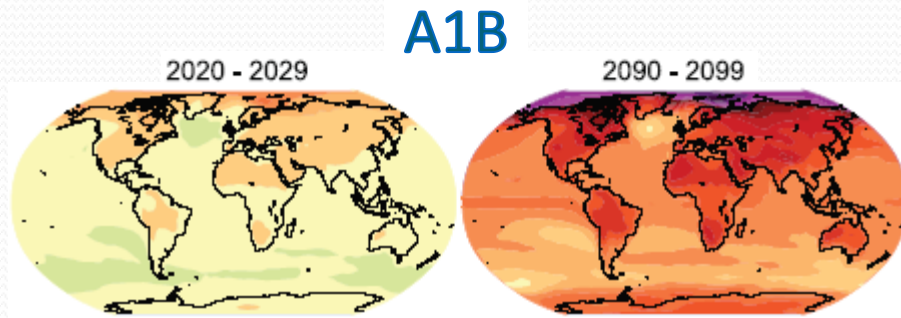
## Vývojové emisní scénáře IPCC SRES (2000):

<b>A1</b>	<b>rychlý růst ekonomiky a vývoj nových technologií</b>
A1FI	<i>intenzivní využívání fosilních paliv</i>
A1T	<i>bez fosilních paliv</i>
<b>A1B</b>	<b>vyvážené využívání všech zdrojů energie</b>
<b>A2</b>	<b>heterogenní svět, silný populační nárůst, přetrvávající regionální ekonomické rozdíly</b>
<b>B1</b>	<b>postupující globalizace, rychlý rozvoj informačních technologií, služeb, zavádění nových technologií</b>
<b>B2</b>	<b>důraz na udržitelný rozvoj, podpora regionálních ekonomik, různorodost technologických změn</b>

## Representative Concentration Pathways (RCPs):

<b>RCP2.6</b>	<i>Strong mitigation scenario</i>
<b>RCP4.5</b>	<i>Medium low</i>
<b>RCP6.0</b>	<i>Medium high</i>
<b>RCP8.5</b>	<i>Highest</i>

# Modelové projekce




- ❑ výběr scénáře SRES 2000
- ❑ výběr období
- ❑ GCM (krok ~ 300 km)
- ❑ GCM/RCM (krok ~ 75 km)
- ❑ RCM (krok pod 25 km)

ČHMÚ: **ALADIN – CLIMATE/CZ (CGM ARPÉGE-CLIMATE)**


- **krok 25 km (a méně)**
- topografie
- statistický downscaling
- validace (data 1961-1990)
- teplota, srážky, max. + min. teploty, vlhkost, vítr, globální záření
- porovnání = projekty ENSEMBLES, PRUDENCE, CECILIA

EUROCORDEX

# Schéma vývoje GCMs

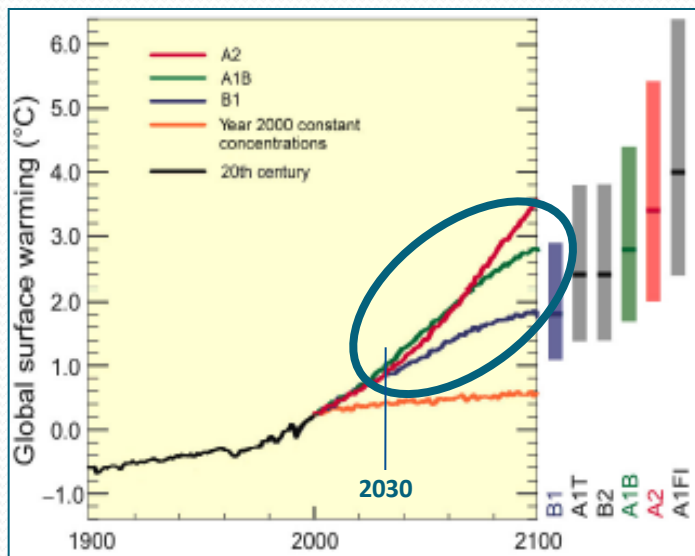


	70. léta	80. léta	90. léta (1. polovina)	90. léta (2. polovina)	přelom 20. a 21.století	současnost	
<b>přidávání složek do modelů</b>	atmosféra	atmosféra	atmosféra	atmosféra	atmosféra	atmosféra	
		zemský povrch	zemský povrch	zemský povrch	zemský povrch	zemský povrch	
			oceány, ledové plochy	oceány, ledové plochy	oceány, ledové plochy	oceány, ledové plochy	
				síranové částice	síranové částice	síranové částice	
					ostatní aerosoly	ostatní aerosoly	
					uhlíkový cyklus	uhlíkový cyklus	
						vegetace	
						atmosférická chemie	
	<b>zvyšování podrobnosti modelů</b>						



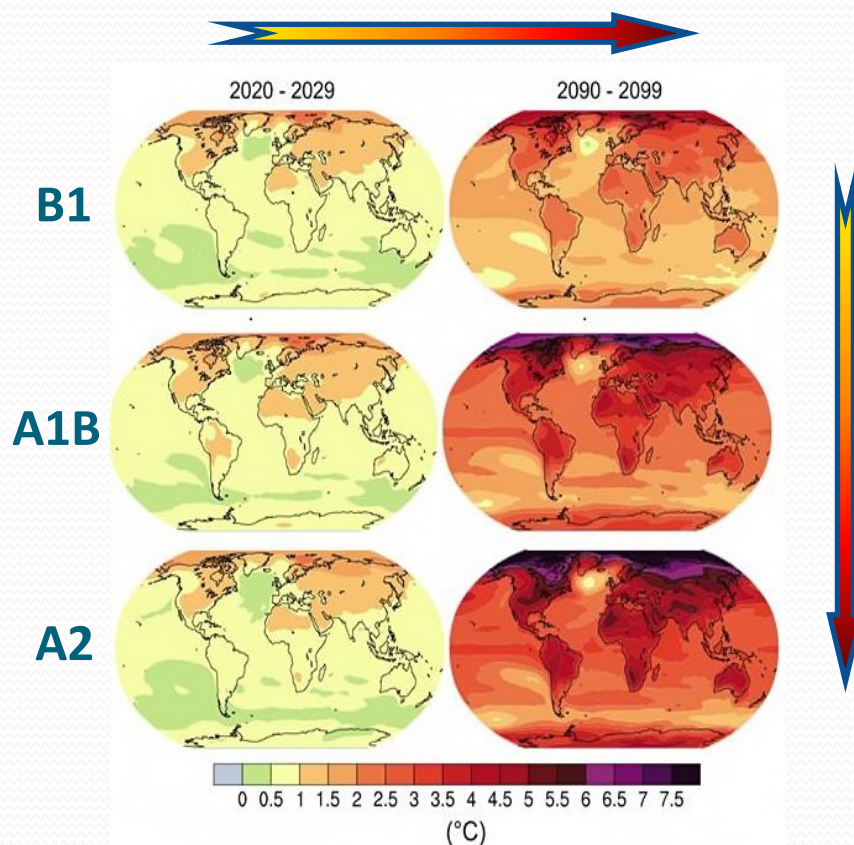
*Výrazné kvalitativní změny v poznání jednotlivých „složek“*

# Projekce změn globální teploty



do r. 2030 minimální závislost  
na volbě scénáře

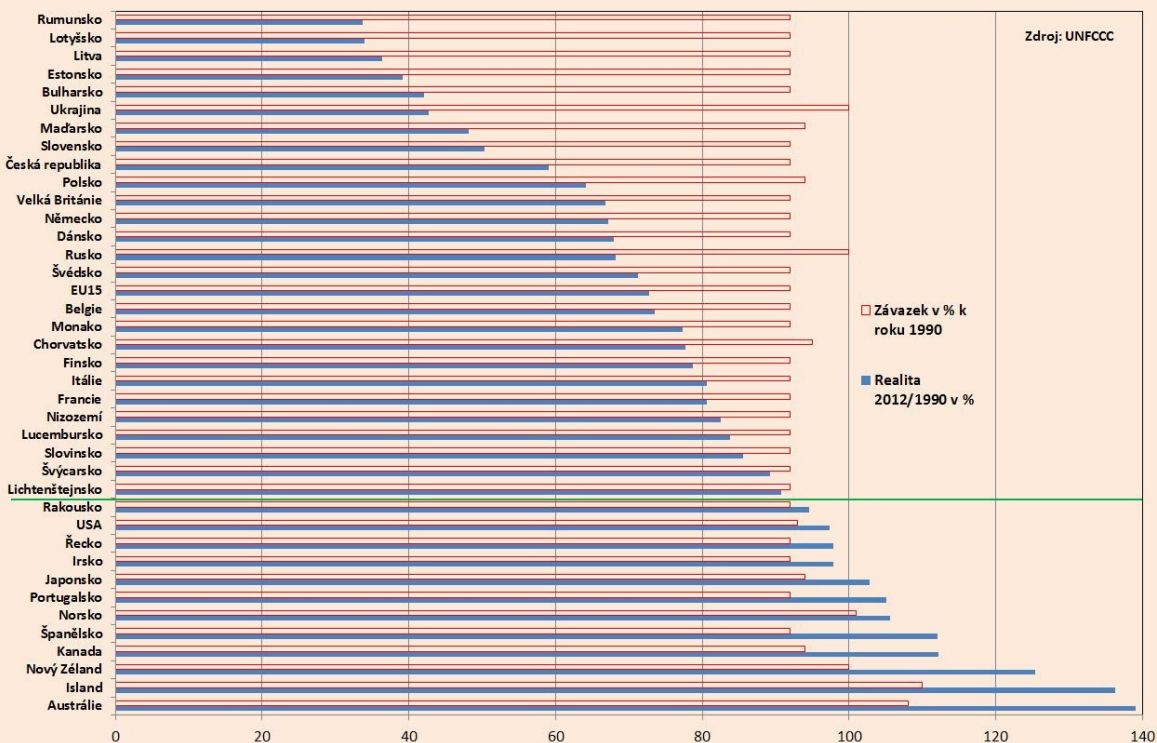
nárůst teploty  $\approx 0,2^{\circ}\text{C}/10$  let



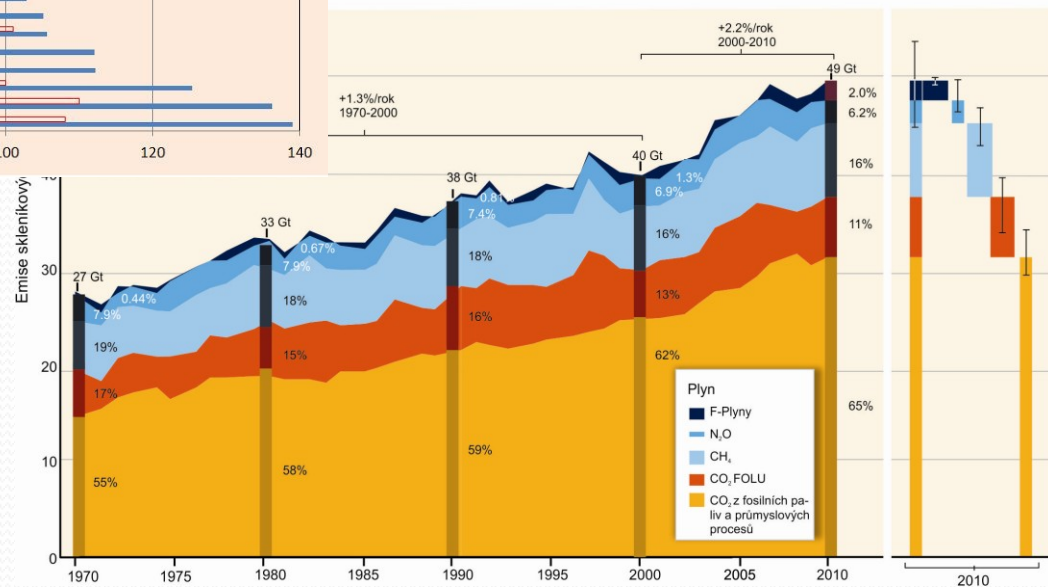
# IPCC

- Valné shromáždění OSN (1989)
- **založení IPCC (1989)** – WMO a UNEP
- Rámcová úmluva OSN o ochraně klimatu (1992)
- **FAR (1990), SAR (1995), TAR (2001)**
- **Kjótský protokol** - vstup v platnost (2005) a prodloužen do 2020 (v Dauhá 2012, COP18)
- **AR4 (2007)**
  - důsledkem krachu „Kodaně 2009“ (COP15) je také politické a pseudo-vědecké zpochybňování vážnosti dokumentu (*některé faktické chyby či nejasnosti v IPCC AR4, podezření ze střetu zájmů předsedy IPCC Pachauriho, atp.*). Problém „klimatu“ se stal politickým tématem, „klíma“ se stává také politickým byznysem, ambiciózní redukční cíle a katastrofické scénáře vs. negace problému
- **IPCC AR5 (září 2013 - říjen 2014)**
- **Pařížská dohoda (2015)**
  - Dobrovolné závazky a kontrolní mechanismy v 5letých cyklech od 2023
- **IPCC AR6 (plán 2021)**
  - IPCC **Special Report** on Climate Change and Oceans and the Cryosphere (09/2019)
  - IPCC **Special Report** on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems (09/2019)

# Snižování GHG emisí a globální efektivita Kjótského protokolu

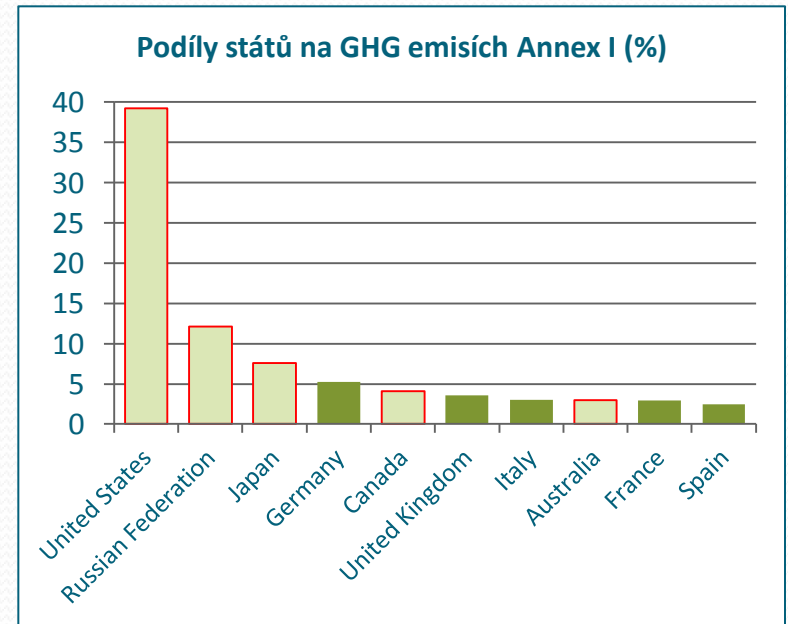
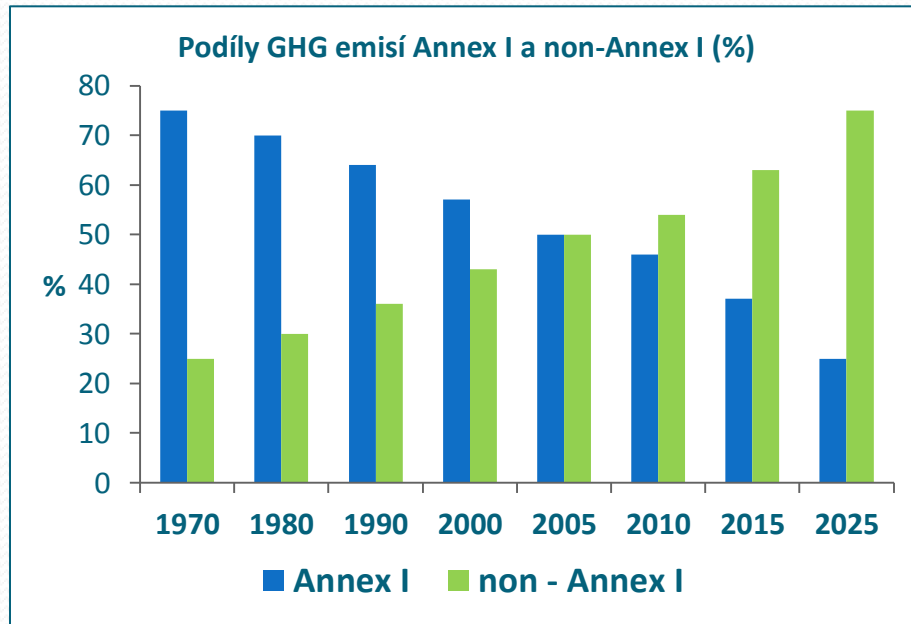


e skleníkových plynů podle skupin plynů za období 1970–2010 (Zdroj: IPCC)



# Snižování GHG emisí a globální efektivita Kjótského protokolu

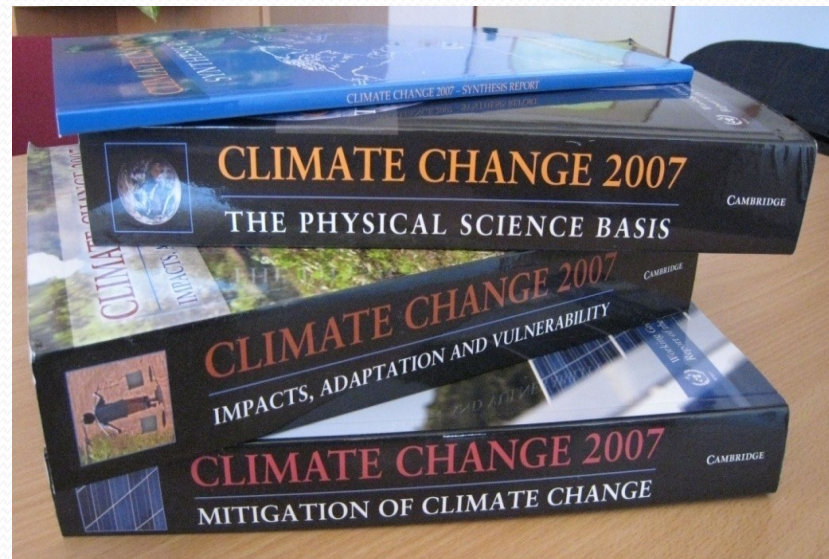
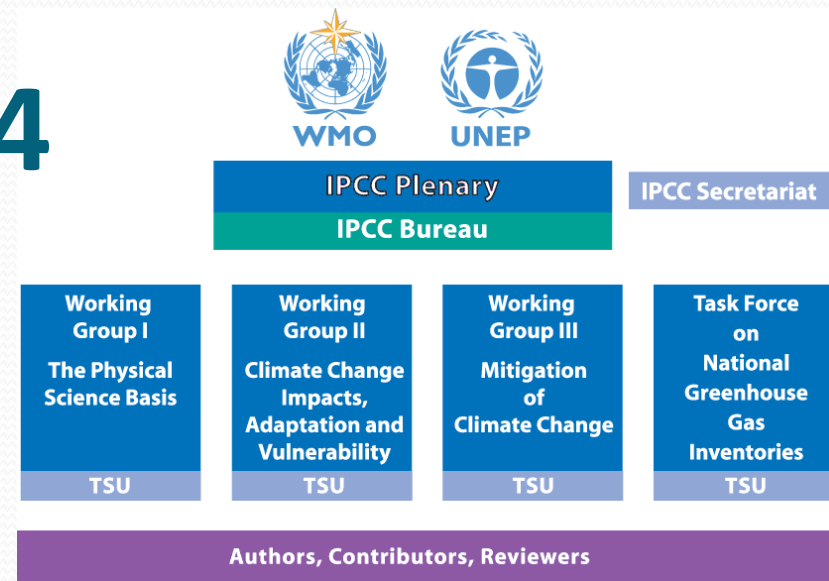
- světové emise CO<sub>2</sub> od r. 1990 vzrostly o 36 %
- emise CO<sub>2</sub> v ekonomicky vyspělých státech (Annex I) vzrostly o 1,6 %
- emise CO<sub>2</sub> v rozvojových státech (non-Annex I) vzrostly o 110 %



# IPCC AR5 2013/2014

- shrnutí „*per reviewed literature* „+ „*gray literature*“
- výsledky: „...*policy relevant, but not policy prescriptive*...“

**REPORT - TS - SPM**



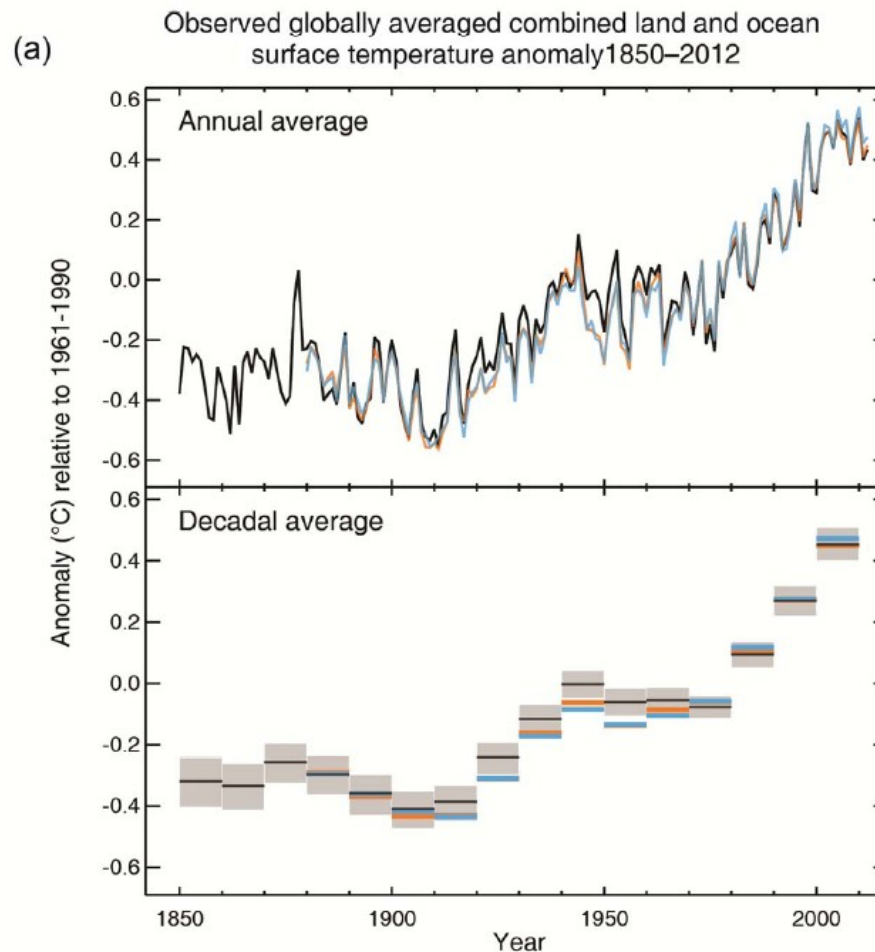


# Závěrečná jednání pracovních skupin

- WGI - The Physical Science Basis
  - Stockholm, 23. - 27. září 2013
- WGII - Climate Change, Impacts, Adaptation and Vulnerability
  - Jokohama, 24. - 29. březen 2014
- WGIII - Mitigation of Climate Change
  - Berlín, 7. - 12. duben 2014
- Syntesis Report
  - Kodaň, 27. - 31. říjen 2014

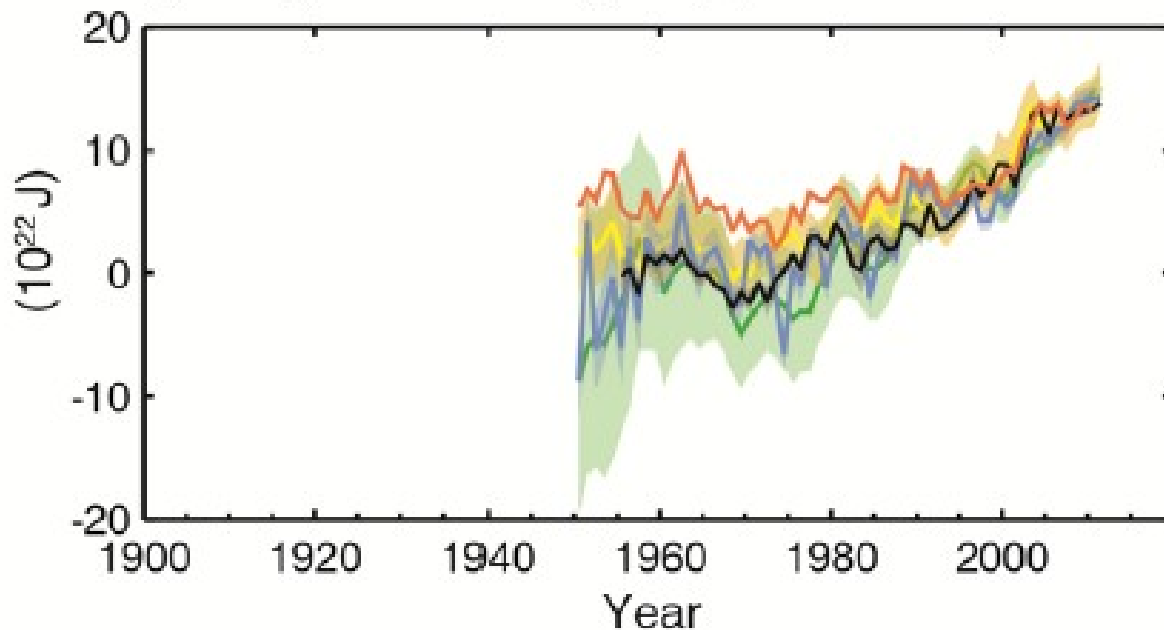



Každé z posledních tří desetiletí bylo na zemském povrchu postupně teplejší než kterékoli předchozí desetiletí od roku 1850. Na severní polokouli bylo období 1983-2012 *pravděpodobně nejteplejším třicetiletým obdobím za posledních 1400 let (střední spolehlivost)*. {2.4, 5.3}



Oteplení oceánu dominuje nárůst energie uložené v klimatickém systému, což představuje více než 90 % energie akumulované mezi lety 1971 a 2010 (*vysoká pravděpodobnost*). Je prakticky jisté, že se svrchní vrstva oceánu (0-700 m) od roku 1971 do roku 2010 oteplila. {3.2, box 3.1}

(c) Change in global average upper ocean heat content

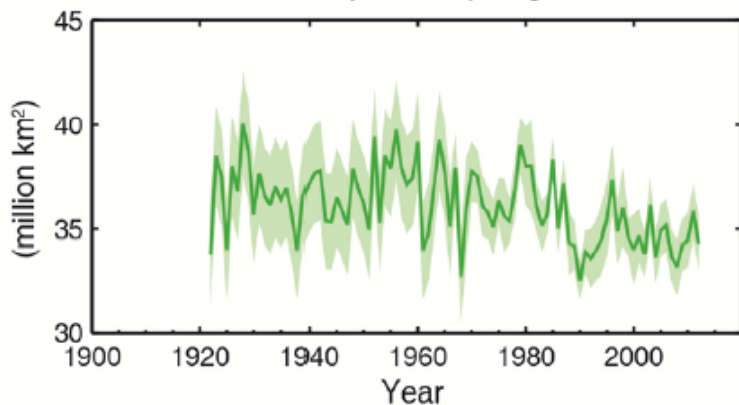


*1971-2010*

*+17 × 10<sup>22</sup> J*

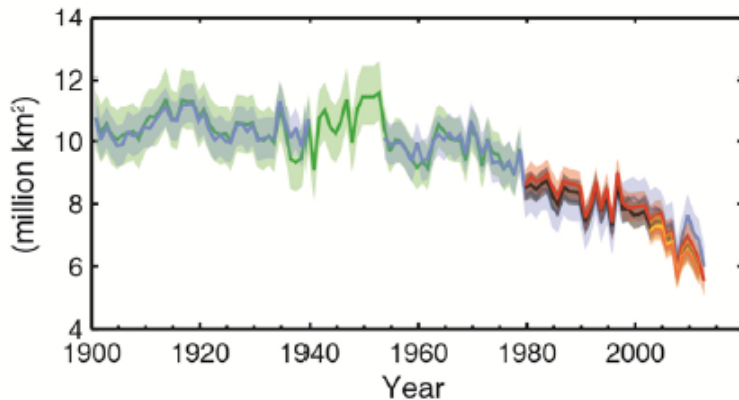
V posledních dvou desetiletích se zmenšuje objem grónského a antarktického ledového příkrovu, ledovce dále ustupují téměř na celém světě a arktický mořský led a rozsah jarní sněhové pokrývky na severní polokouli se dále zmenšuje (*vysoká pravděpodobnost*) {4.2-4.7}

(a) Northern Hemisphere spring snow cover



Průměrný roční rozsah **arktického** mořského ledu se v období let 1979-2012 **snižoval** rychlostí 3,5 až 4,1 % za dekádu (rozsah 0,45 až 0,51 milionu km<sup>2</sup> za dekádu)

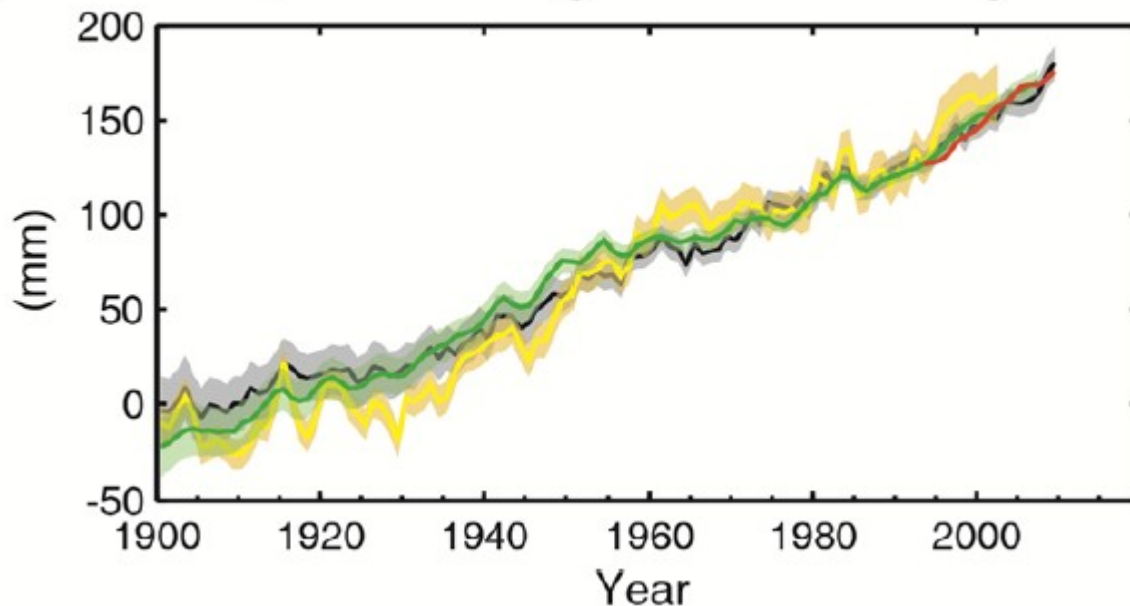
(b) Arctic summer sea ice extent



Průměrný roční rozsah **antarktického** mořského ledu se v období let 1979 až 2012 **zvyšoval** rychlostí 1,2 až 1,8 % za dekádu (rozsah 0,13 až 0,20 milionu km<sup>2</sup> za dekádu)

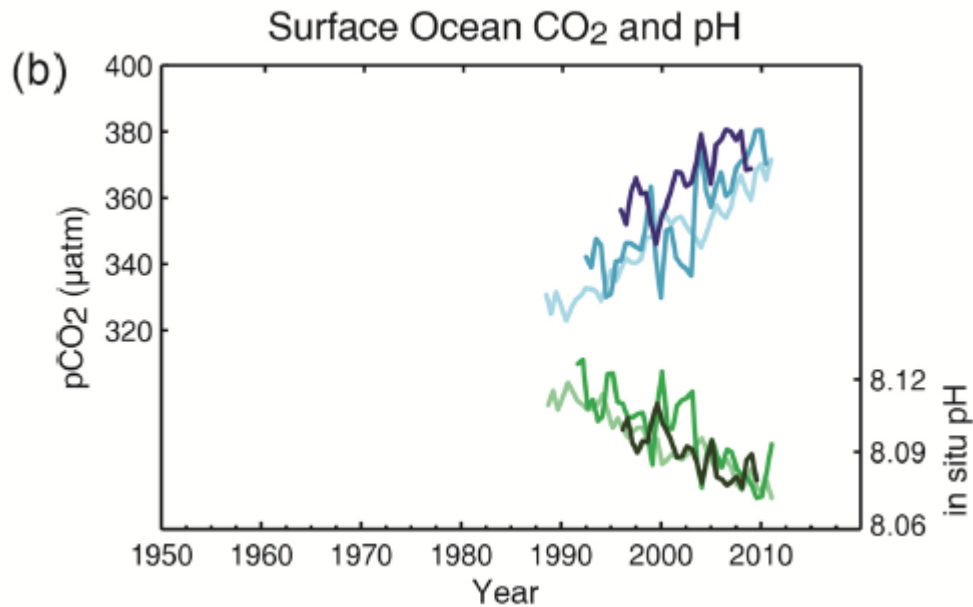
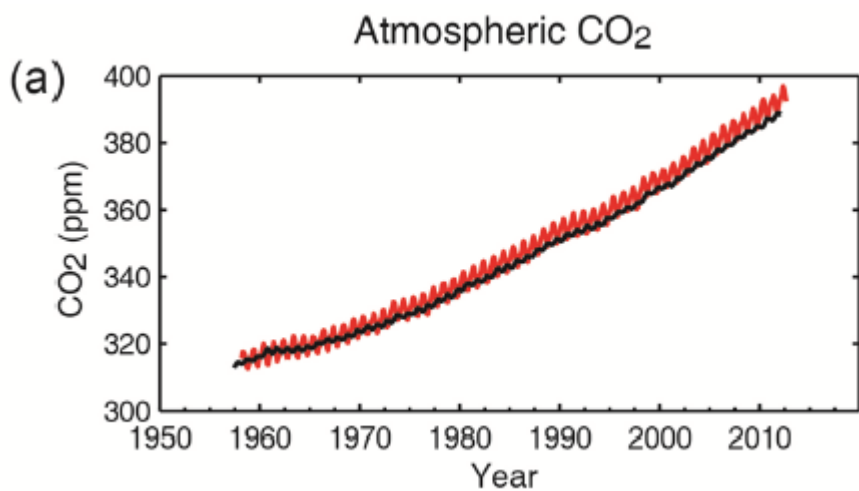
Rychlost vzestupu výšky mořské hladiny od poloviny 19. století byla vyšší než průměrná rychlost v průběhu předchozích dvou tisíciletí (vysoká pravděpodobnost). V období let 1901-2010 vzrostla průměrná globální výška hladiny moře o 0,19 [0,17 až 0,21] m. {3.7, 5.6, 13.2}

(d) Global average sea level change



Průměrná rychlost zvyšování průměrné globální výšky hladiny moře byla v období let 1901 až 2010 **1,7** [1,5 až 1,9] mm.rok<sup>-1</sup>, v období let 1971 až 2010 **2,0** [1,7 až 2,3] mm.rok<sup>-1</sup> a v období let 1993 až 2010 **3,2** [2,8 až 3,6] mm.rok<sup>-1</sup>.

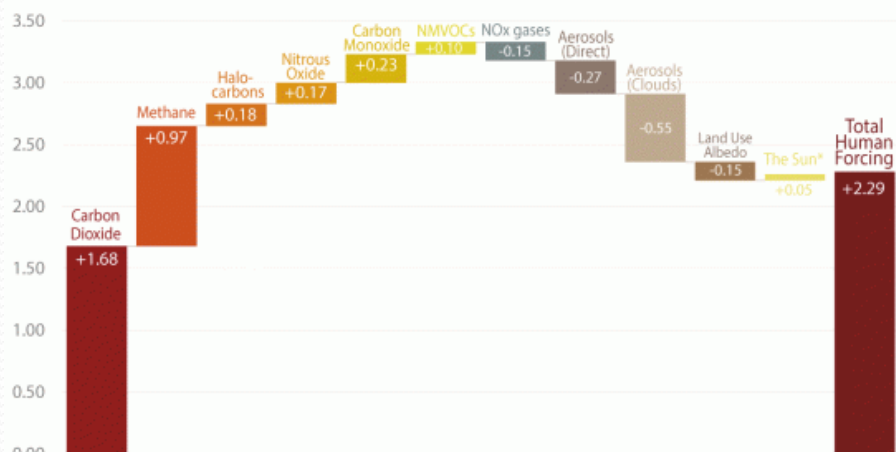
Atmosférické koncentrace oxidu uhličitého, metanu a oxidů dusíku se za posledních minimálně 800 000 let zvýšily na nebývalou úroveň. Koncentrace  $\text{CO}_2$  se od preindustriálních dob zvýšily o 40 %, primárně v důsledku emisí z fosilních paliv a sekundárně v důsledku čistých emisí ze změn využívání půdy. Oceán absorboval zhruba 30 % emitovaného antropogenního oxidu uhličitého, což způsobuje jeho okyselování. {2.2, 3.8, 5.2, 6.2, 6.3}



Celkové radiační působení je kladné a vede k nárůstu energie v klimatickém systému. Největší příspěvek k celkovému radiačnímu působení je způsoben zvýšením atmosférické koncentrace  $\text{CO}_2$  od roku 1750. {3.2, box 3.1, 8.3, 8.5}

## How humans are changing the climate

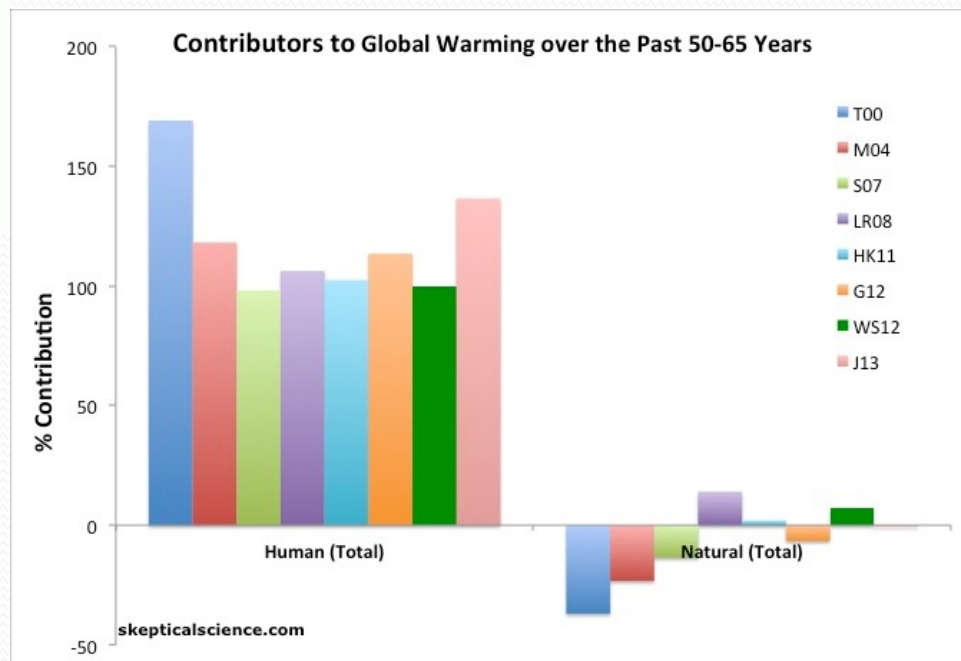
Radiative Forcing relative to 1750 ( $\text{W m}^{-2}$ ) by emitted compounds



Note: this graphic is a deliberate simplification of Figure SPM.5 from IPCC WG1 AR5. As it is limited to point estimates for emitted compounds it does not convey the full complexity and uncertainty detailed in the original. \*The sun is a natural change

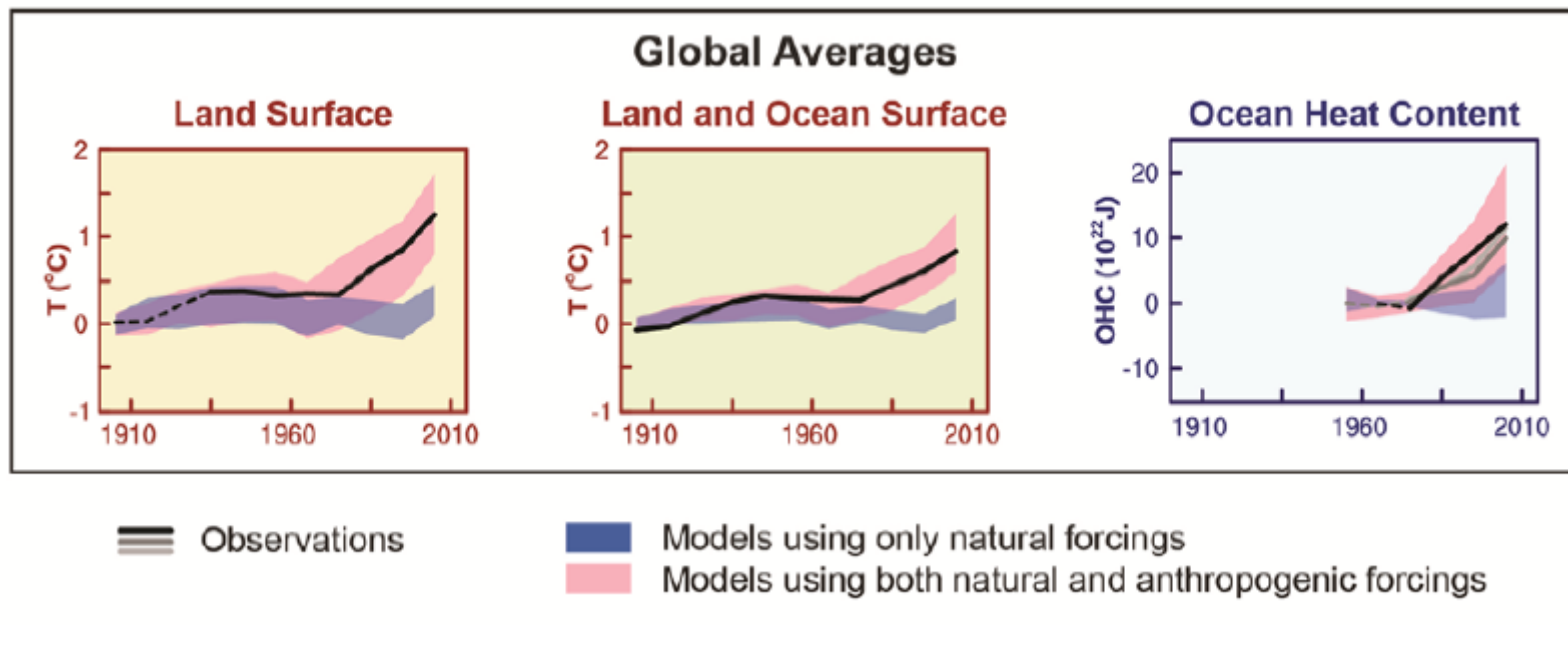
shrinkthatfootprint.com

<b>RCP2.6</b>	<i>Strong mitigation scenario</i>
<b>RCP4.5</b>	<i>Medium low</i>
<b>RCP6.0</b>	<i>Medium high</i>
<b>RCP8.5</b>	<i>Highest</i>



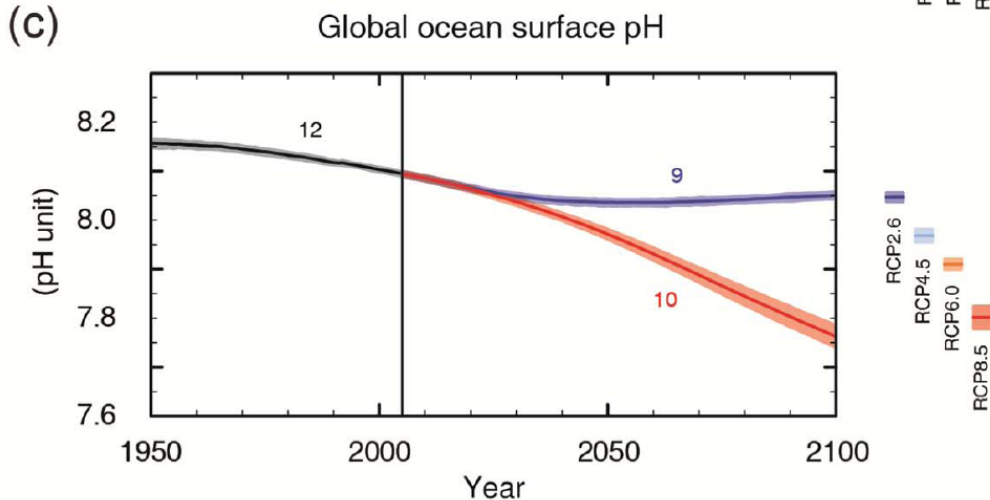
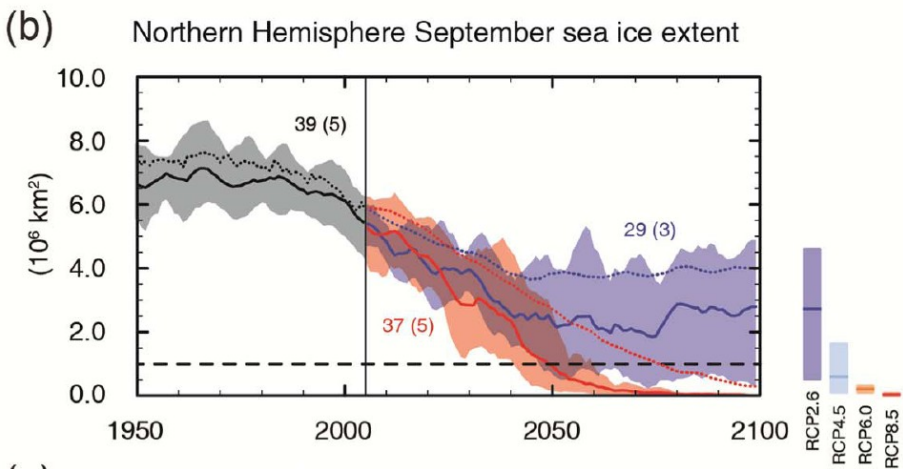
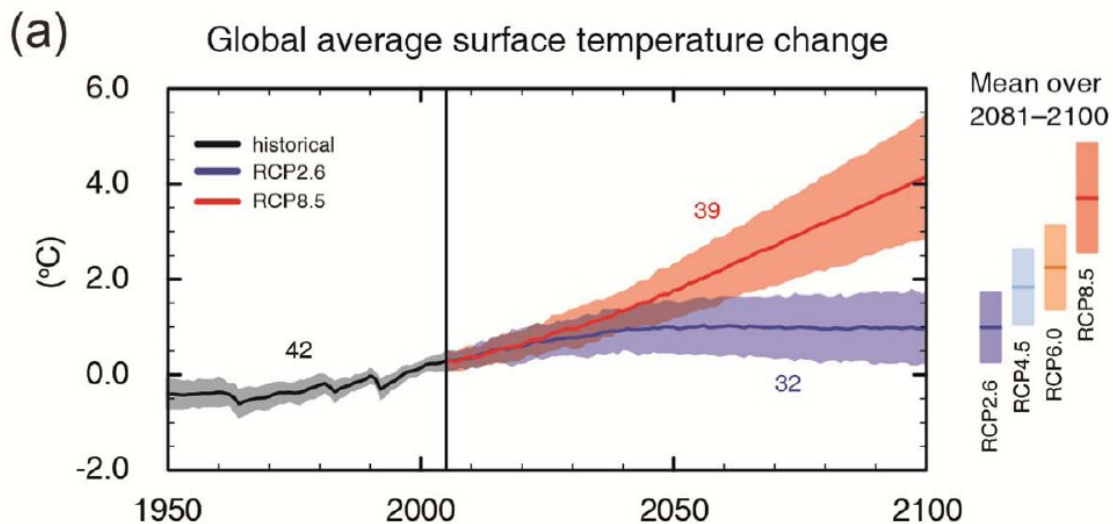
skepticalscience.com

V oteplování atmosféry a oceánu, ve změnách globálního koloběhu vody, v nižším množství sněhu a ledu, ve vzestupu průměrné výšky hladiny moře a ve změnách některých klimatických extrémů byl zjištěn vliv člověka. Od doby zpracování hodnotící zprávy AR4 je tento důkaz silnější.  
{10.3-10.6, 10.9}





Pokračující emise skleníkových plynů způsobí další oteplení a změny ve všech složkách klimatického systému. Omezení klimatické změny bude vyžadovat podstatné a trvalé snižování emisí skleníkových plynů. {6, 11, 12, 13, 14}



F F R

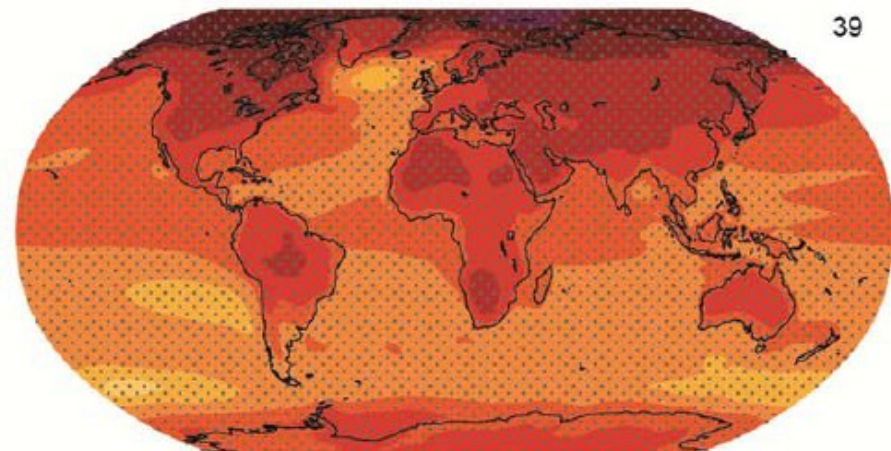
Změna globální povrchové teploty na konci 21. století pravděpodobně překročí  $1,5^{\circ}\text{C}$  v porovnání s obdobím let 1850 až 1900 podle všech scénářů RCP s výjimkou RCP2.6. Podle scénáře RCP6.0 a RCP8.5 pravděpodobně překročí  $2^{\circ}\text{C}$ . Oteplování bude pokračovat i po roce 2100 podle všech scénářů RCP s výjimkou RCP2.6. Oteplování bude i nadále vykazovat variabilitu mezi jednotlivými roky a dekádami a nebude stejné ve všech oblastech. {11.3, 12.3, 12.4, 14.8}

RCP 2.6

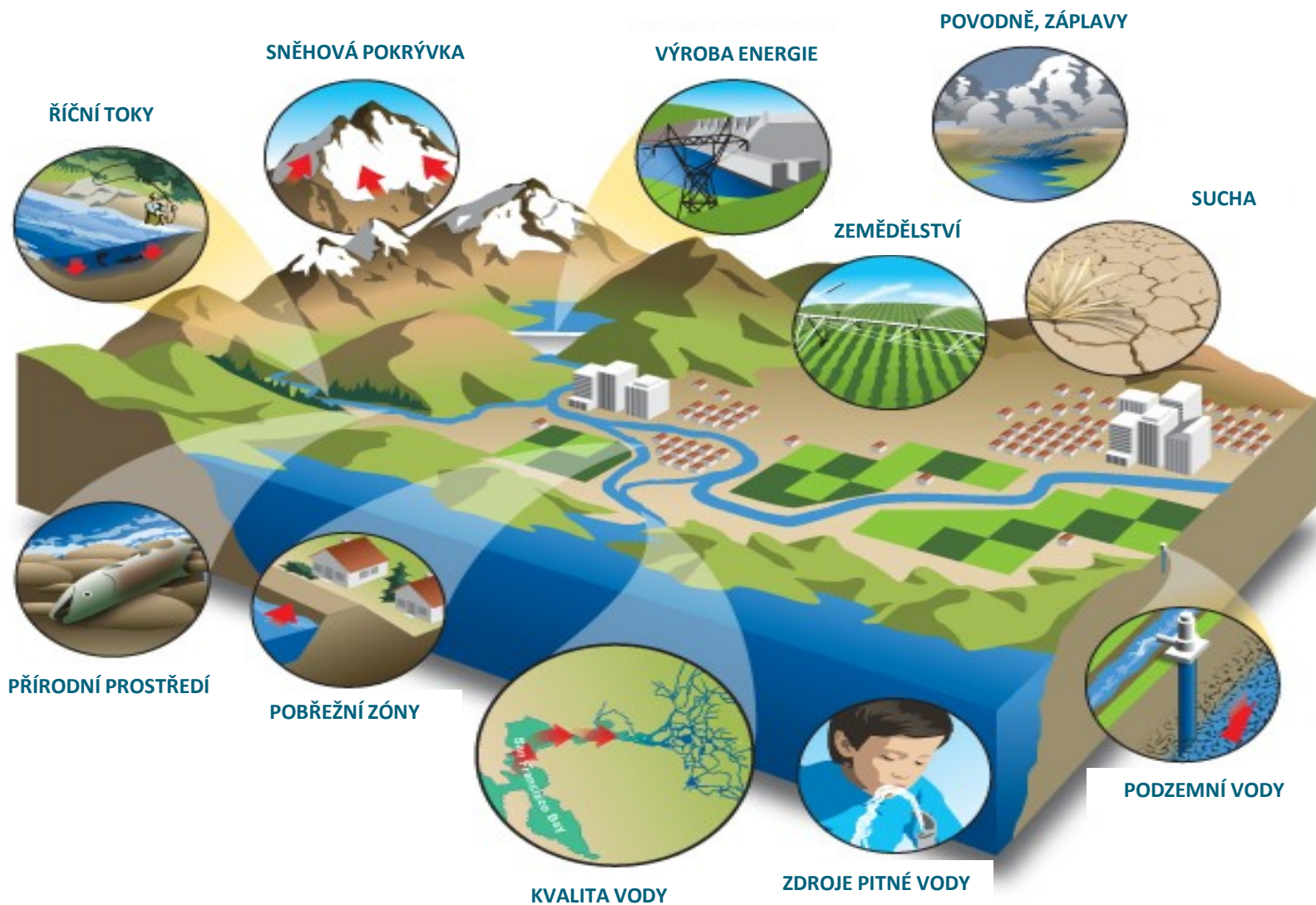
RCP 8.5

(a)

Change in average surface temperature (1986–2005 to 2081–2100)



# Dopady změn klimatického systému



# Pařížská dohoda

- 12. 12. 2015 odsouhlasilo Pařížskou dohodu 195 států (COP21)
- 22. 4. 2016 uložení Dohody v New Yorku a zahájení podepisování
- 5. 10. 2016 ratifikace Dohody Radou Evropy
- 4. 11. 2016 vstup Dohody v platnost (min 55 zemí s min 55 % emisí)
- ČR zatím neratifikovalo

# Mitigační opatření

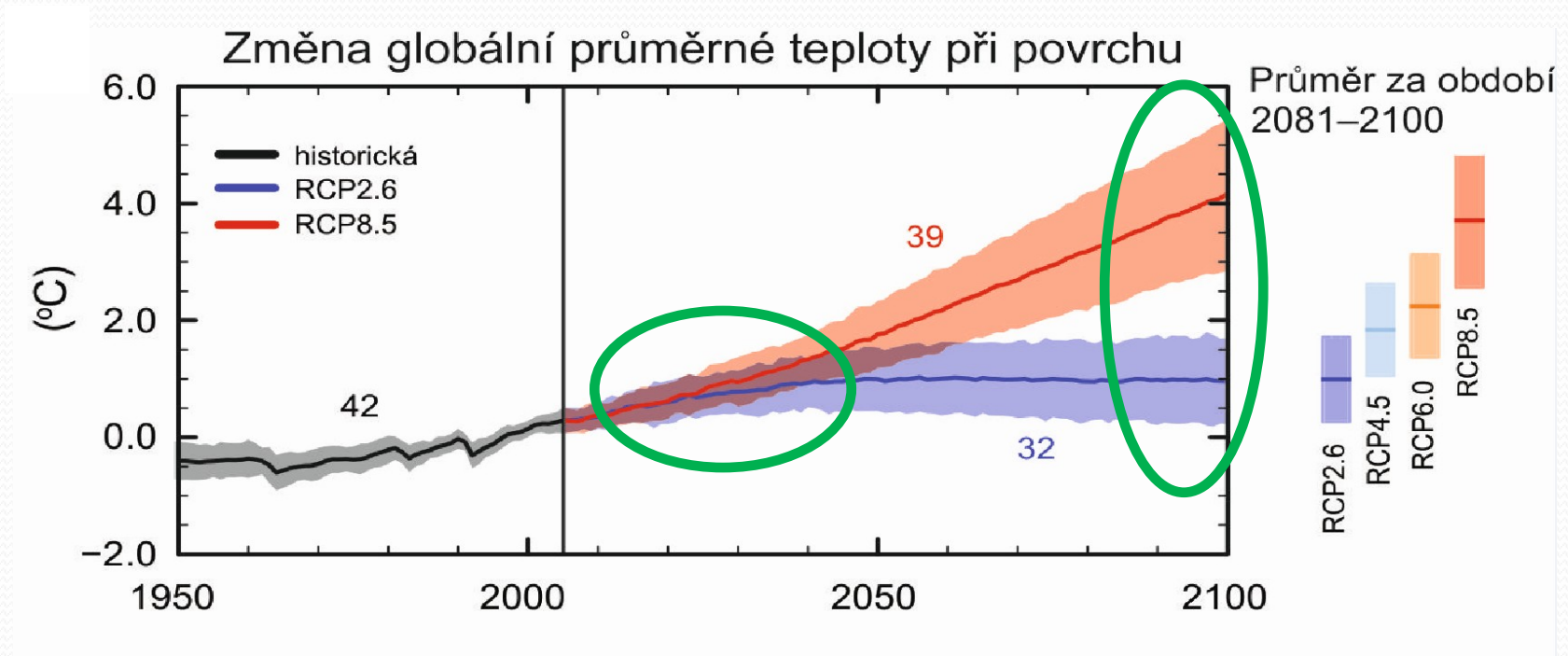
## Pařížská dohoda

- **dlouhodobý cíl:** vlády se dohodly, že udrží nárůst průměrné globální teploty výrazně pod 2°C ve srovnání s úrovní před průmyslovou revolucí a budou pokračovat v úsilí udržet ji pod 1,5°C
  - IPCC **Special Report** on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways (09/2018)
- **příspěvky:** země předložily národní akční plány v oblasti klimatu zaměřené na snížení emisí
- **ambice:** každých 5 let informace a kontrola
- **solidarita:** EU a další rozvinuté země budou i nadále poskytovat finanční prostředky na opatření v oblasti klimatu, aby rozvojovým zemím pomohly snížit emise a také budovat odolnost vůči dopadům změny klimatu (Green Climate Fund – GCF)

# Adaptační opatření

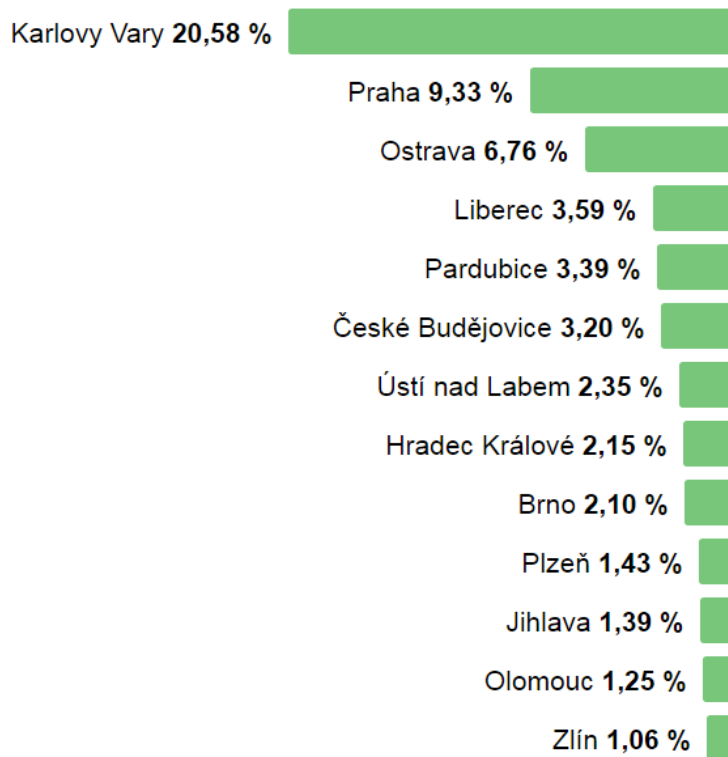
- soubor možných přizpůsobení přírodního nebo antropogenního systému probíhající nebo předpokládané změně klimatu a jejím dopadům
- adaptační kapacity jsou závislé na
  - míře klimatického rizika
  - na lokálních, národních, regionálních podmínkách
  - politických a ekonomických omezeních
- adaptační opatření = nejvhodnější reakce na velkou setrvačnost klimatického systému

# Adaptace & Mitigace

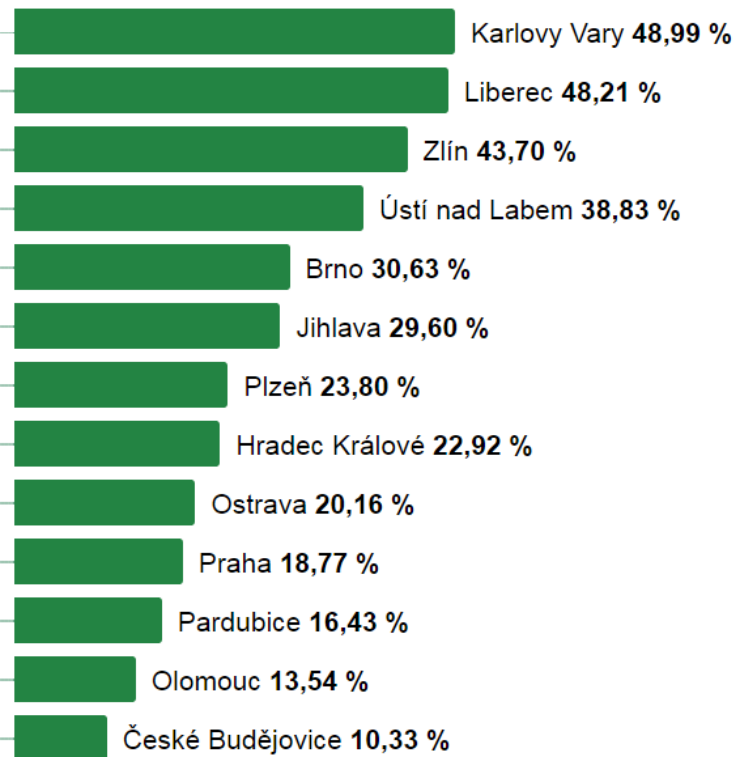


# Zeleň v krajských městech

Podíl parkové zeleně na rozloze města



Podíl zeleně včetně lesů na rozloze města





# Změna klimatu a zdraví obyvatel

- **WHO upozorňuje na problémy hlavně v chudých oblastech**
  - dostupnost lékařské péče, přístup k čisté vodě a nezávadným potravinám, ochrana před extrémními výkyvy počasí a znečištěným ovzduším
- **Evropa a Česko?**
  - vlny horka, sezónní rozložení alergenních pylů, šíření infekčních chorob přenášených klíšťaty a komáry
  - úzká souvislost se znečištěným ovzduším

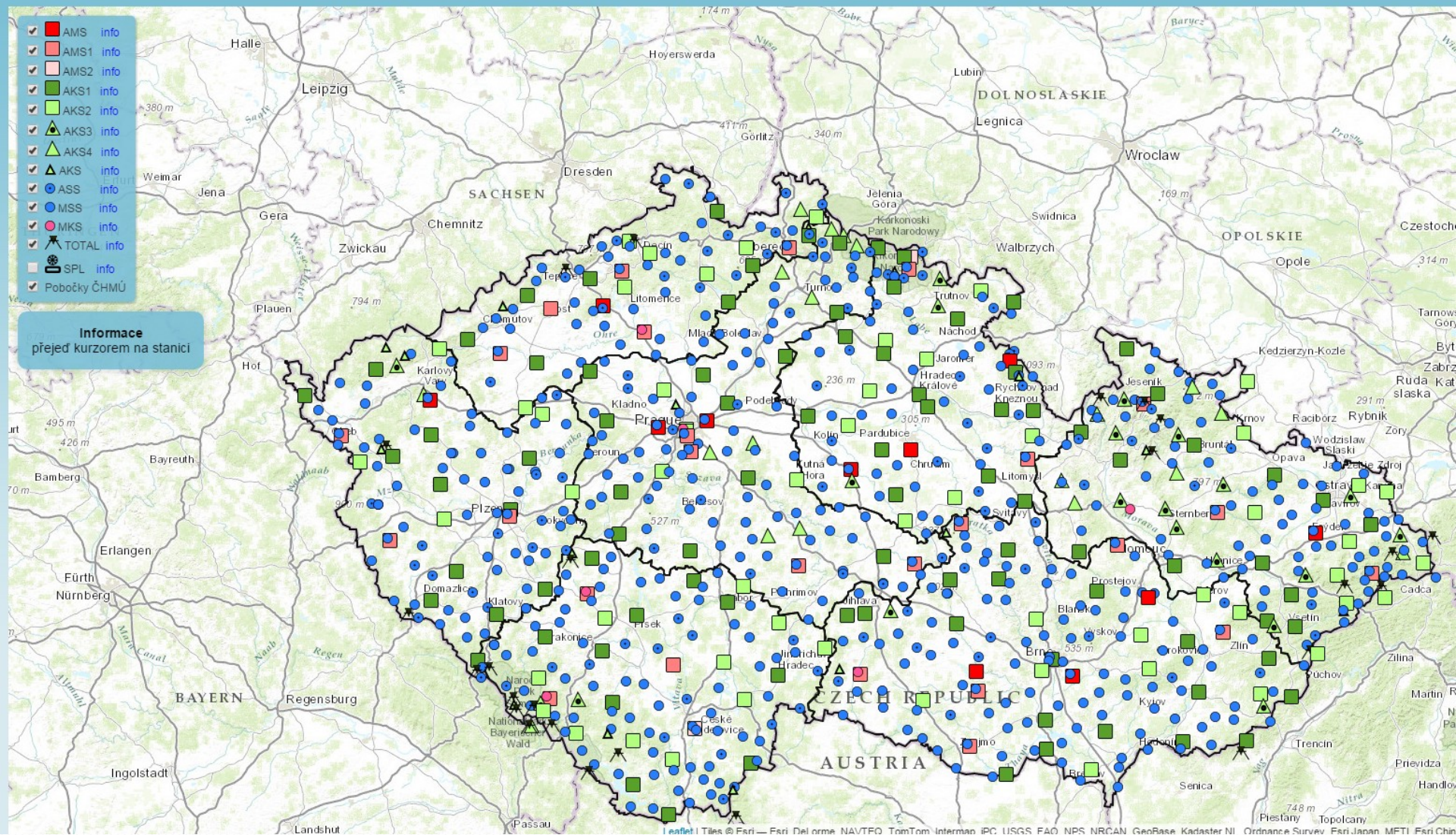
N. Myers (2002): Environmental refugees: a growing phenomenon of the 21st century. Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Biological Sciences 357 (1420).


„změna životního prostředí donutí opustit domovy až 50 miliónů lidí“

# Klimatický záznam ČR

- 25 profesionálních, 170 klimatologických a 700 srážkoměrných stanic
- Nejstarší Praha-Klementinum (1775)
- Dnes z velké části automatizováno, data v intervalu 10 minut
- Kontrola a uložení dat, výpočet charakteristik v databázi CLIDATA

## Meteorologické stanice ČHMÚ



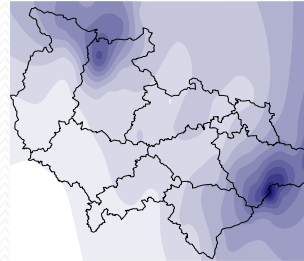


**Mění se klima? Zvyšuje se  
extremita klimatu? Nebo nám  
jenom globalizovaný svět  
zprostředkovává informace rychleji  
a možná i přesněji než v minulosti?**

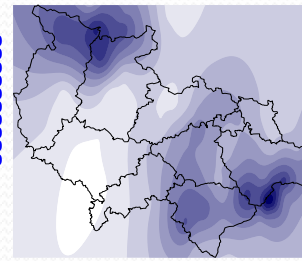
# Povodeň 1997



Červencový srážkový normál 1961 - 1990 [mm]      Úhrn srážek v červenci 1997 4.7. - 8.7. [mm]

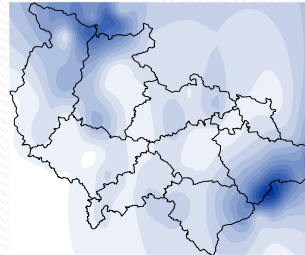


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200



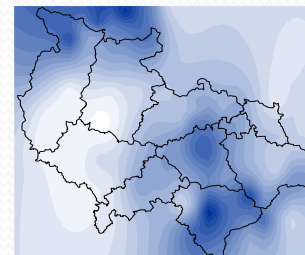
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

100-letá srážka [mm]

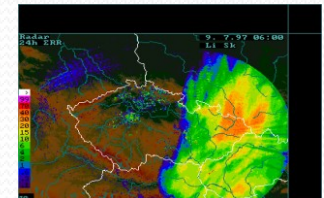
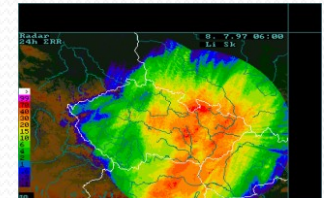
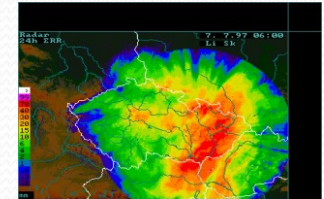
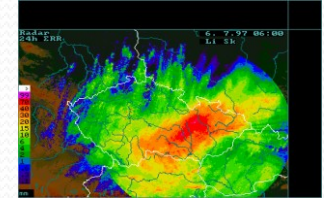


0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200

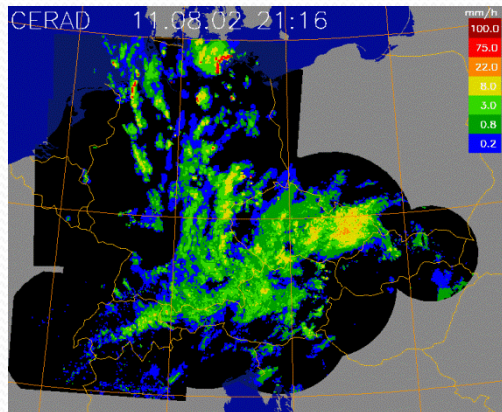
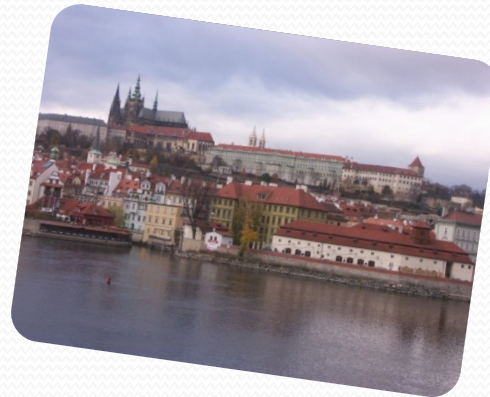
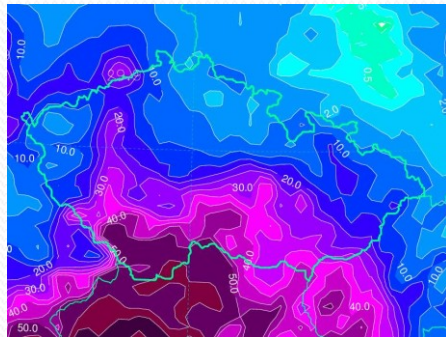
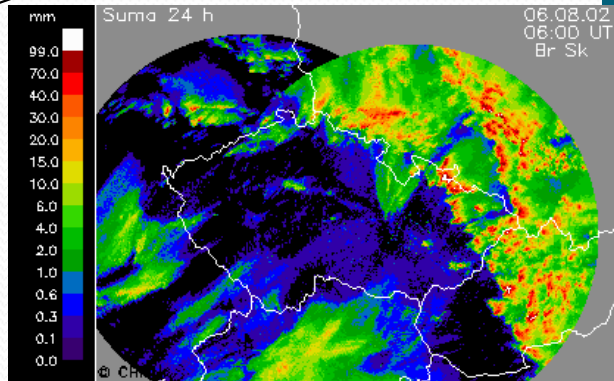
6.7. [% 100 leté srážky]



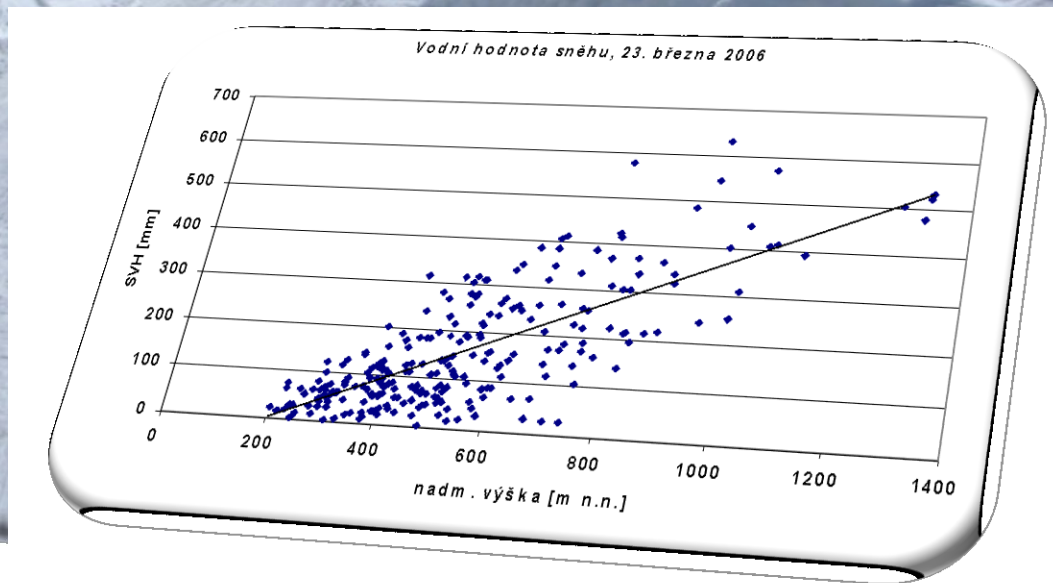
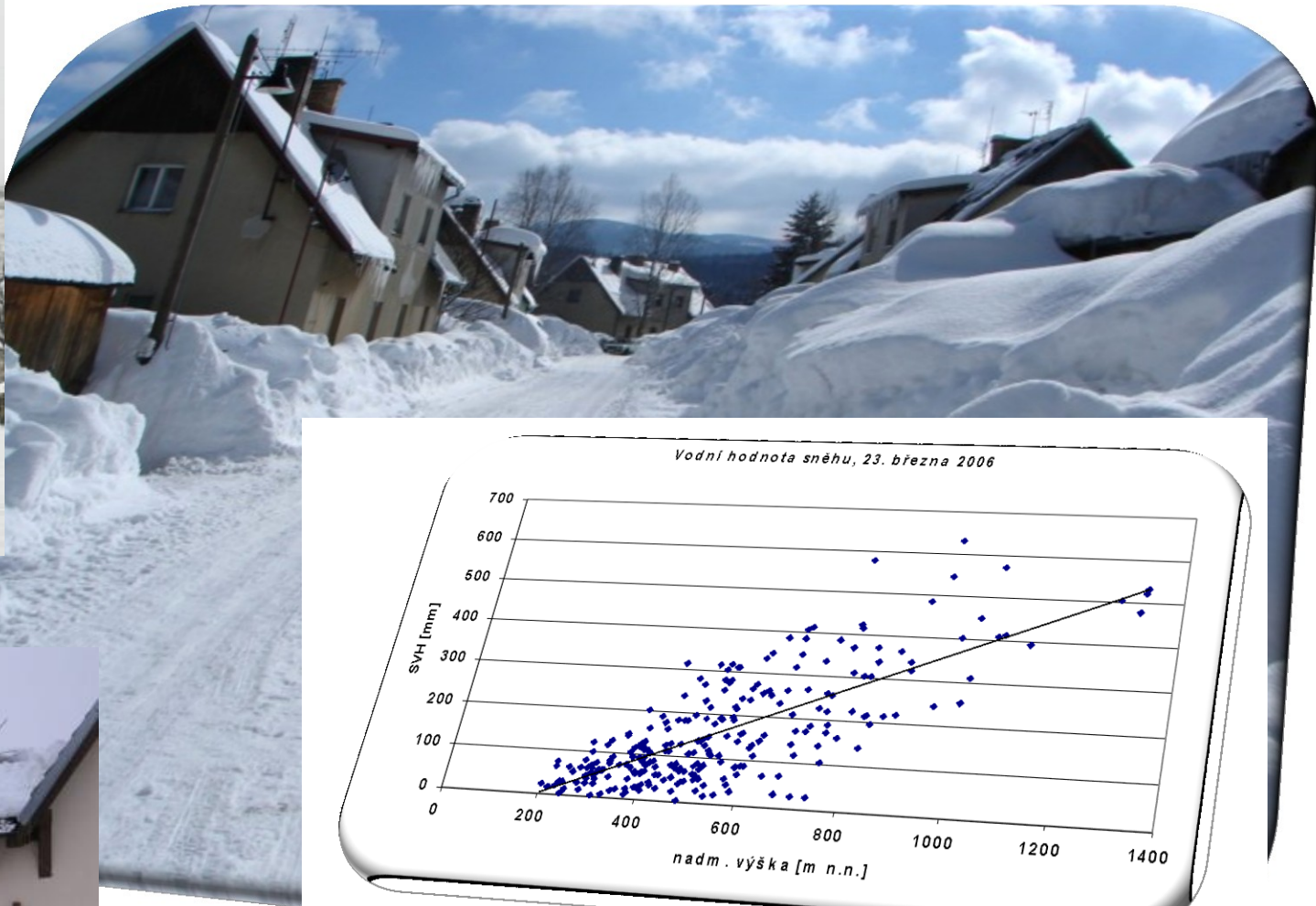
0 20 40 60 80 100 120 140 160 180 200



# Povodeň 2002

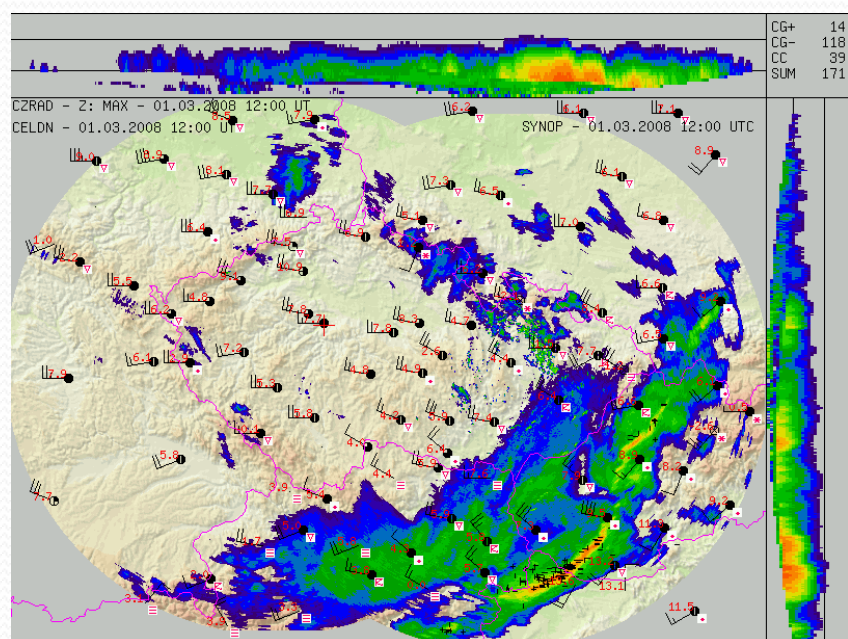
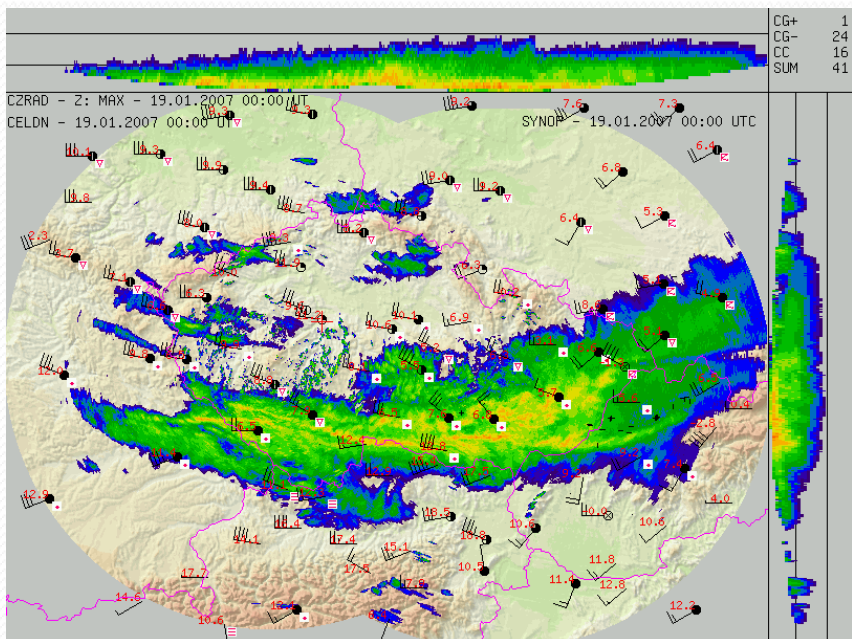
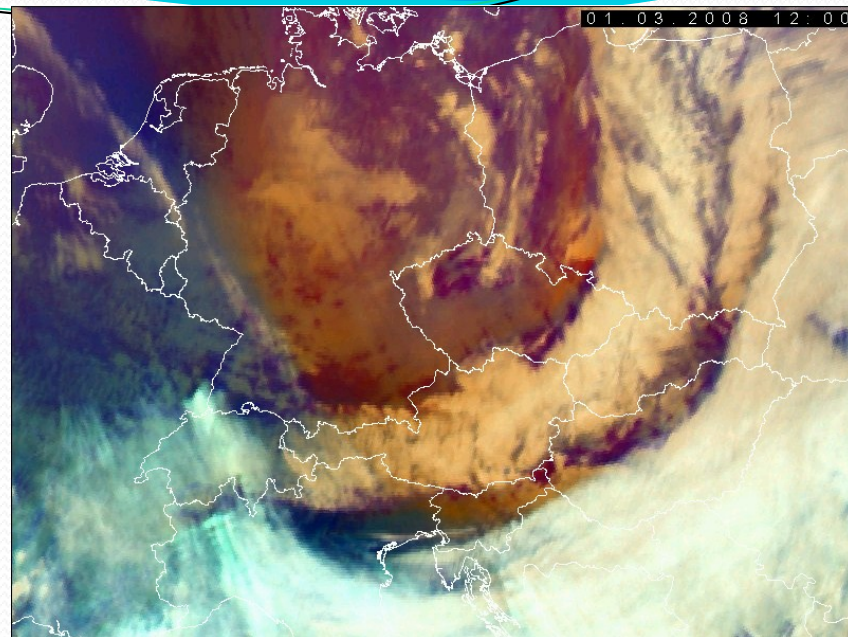
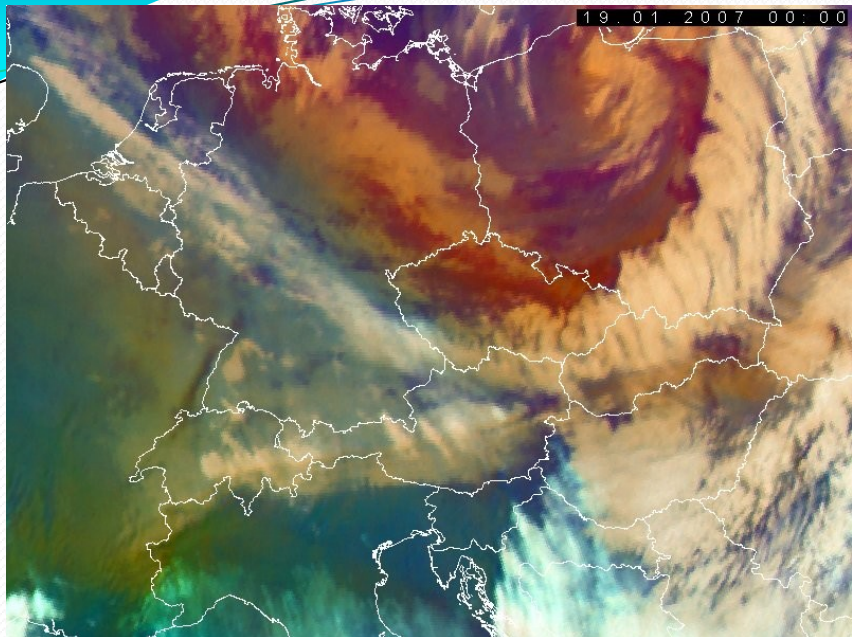


# Povodeň 2006



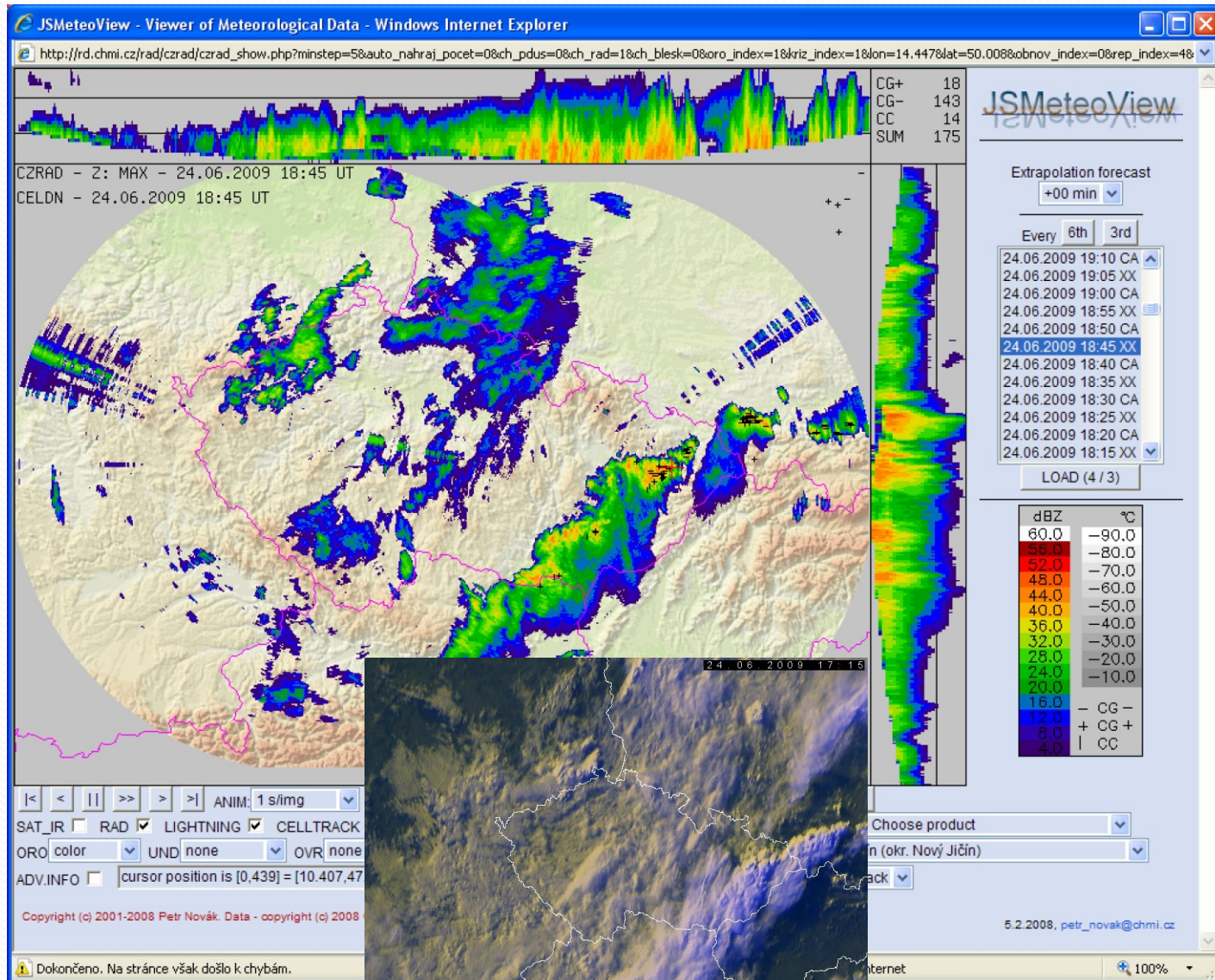
# Kyrill – 19. 1. 2007

# Emma – 1. 3. 2008 40/50

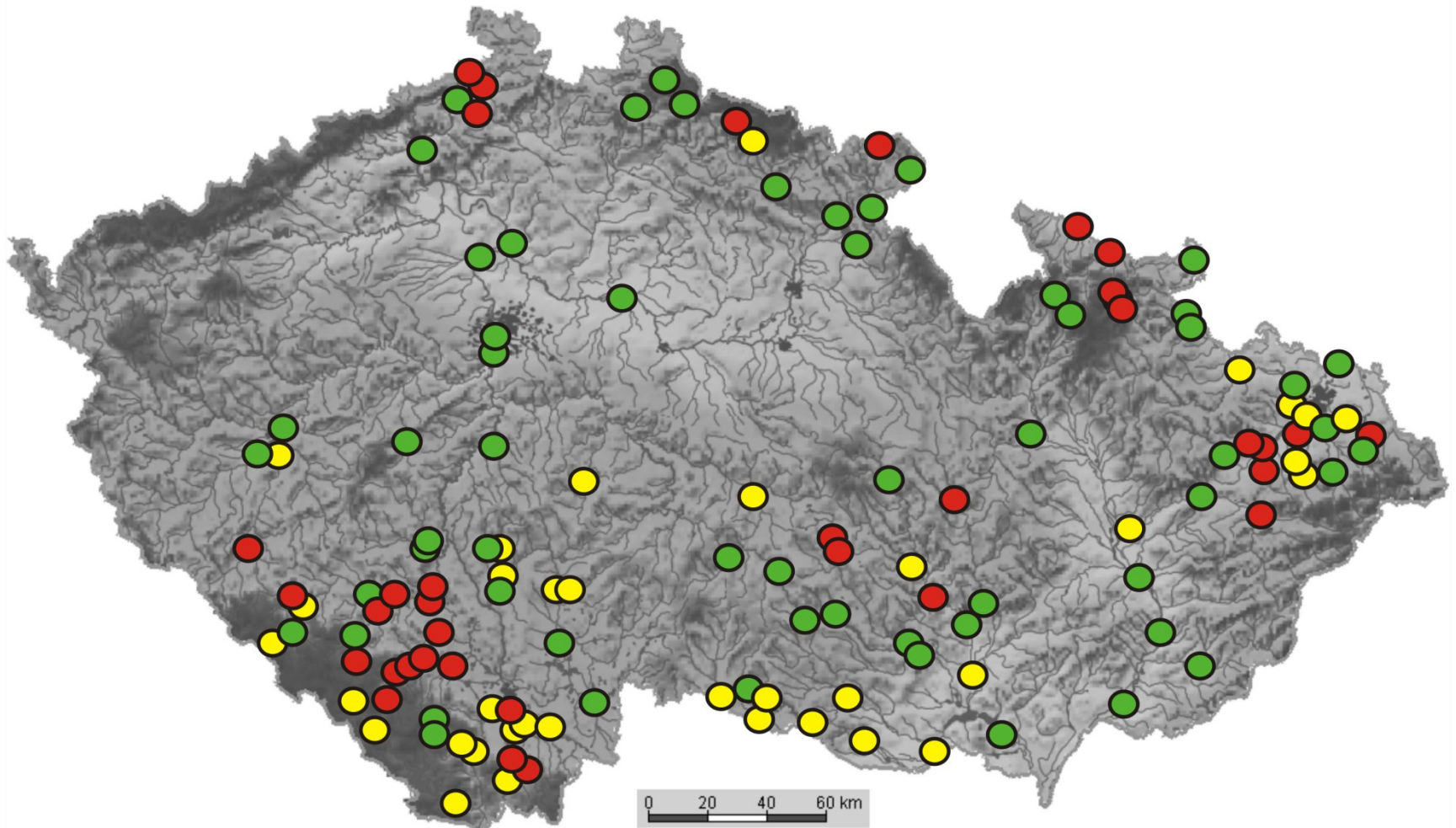




# Přívalové povodně 2009

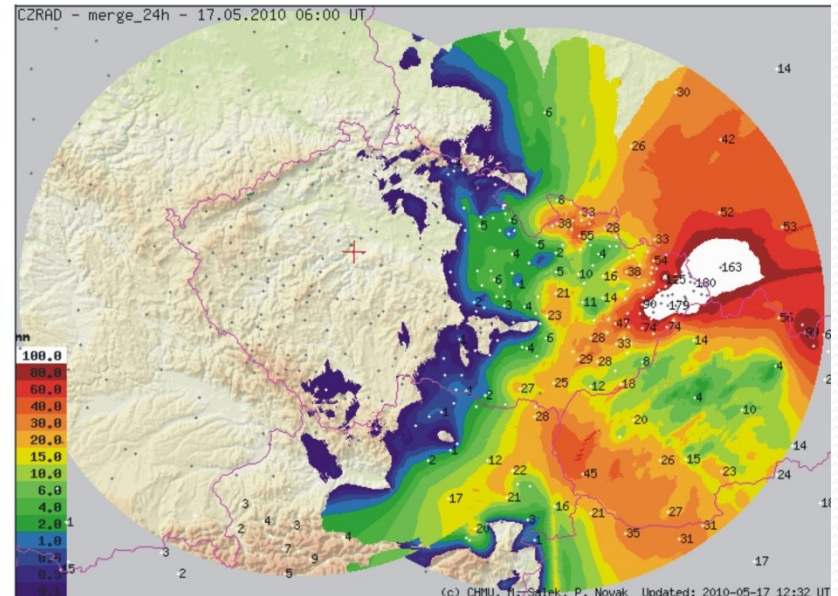
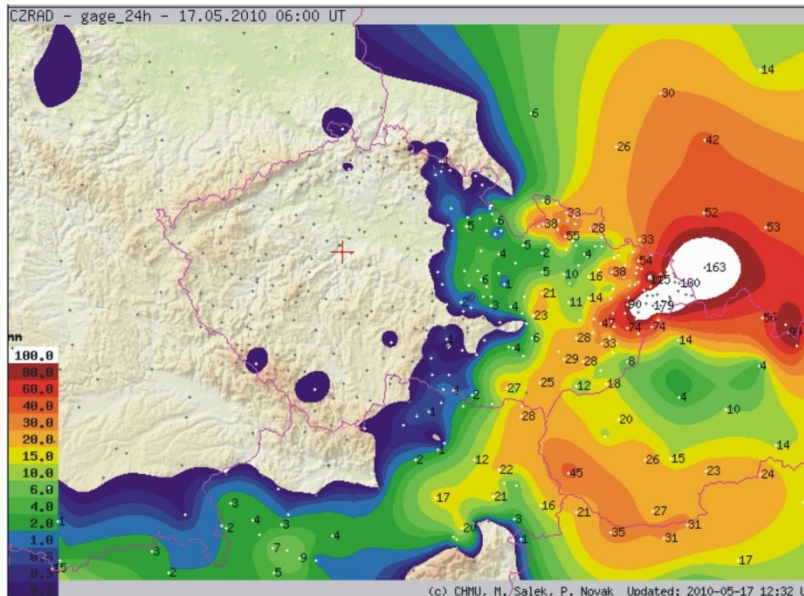
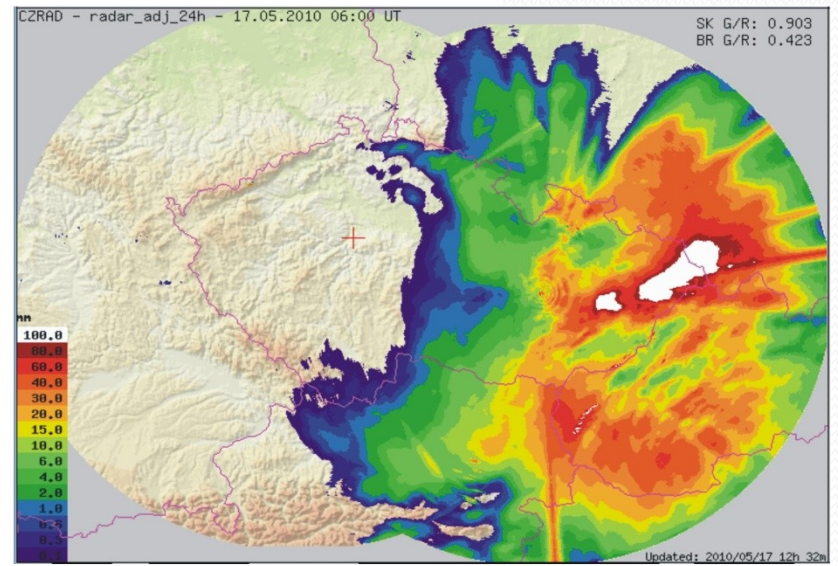
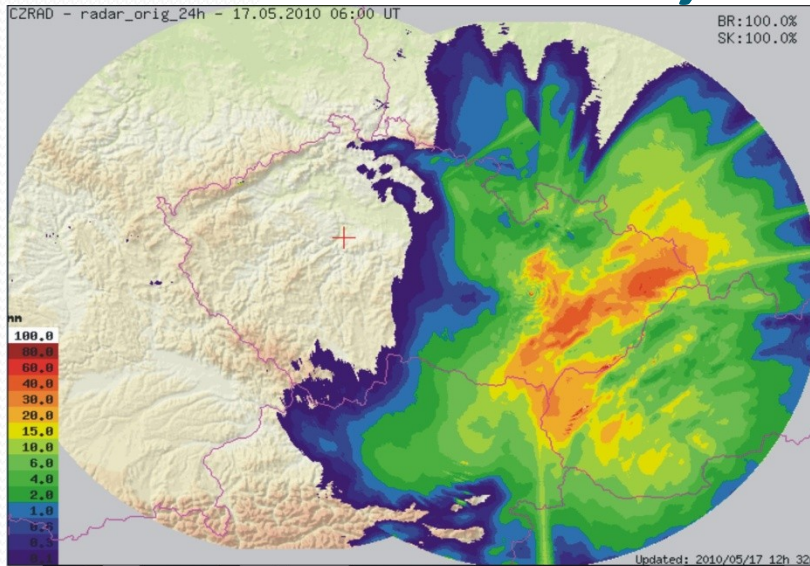


# SPA, červen a červenec 2009

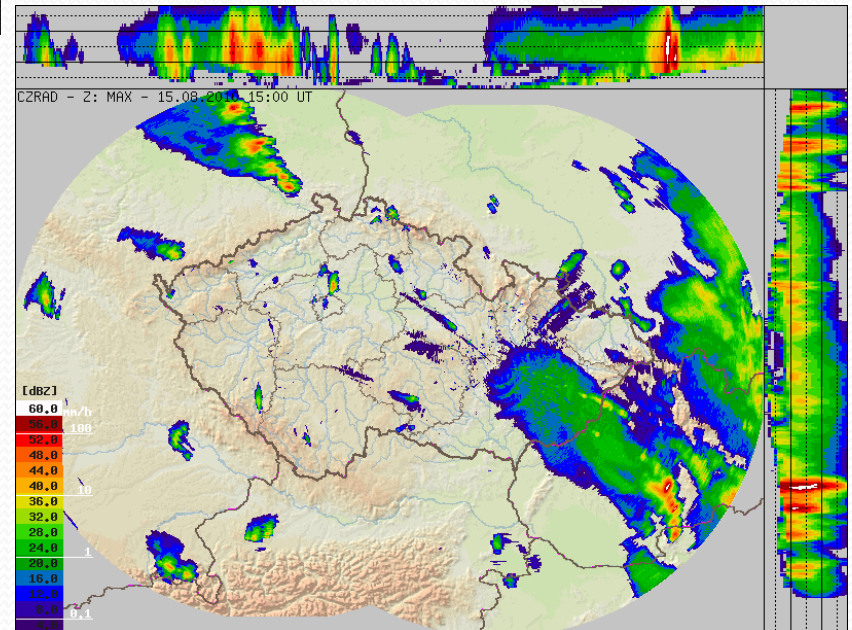
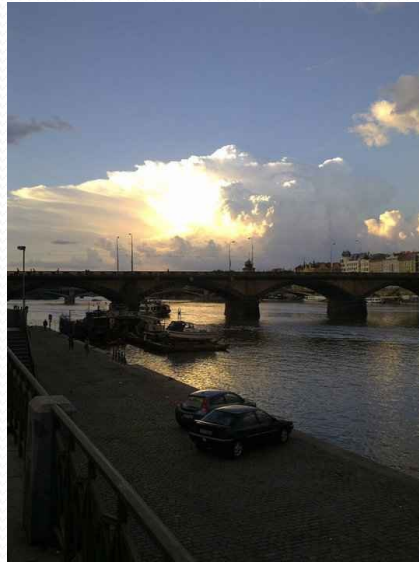


- 22. 6. - 5. 7. 2009 nejdelší souvislé období s východní cyklonální situací (Ec) za 70 let podle Brádkovy klasifikace

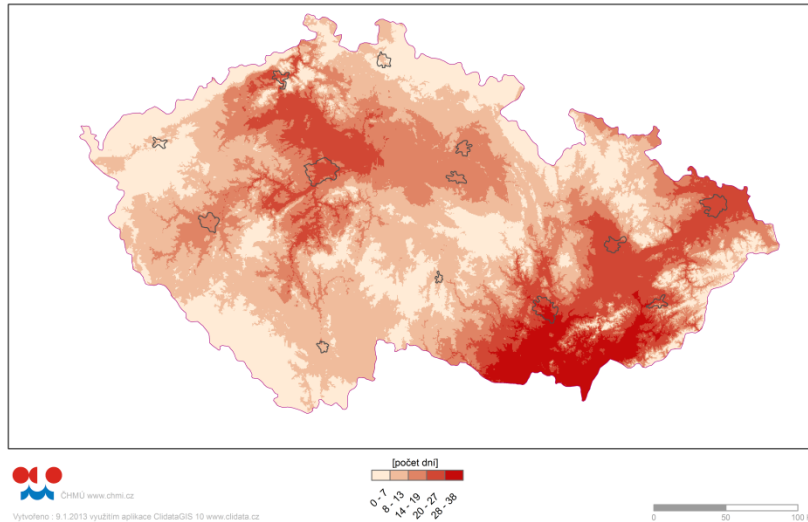
# Povodeň, květen 2010



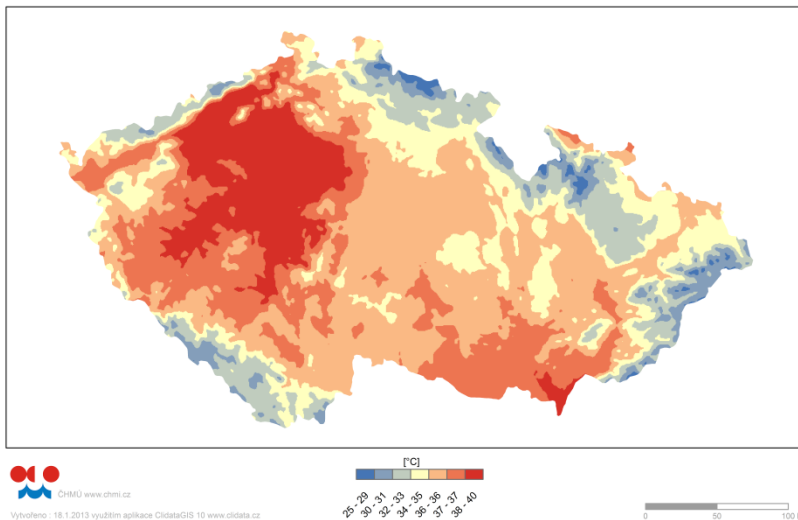
# Kroupy, srpen 2010



# Horké vlny 2012

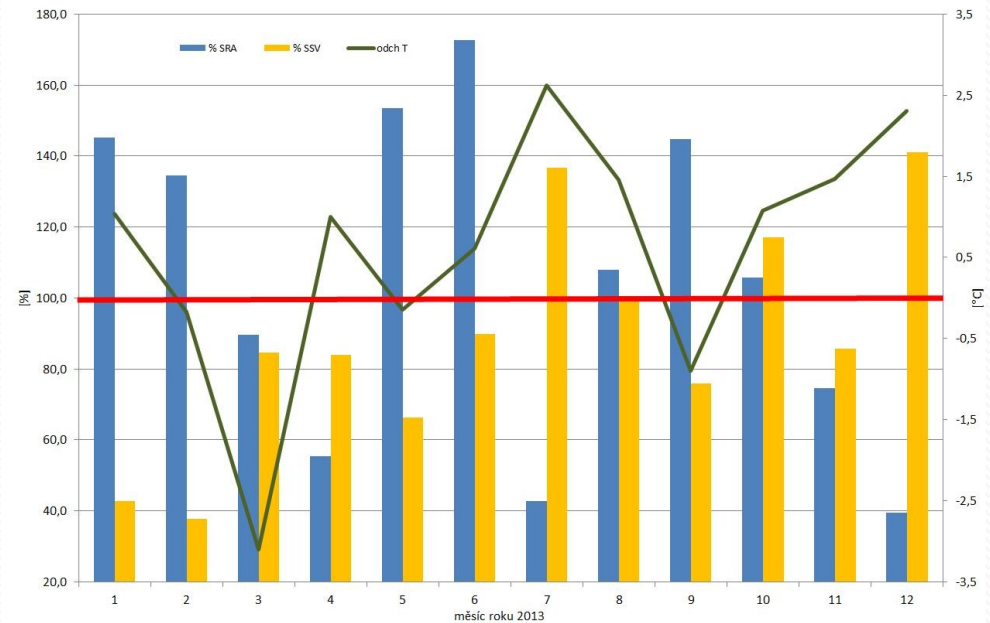
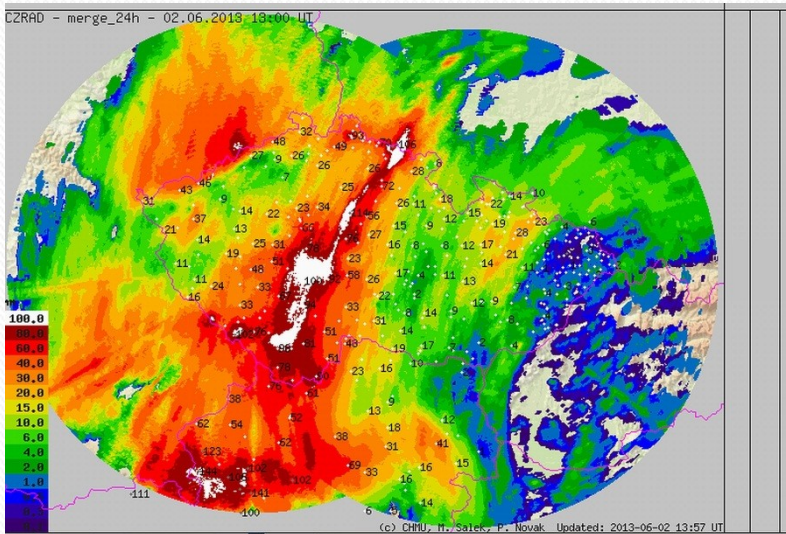
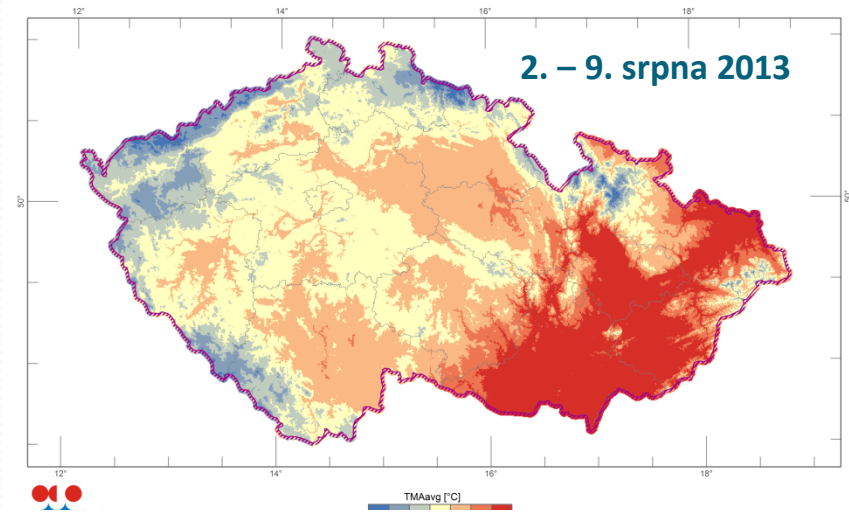



TMA 20. 8. 2012



- počet tropických dní až 38, průměr 1991-2010 je 15
- horká vlna na přelomu června a července zakončena intenzívními bouřkami
- 20. srpna 2012 na stanici Dobřichovice ve středních Čechách naměřena teplota +40,4 °C

# Podivný rok 2013



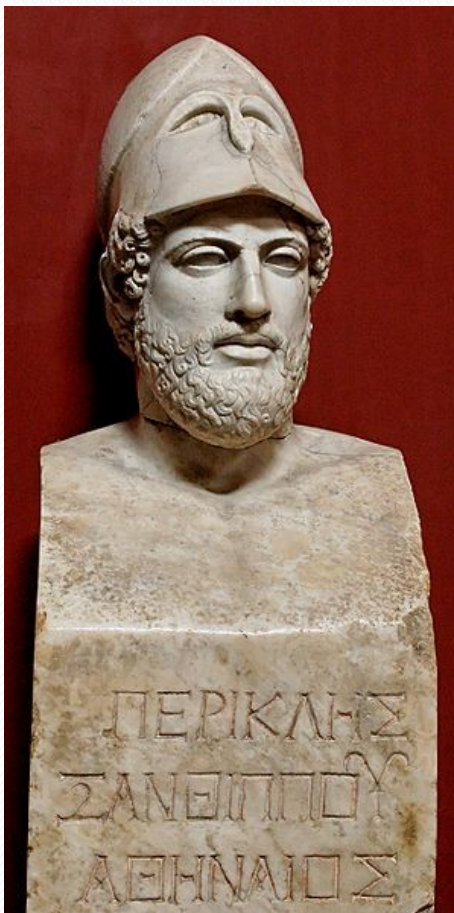


**Ve 20. století jsme informace o extrémním počasí spojovali se suchem v africkém Sahelu, povodněmi v Indii a lesními požáry v Kalifornii. Dnes vidíme extrémní počasí v bezprostředním okolí. Počasí a podnebí se mění.**

# Několik slov na závěr...

- **Klimatická změna je realita současnosti s globálními důsledky**
- **Podíl člověka na změnách a jejich důsledcích je zřejmý, ale těžko kvantifikovatelný**
- **Globální teplota vzrůstá, hlavním problémem jsou však narůstající extrémy počasí a rychle rostoucí teplota a kyselost oceánů**
- **Specifiky regionálních a lokálních dopadů**
- **Klimatická strategie**
  - vyváženost opatření na snižování emisí a adaptačních opatření,
  - ekonomické a energetické souvislosti
  - podpora vědy, výzkumu a vývoje nových technologií
- **Adaptační opatření jsou nejúčinnějším a nejrychlejším způsobem reakce na probíhající změny a jejich důsledky**





## Perikles (493-429 př.n.l.)

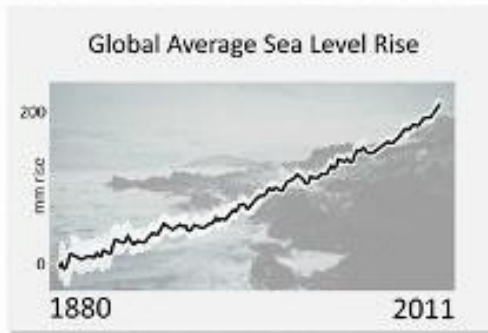
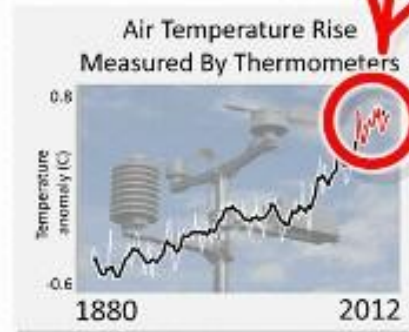
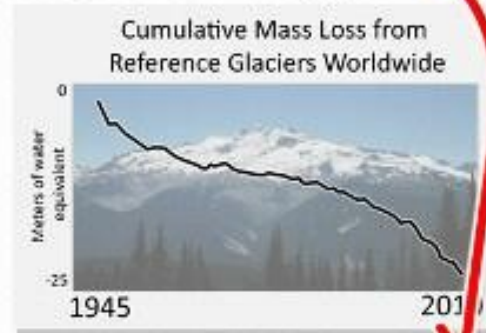
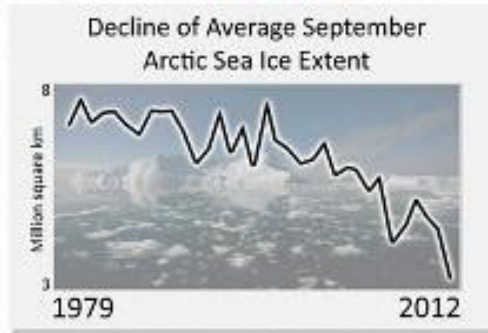
*„Není důležité budoucnost předpovídat ,  
ale je třeba se na ni připravit...“*

## Děkuji za pozornost

RNDr. Radim Tolasz, Ph.D.  
Český hydrometeorologický ústav  
ÚMK - OKZ  
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4  
[radim.tolasz@chmi.cz](mailto:radim.tolasz@chmi.cz)

How "skeptics" want you to see climate change:

"Look **HERE!** Warming has stopped!"



Be a Realist. Look at the whole picture.

Sources: Arctic ice, glaciers, sea level data: epa.gov/climatechange/science/indicators. Prehistoric temperatures: Maerott et al. (2013). Air temperatures: NASA GISTEMP Analysis. Ocean heat: Levitus et al. (2012). Based on a graphic from SkepticalScience.com.

climatex

# How Realists View Global Warming

