



Klimatické změny a jejich rizika – vliv lidstva na vývoj počasí

Jan Pretel

Český hydrometeorologický ústav

*Česká společnost pro jakost
70. klubové setkání
13. 5. 2014*





Základní témata dnešního odpoledne

Co o změně klimatu víme?

Jaké jsou hlavní příčiny změn a jejich dopadů?

Skleníkové plyny a jejich vliv

Jak přesně lze budoucí klima odhadnout?

Rizika důsledků změn

Poslední zpráva IPCC

Lze „boj s klimatem“ vyhrát ?



Rozdíl mezi počasím a klimatem

POČASÍ =

okamžitý stav atmosféry na daném místě

KLIMA (*PODNEBÍ*) =

průměrné charakteristické počasí na daném místě



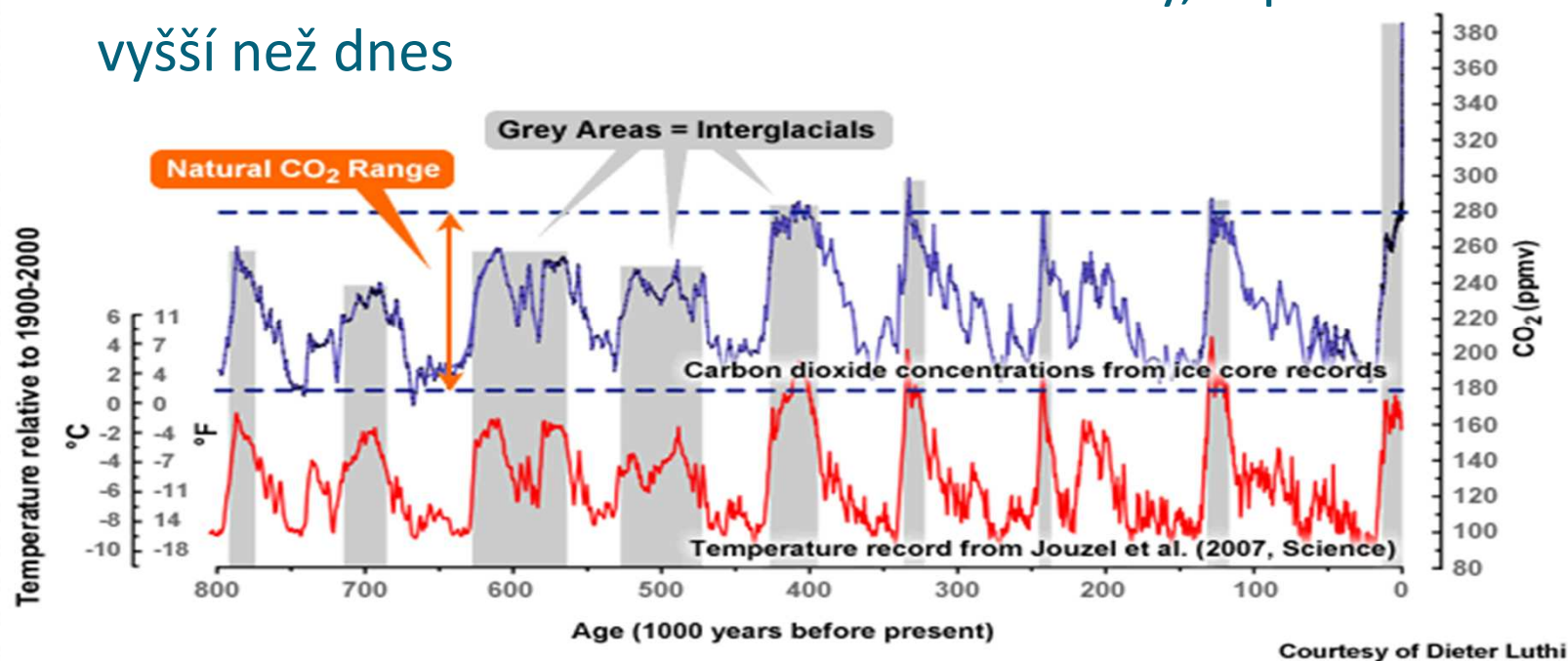
Co o změně klimatu víme?



Teplota - hlavní indikátor změn

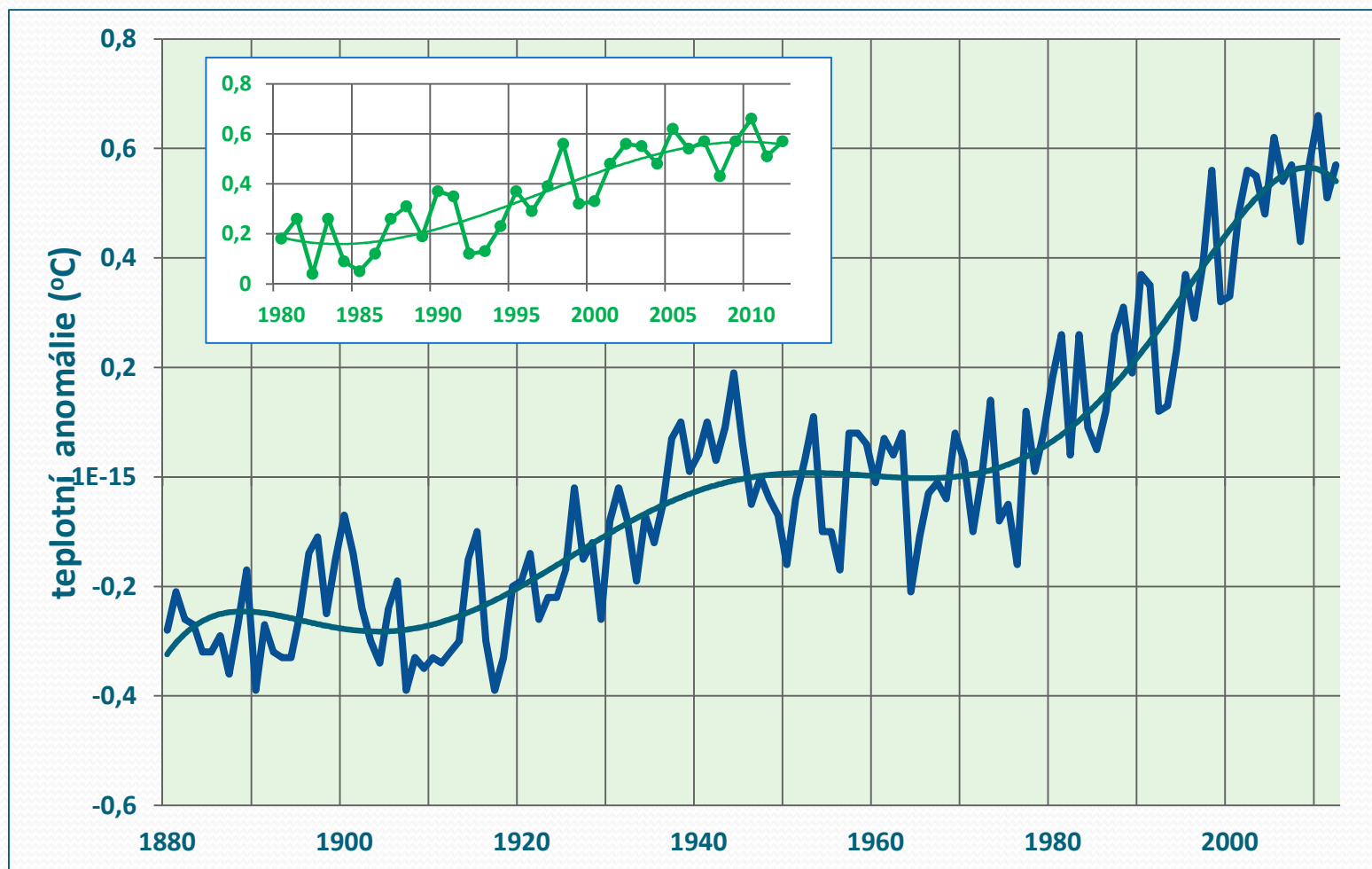
dost pravidelné střídání geologických epoch (ledová a meziledová období) s periodou kolem +/- 120 tisíc let

- *ledová období* - pomalejší nástup, kulminace ke konci období, teplota o 5 - 6 °C nižší než dnes
- *meziledová období* - kratší než ledové doby, teplota o 2 - 5 °C vyšší než dnes





Globální teplota 20. století



NOAA
(1880-2012)

2010

2005

1998

2003

2002

2006

2009

2007

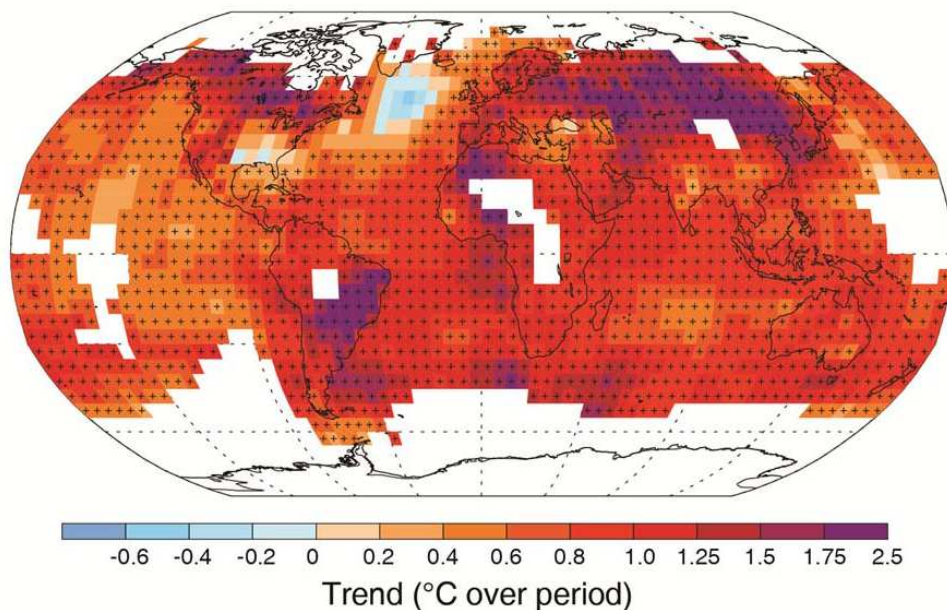
2004

2012



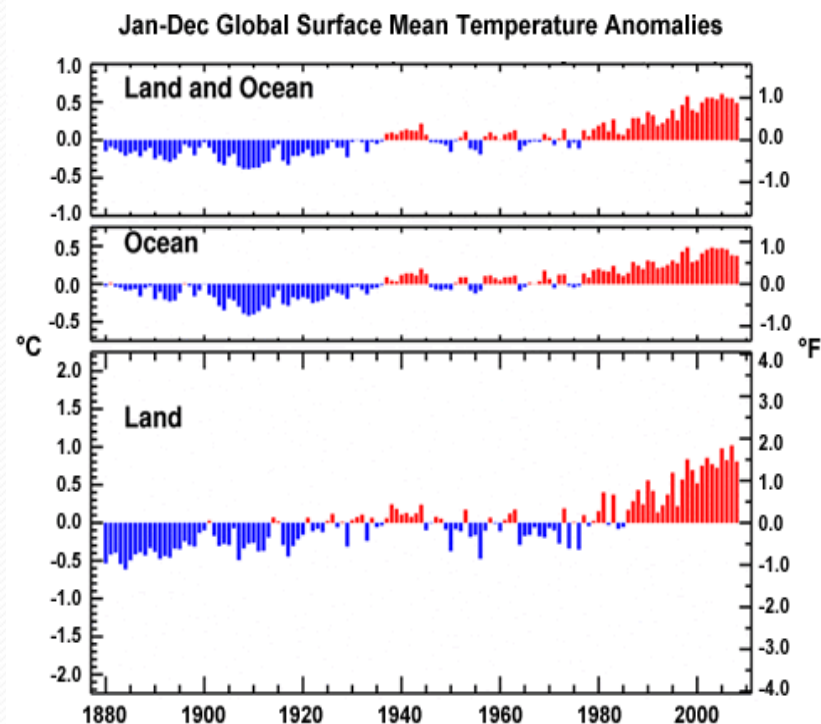
Změny teploty nejsou plošně homogenní

Observed change in average surface temperature 1901–2012



<i>příklad 2013</i>	pevnina	oceán
globálně	0,99	0,48
S - polokoule	1,02	0,51
J - polokoule	0,89	0,47

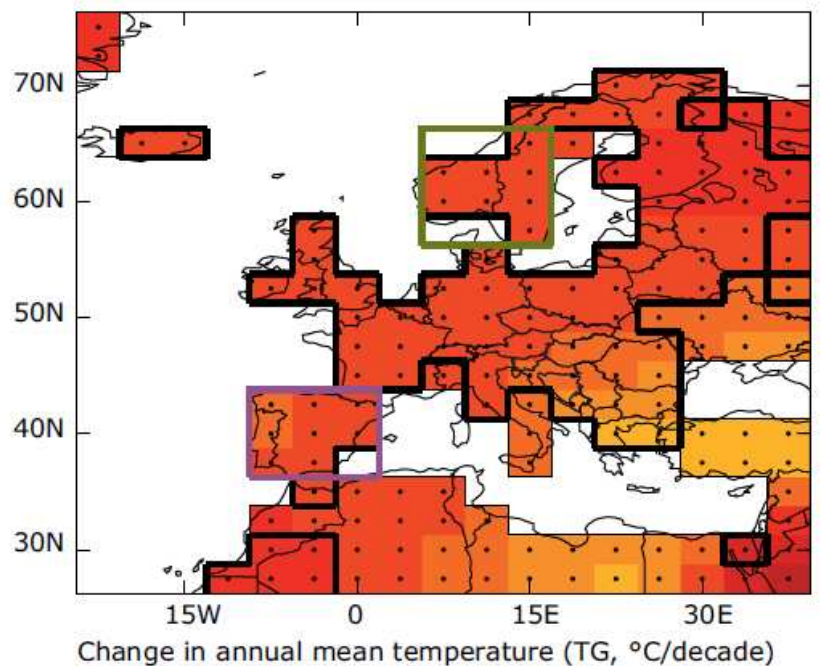
1880 – 2012:
globální nárůst teploty o 0,85 °C



NCDC / NESDIS / NOAA



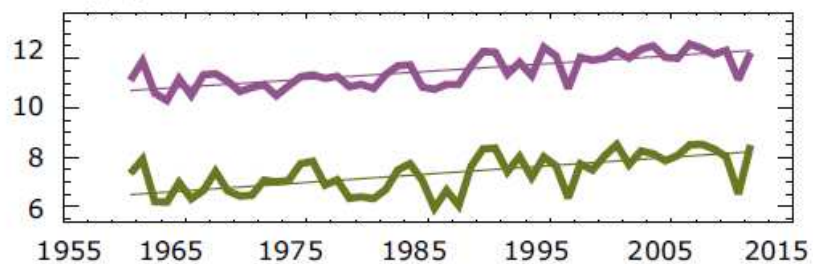
Teploty a srážky v Evropě 1961 - 2012



Change in annual mean temperature (TG, °C/decade)

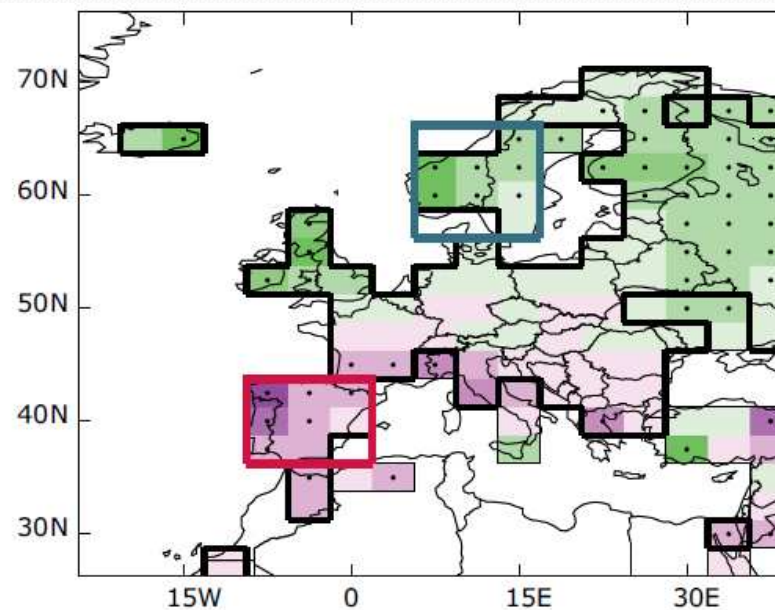


TG (°C)

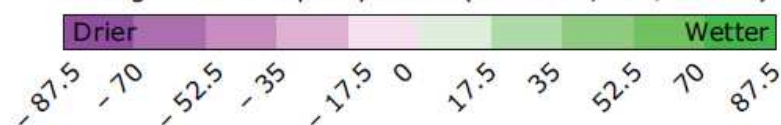


— Trend: 0.32 °C per decade (0.22 to 0.40)

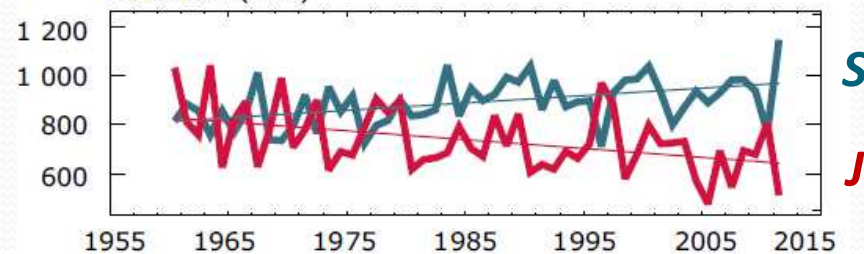
— Trend: 0.34 °C per decade (0.21 to 0.44)



Change in annual precipitation (PRCPTOT, mm/decade)



PRCPTOT (mm)

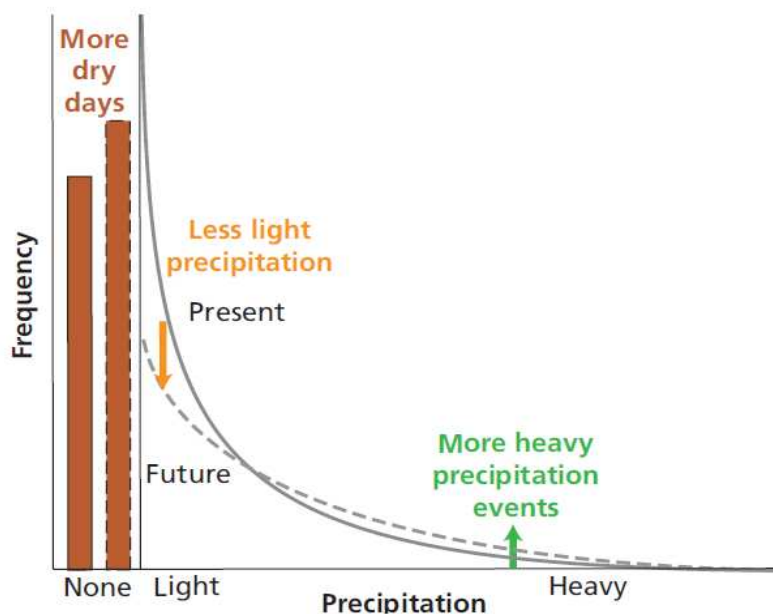
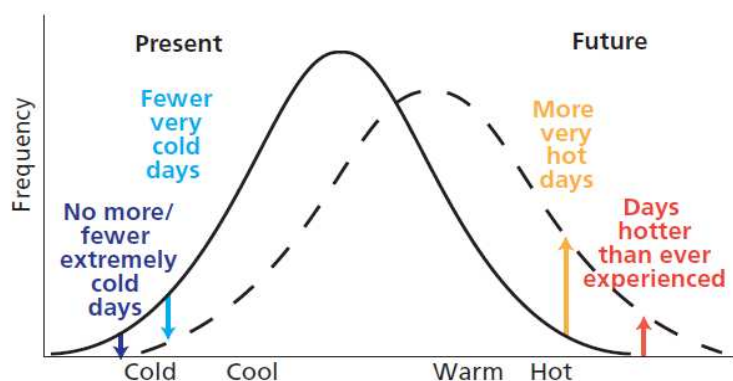


— Trend: - 35.99 mm per decade (- 59.30 to - 10.14)

— Trend: 30.10 mm per decade (12.60 to 46.56)



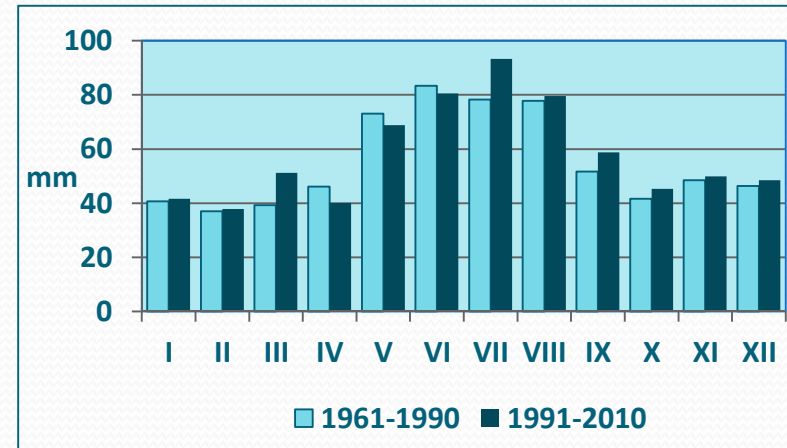
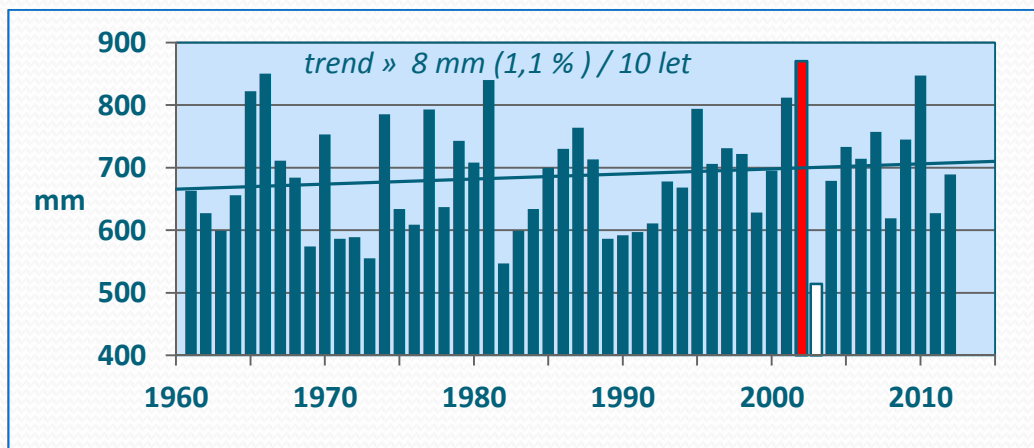
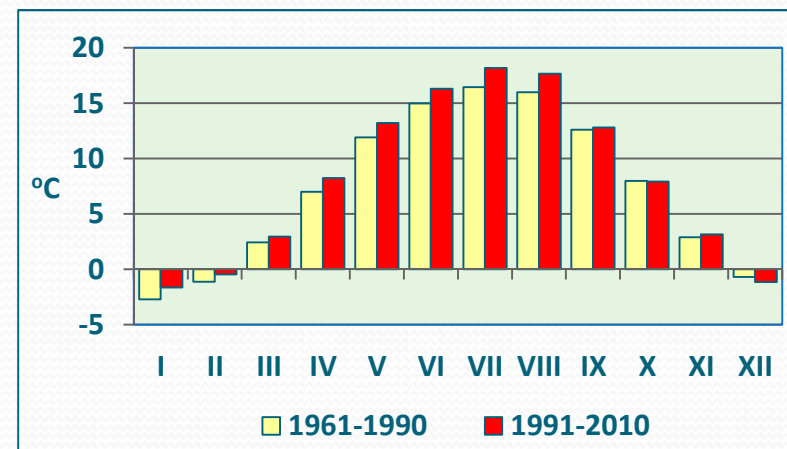
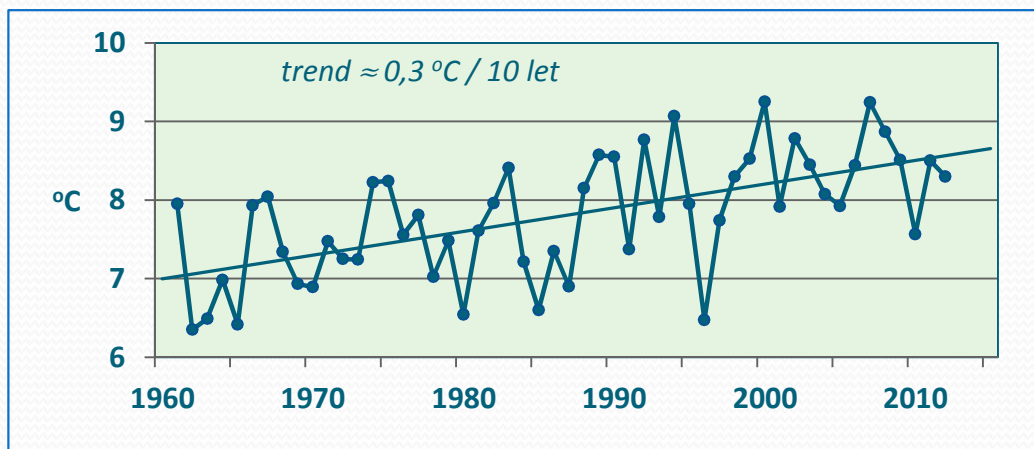
Extremity



- **zvýšení průměrné teploty** vede k vyšší četnosti výskytu vysokých teplot a k poklesu četnosti výskytu nízkých teplot
- změny teploty generují i **změny dalších meteorologických (klimatologických) faktorů**
- vyšší četnost častějšího **střídání suchých období a intenzivních srážek**



Teploty a srážky v ČR 1961 - 2010





Teplé dny vs. chladné noci 1961 - 2012

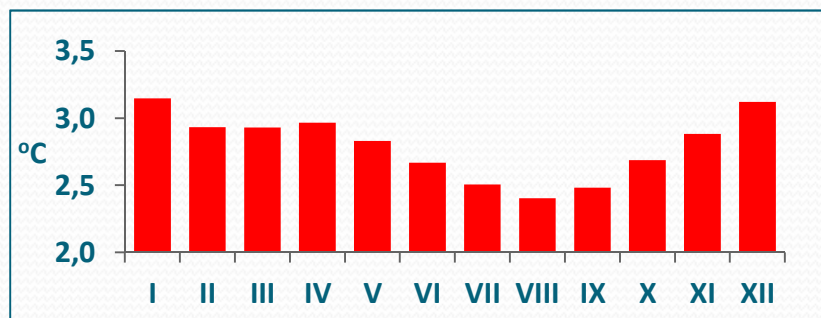
Průměrné počty dnů za rok (ČR)

	1961–1990	1991–2010	rozdíl mezi obdobími
letní dny (TMA $\geq 25^{\circ}\text{C}$)	45	57	12
tropické dny (TMA $\geq 30^{\circ}\text{C}$)	8	14	6
horké dny (TMA $\geq 35^{\circ}\text{C}$)	0,2	1,0	0,8
tropické noci (TMI $\geq 20^{\circ}\text{C}$)	0,1	0,4	0,3
mrazové dny (TMI $< 0^{\circ}\text{C}$)	112	106	-6
ledové dny (TMA $< 0^{\circ}\text{C}$)	30	28	-2
arktické dny (TMA $\leq -10\text{ C}$)	1,1	0,6	-0,5

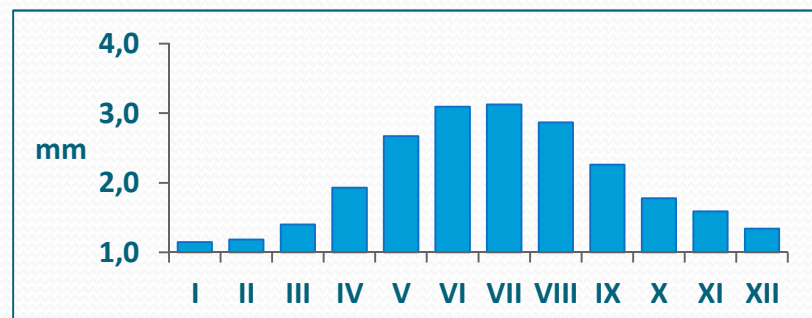


Proměnlivost denních teplot a srážek

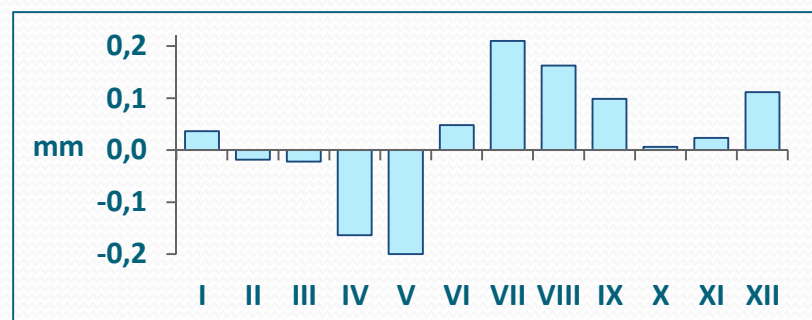
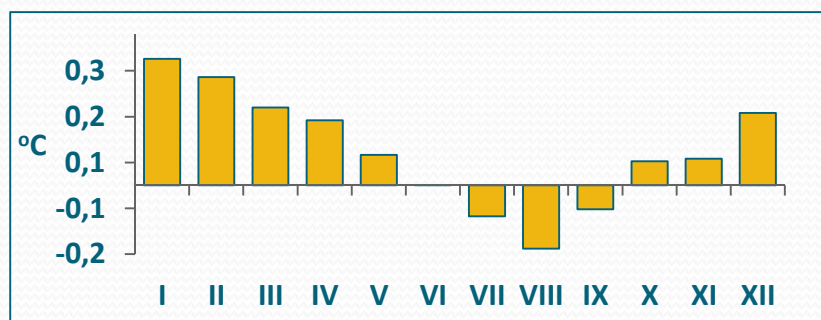
TEPLOTA



SRÁŽKY



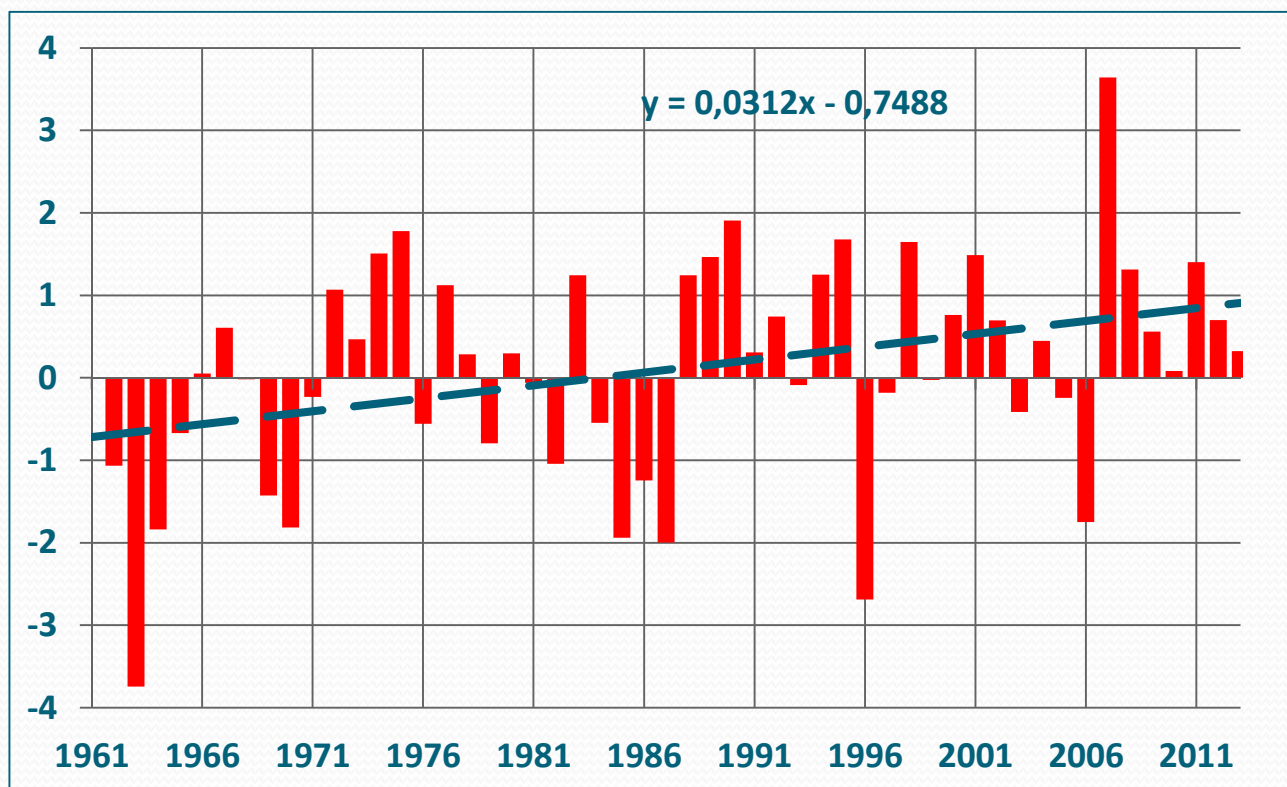
změna mezi obdobími 1991-2010 a 1961-1990



- **časová** proměnlivost srážek je výraznější než časová proměnlivost teploty
- roční chod proměnlivosti srážek výraznější než teplotní
- **prostorová** proměnlivost srážek je výraznější než prostorová proměnlivost teploty

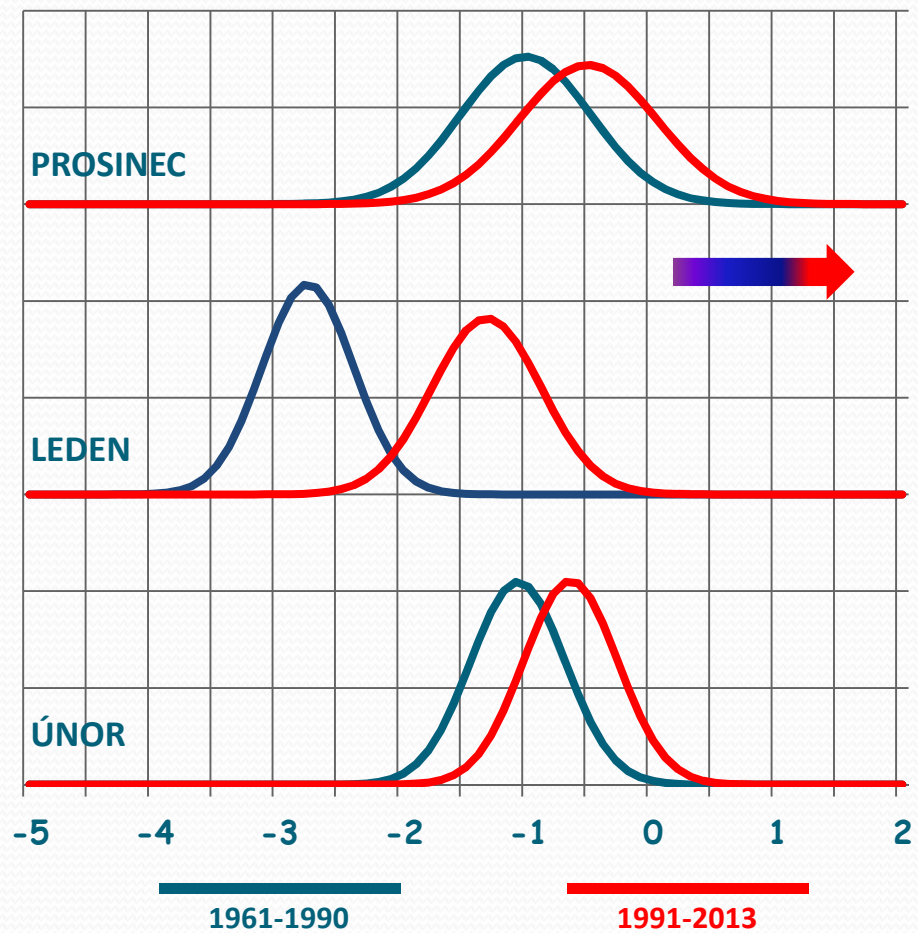


Odchylky zimních teplot (XI-III) *od průměru za 50+ let*





Zima 2013/2014





**Jaké jsou hlavní příčiny
změn a jejich dopadů?**



Příčiny změn klimatického systému

Klimatický systém

- atmosféra
- oceán
- kryosféra
- litosféra
- biosféra

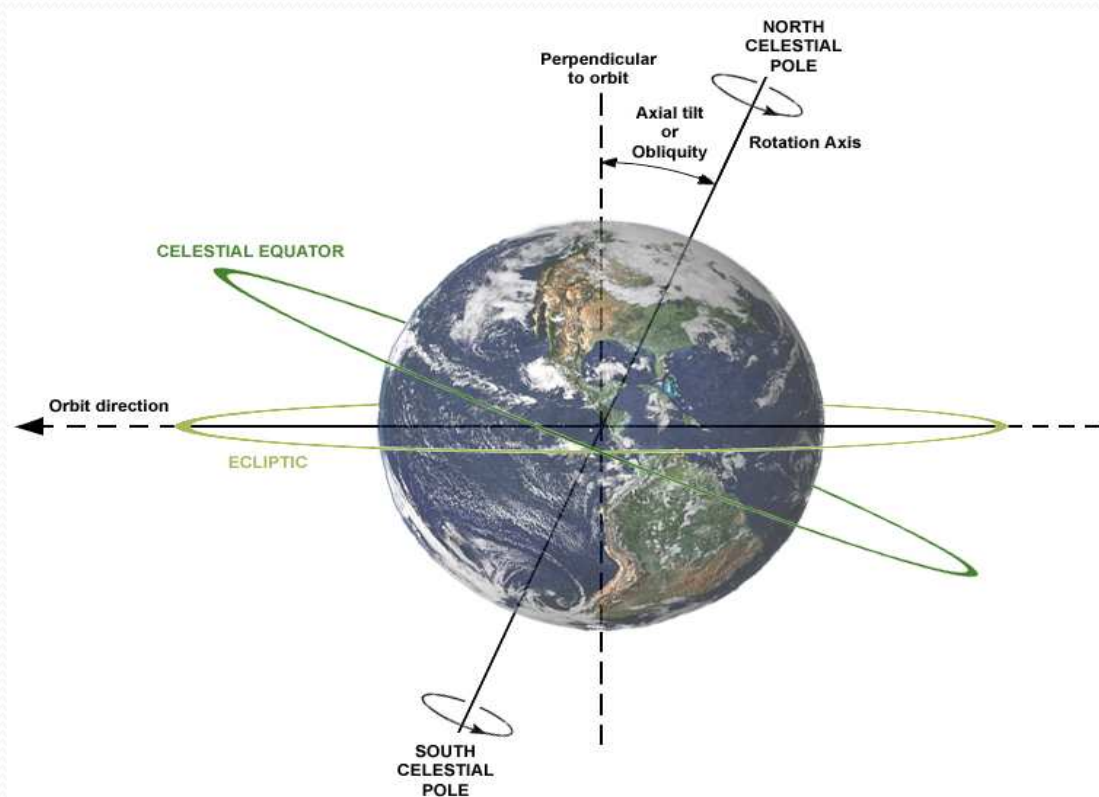
- změny ve složkách
- vazby mezi složkami
- zpětné vazby

Změny

- **přírozené**
 - orbitální změny
 - změny sluneční činnosti
 - změny parametrů zemského povrchu a oceánů
 - sopečná činnost
- **antropogenní**
 - emise skleníkových plynů
 - působení člověka na složky systému



Orbitální změny



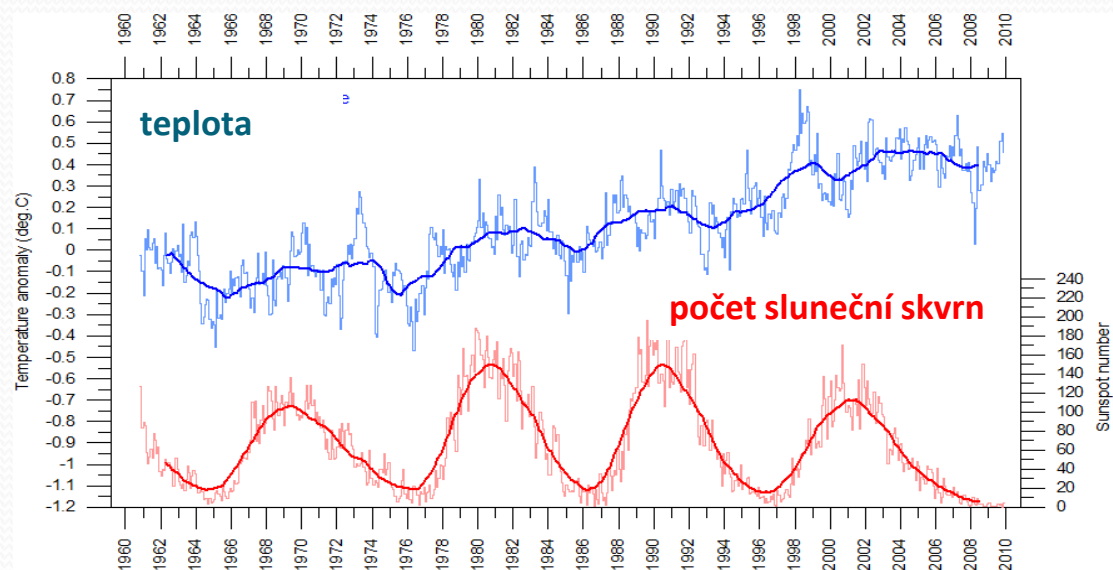
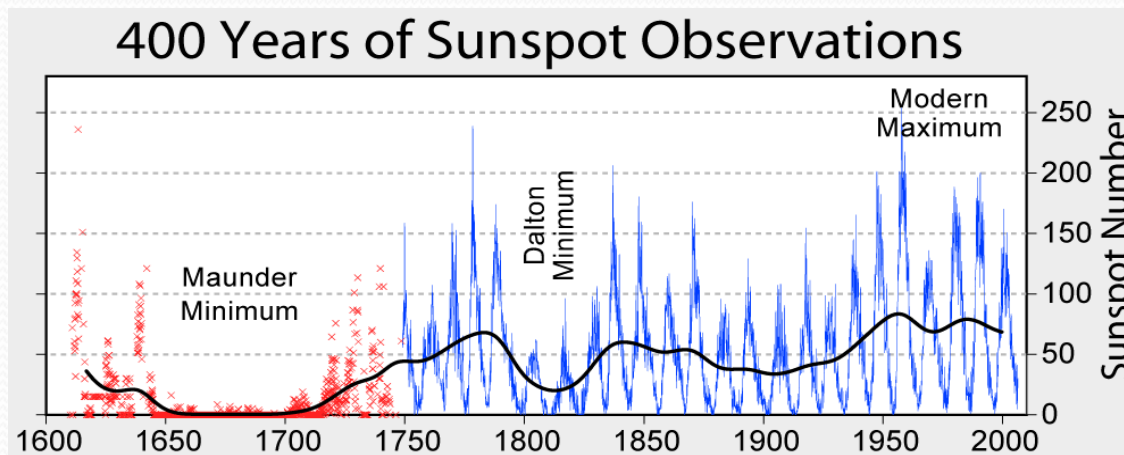
- **sklon zemské osy**
 - *periodicita ~ 41 000 let*
- **změny excentricity eliptické dráhy**
 - *periodicita ~ 100 000 let*
- **precese zemské osy**
 - *periodicita ~ 26 000 let*



Sluneční činnost a její změny

Milankovičovy cykly

- 11 let
- 22 let
- 87 let
- 210 let
- 2300 let
- 6000 let





Skleníkové plyny a jejich vliv



Skleníkový efekt a jeho zesilování

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

$$\Rightarrow T_1 \sim -18^\circ\text{C}$$

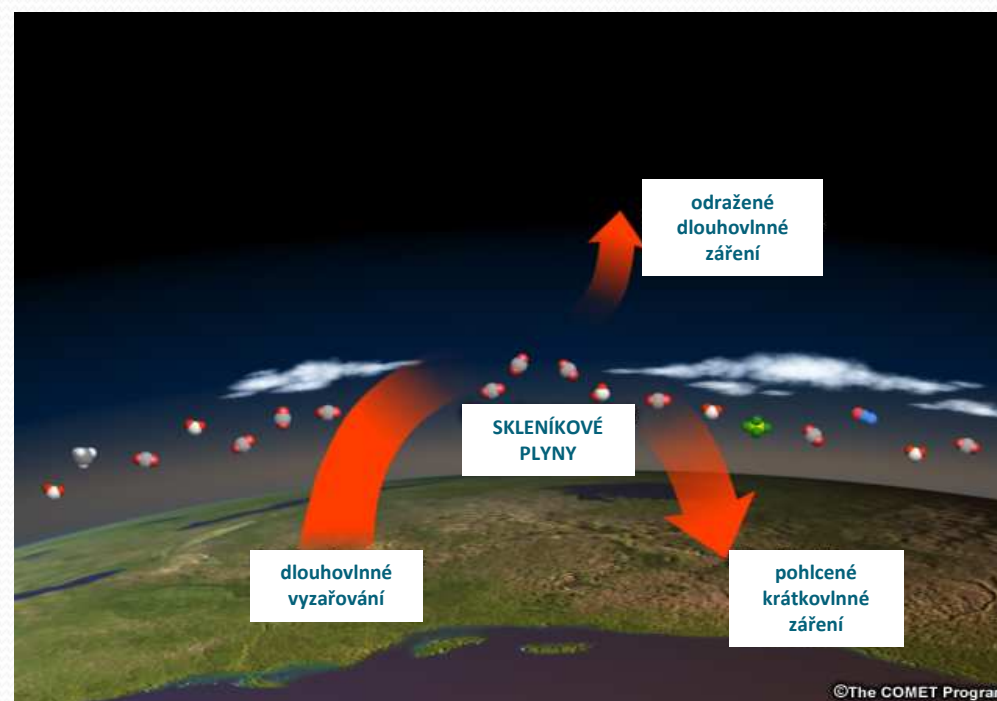
- působení **přírodního** množství skleníkových plynů

$$\Rightarrow T_2 \sim 15^\circ\text{C}$$

$$T_2 - T_1 \sim 33^\circ\text{C}$$

- antropogenní skleníkové plyny

$$\Rightarrow \Delta T > 0$$





Skleníkové plyny

- **přírodní**

vodní pára, CO₂, CH₄

- **antropogenní**

*CO₂, CH₄, N₂O,
PFC, HFC, SF₆*

- **pevné aerosoly**

VODNÍ PÁRA

- kombinovaný vliv
 - výpar
 - oblačnost
 - zpětné vazby
- podíl na přírodném skleníkovém efektu ≈ 65-85 %
- předpoklad „časové změny jsou minimální“ nemusí být správný (NOAA, 2009)
 - vliv vodní páry asi podceněn – 1/3 nárůstu teploty po r. 1990
 - po r. 2000 obsah vodní páry ve stratosféře klesá ⇒ zpomalení nárůstu teploty
 - změny teploty povrchové vody v oceánech (?)



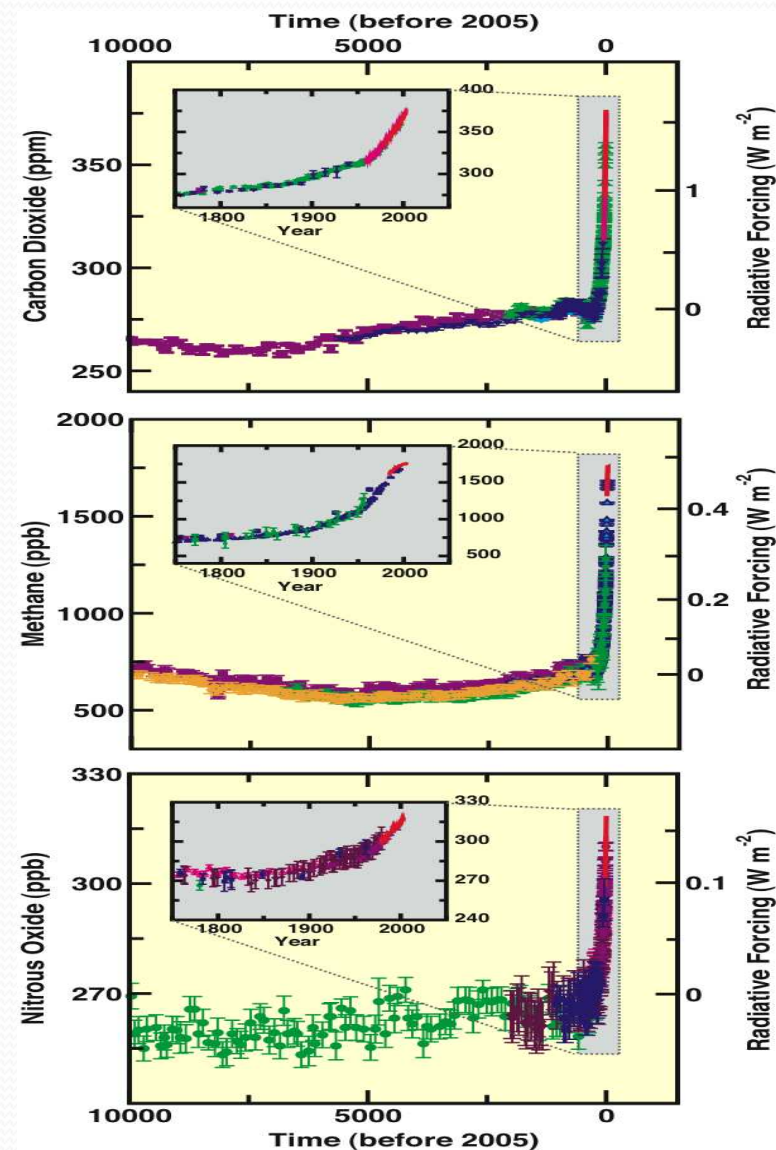
Emise plynů vs. jejich koncentrace

Zdroje emisí skleníkových plynů

- energetika
- průmysl
- doprava
- zemědělství
- odlesňování
- odpady

Koncentrace skleníkových plynů

- nárůst o přibližně 30 % za posledních 50 let
- nárůst o přibližně 50 % za posledních 200 let
- trend meziročních nárůstů
> 2 ppm, tj. > 0,5 %/rok





Jak přesně lze budoucí klíma odhadnout?



Modelování vývoje klimatu

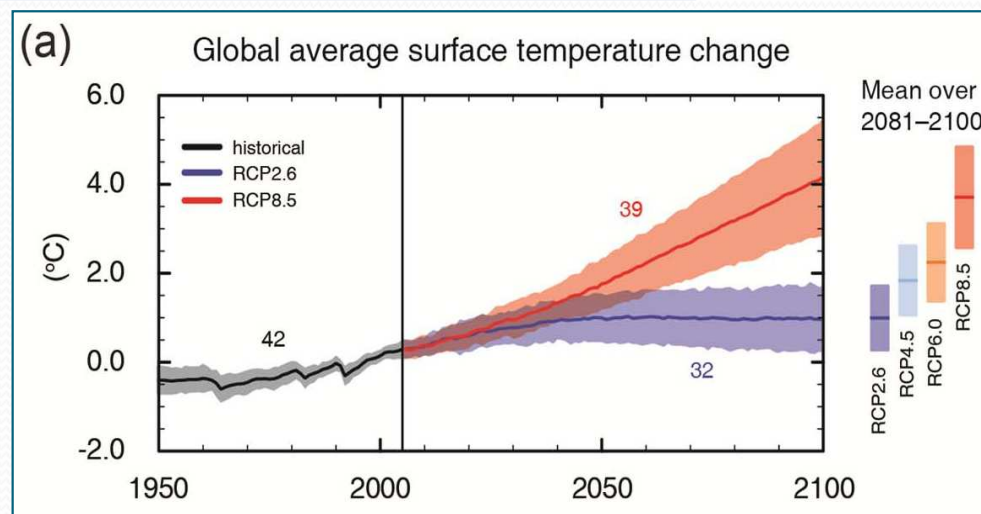
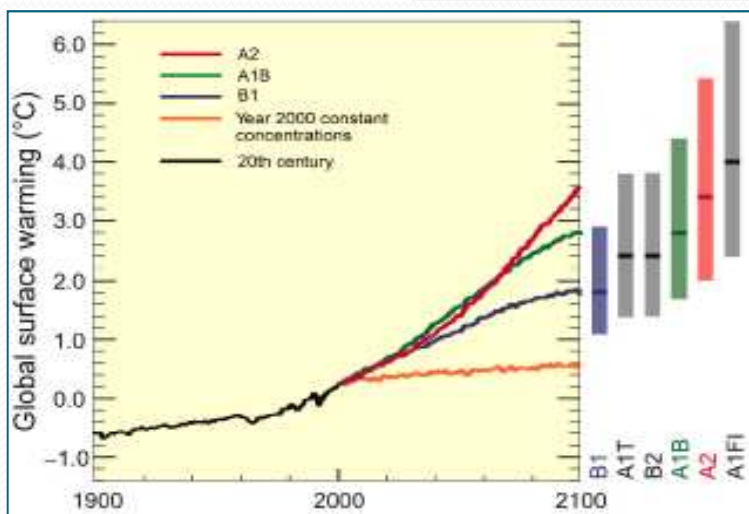
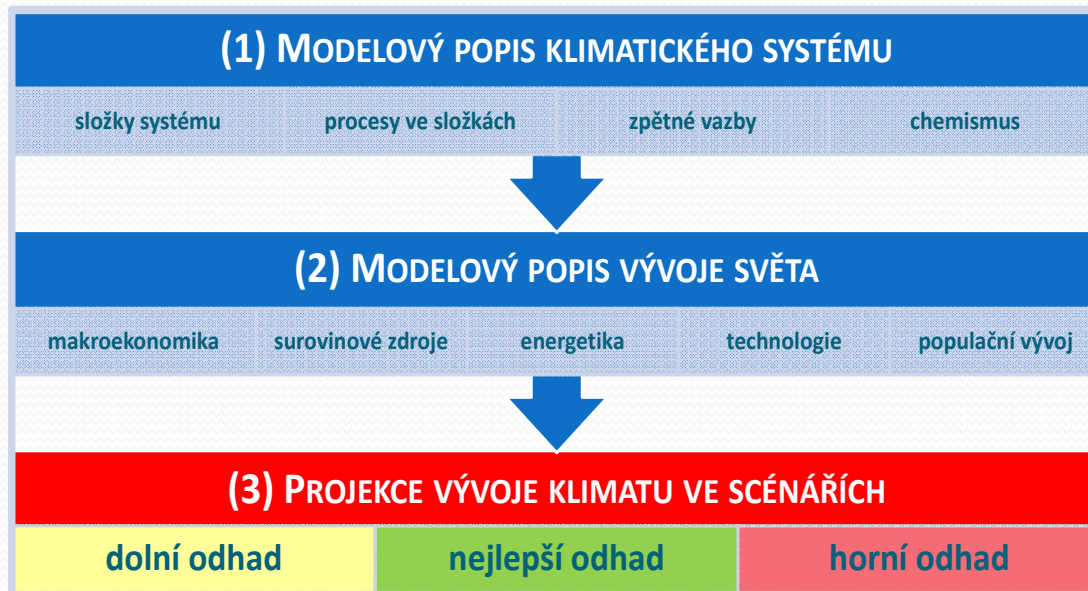
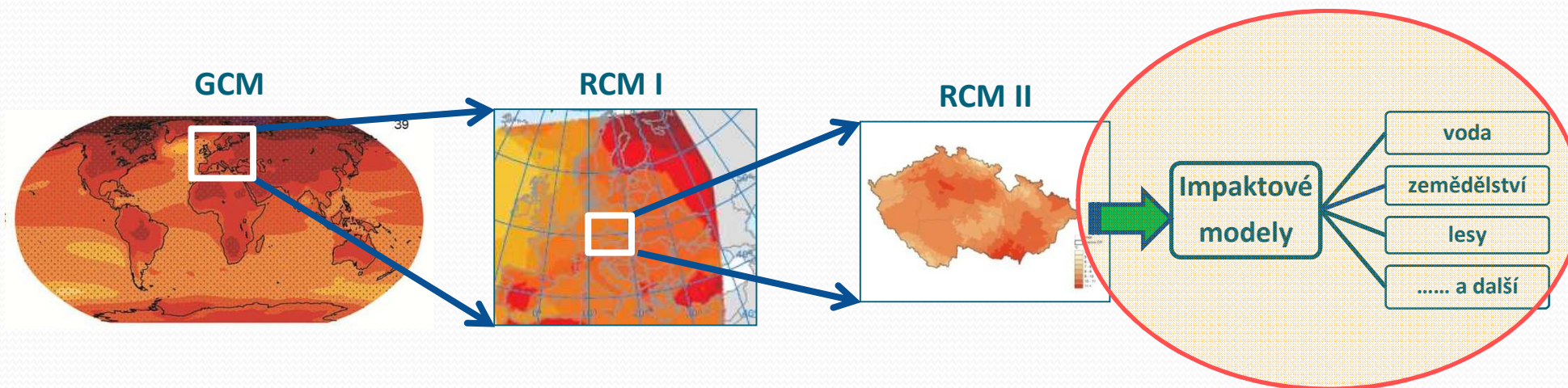




Schéma modelování



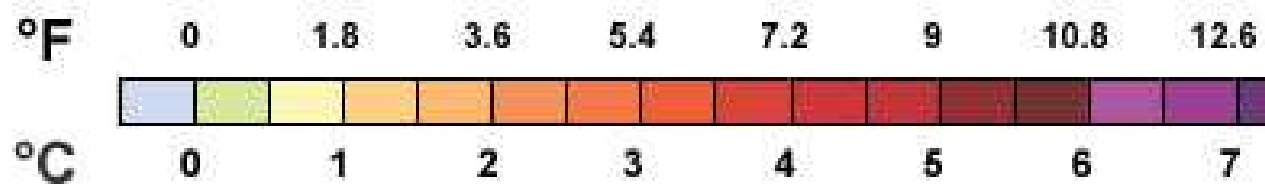
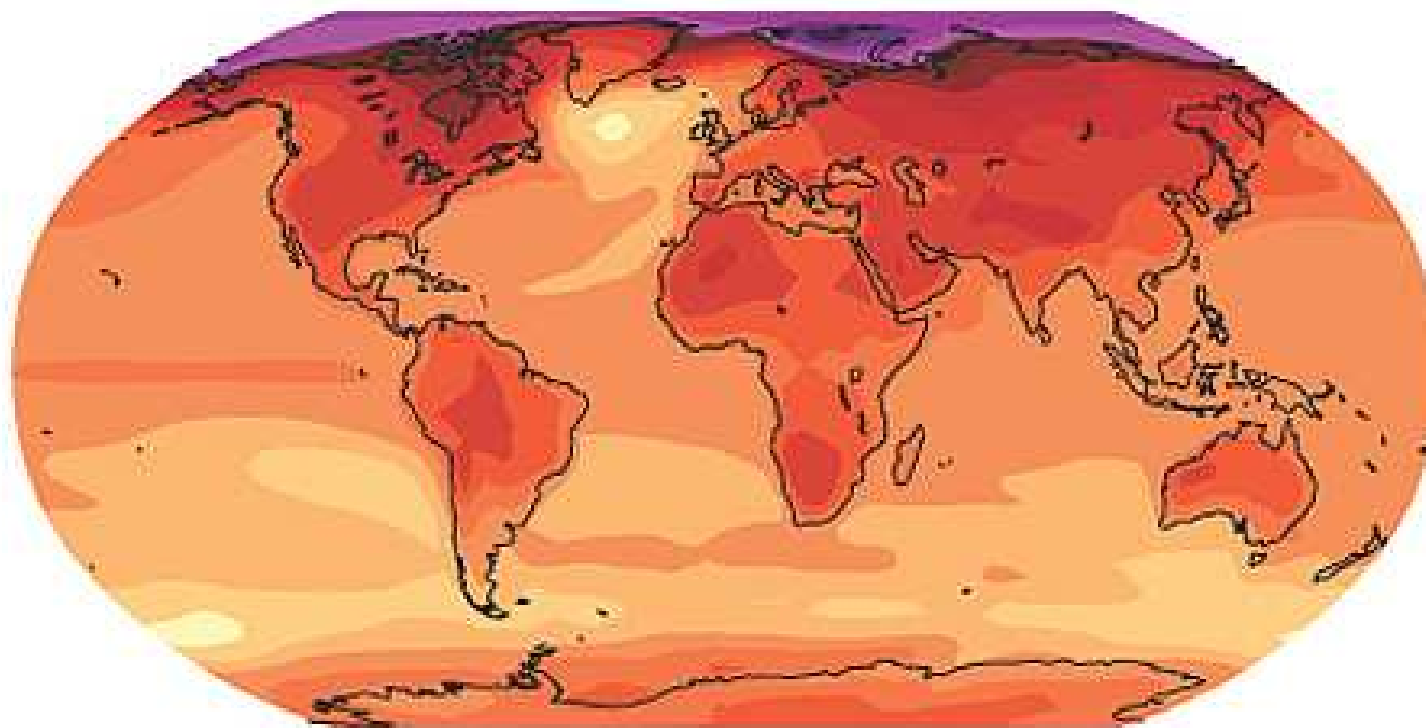
- výběr scénáře SRES 2000 / RCP 2013
- výběr období
- výběr modelu
 - GCM (krok ~ 300 km)
 - RCM I (krok ~ 75 km)
 - RCM II (krok \leq 25 km)

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

- krok 25 km
- podrobnější topografie
- statistický downscaling
- validace modelu na datech 1961-1990
- **VÝSTUPY:** teplota, srážky, vlhkost, vítr, globální záření
- porovnání výsledků s evropskými projekty ENSEMBLES, PRUDENCE, CECILIA



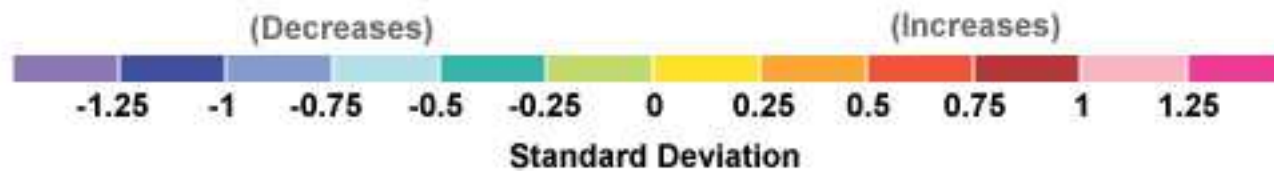
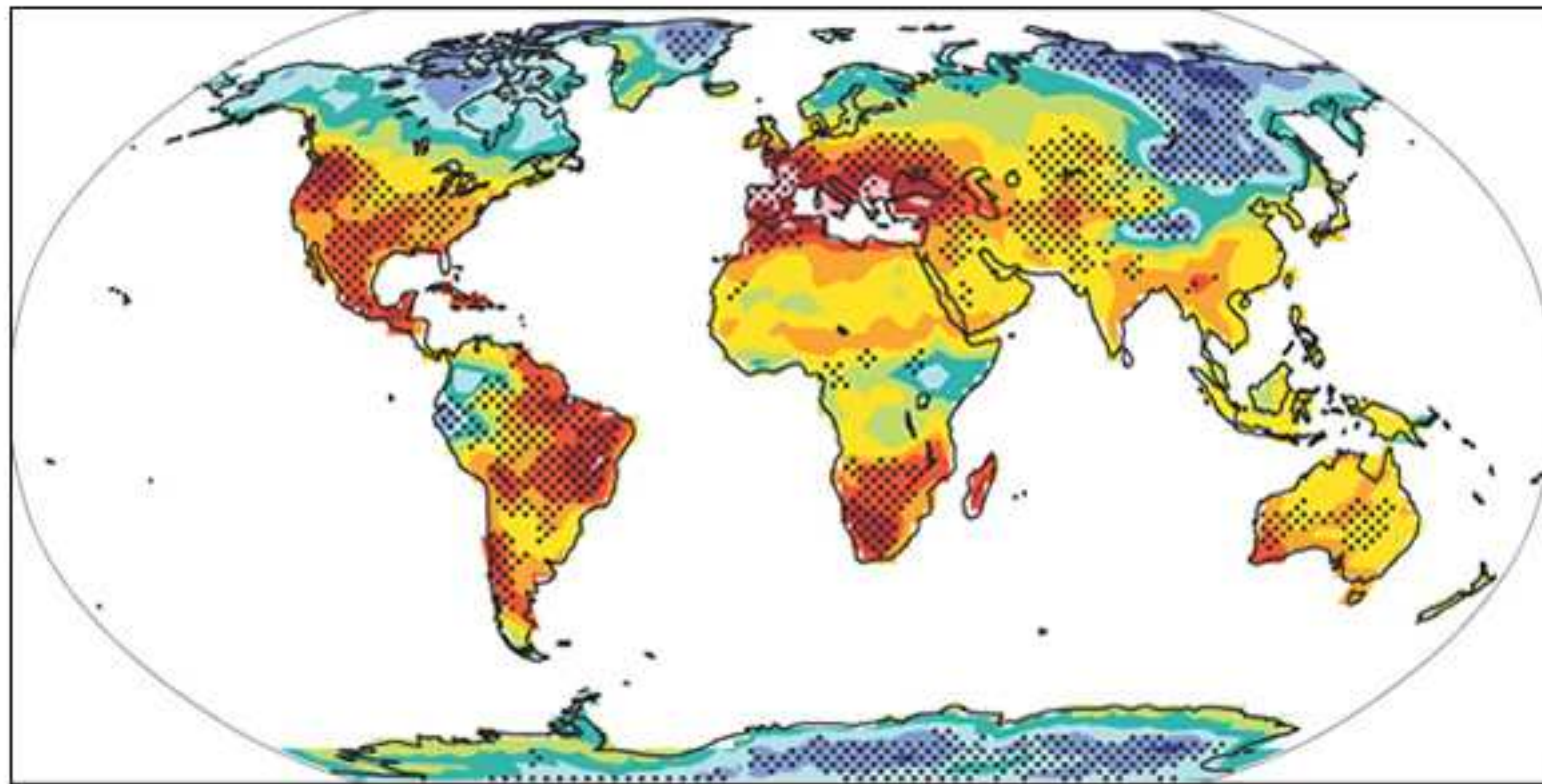
Modelový výhled teploty 2081 - 2100



IPCC



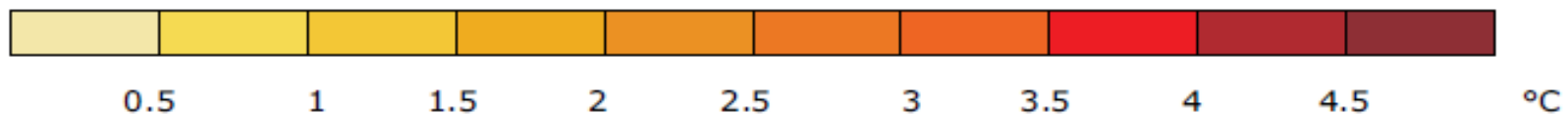
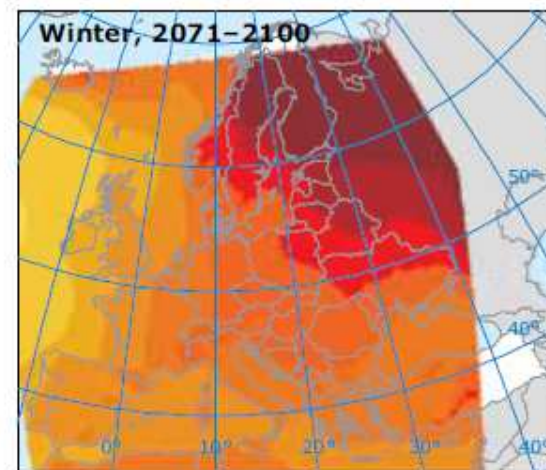
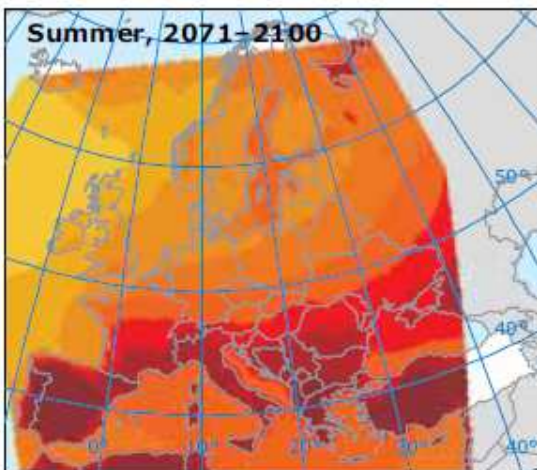
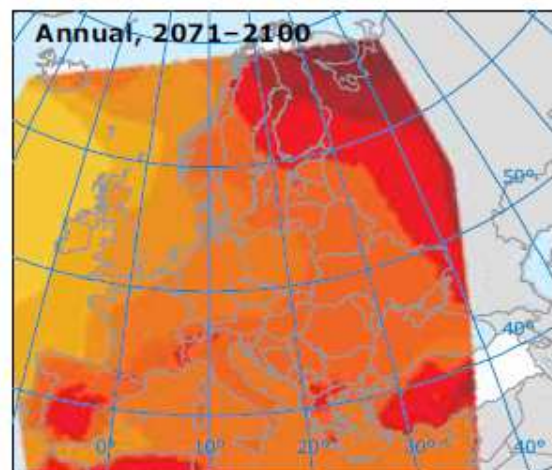
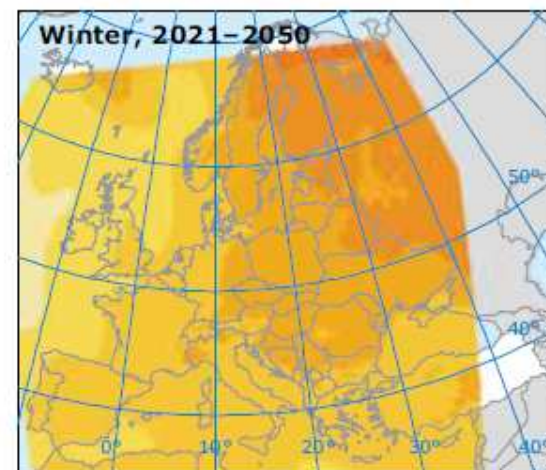
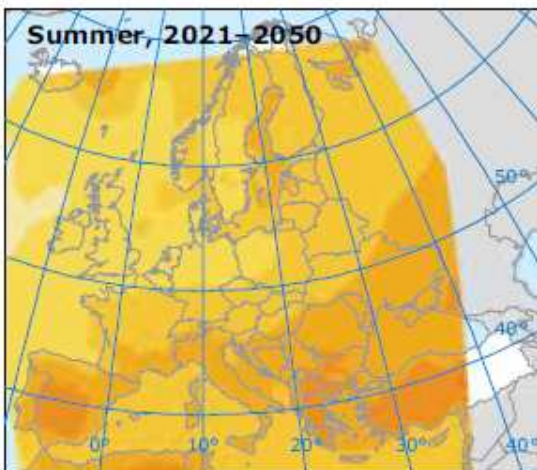
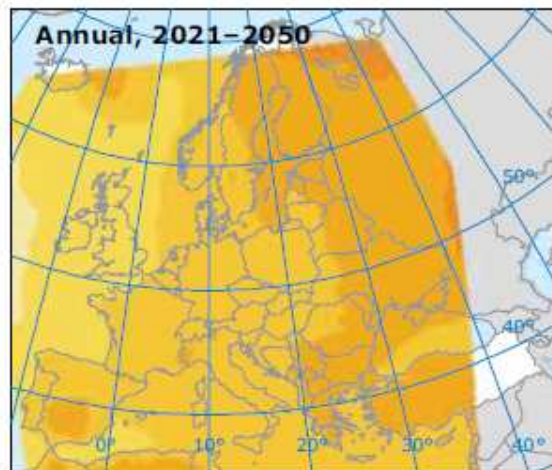
Modelový výhled sucha 2081 - 2100



IPCC

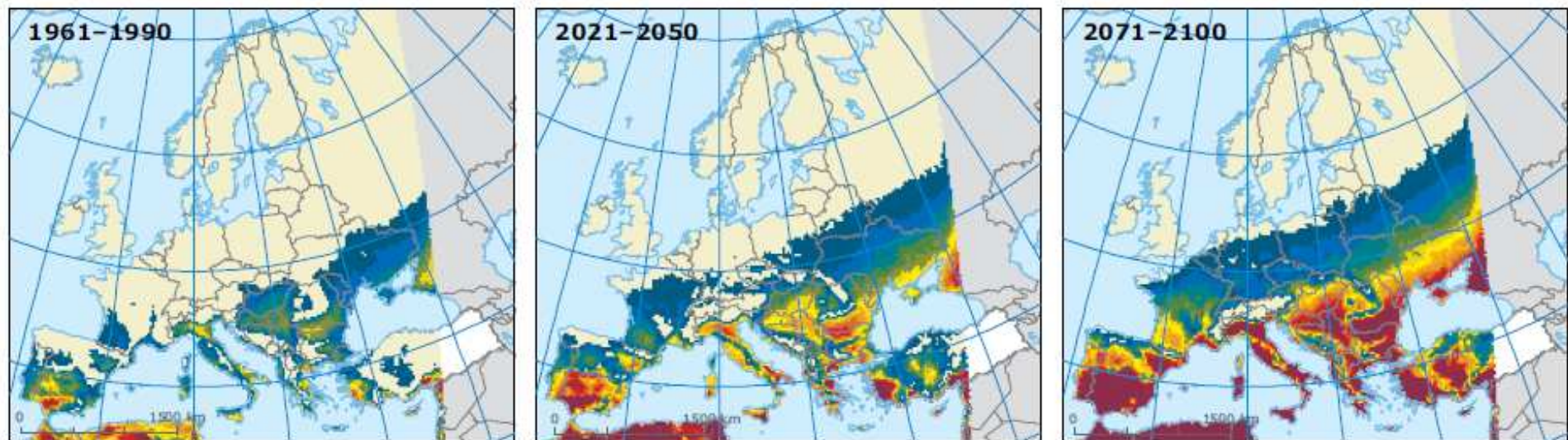


Modelový výhled – teplota *(scénář A1B)*

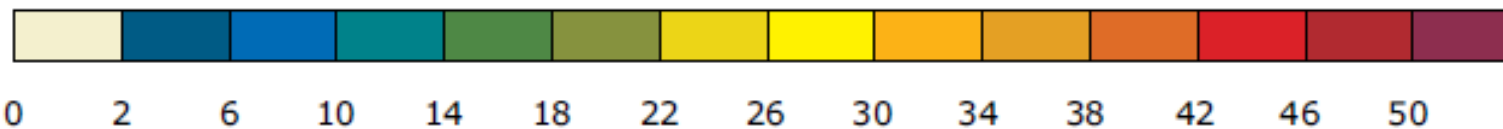




Modelový výhled – extrémní teploty

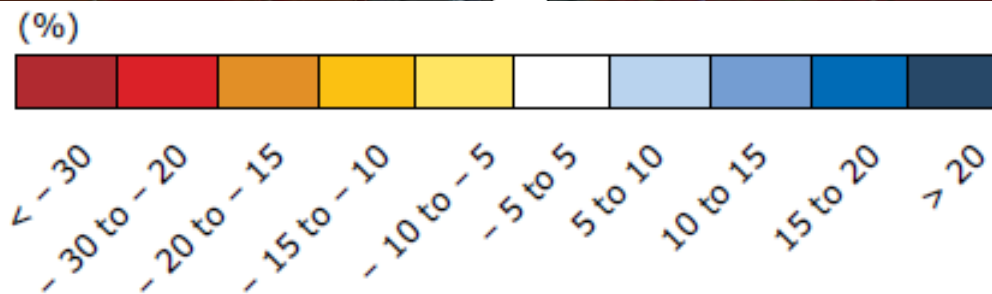
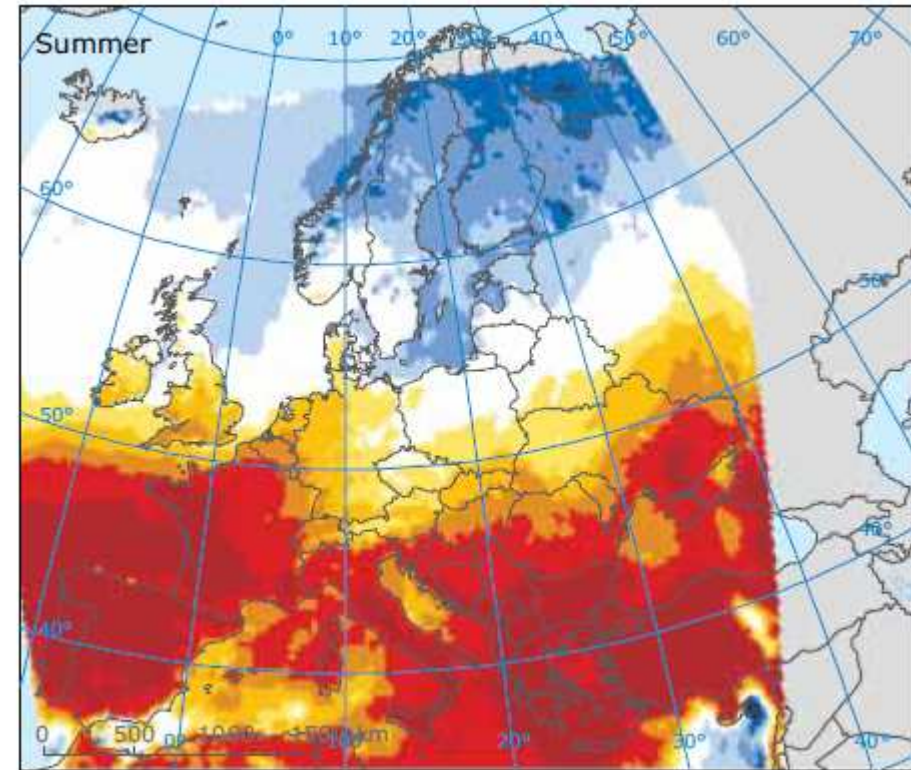
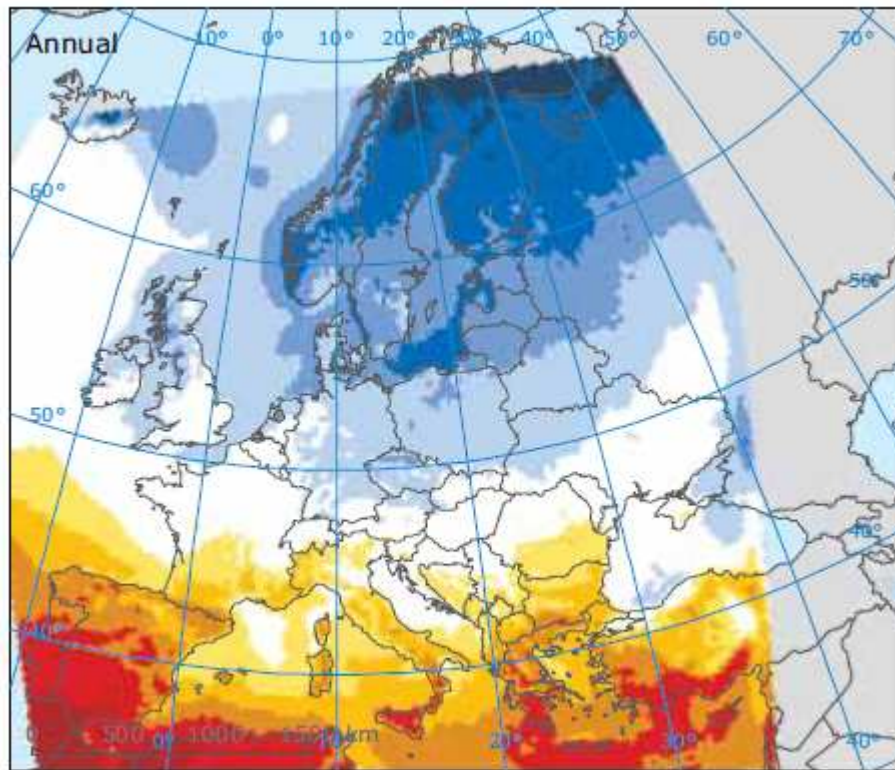


Number of combined tropical nights ($> 20\text{ }^{\circ}\text{C}$) and hot days ($> 35\text{ }^{\circ}\text{C}$)





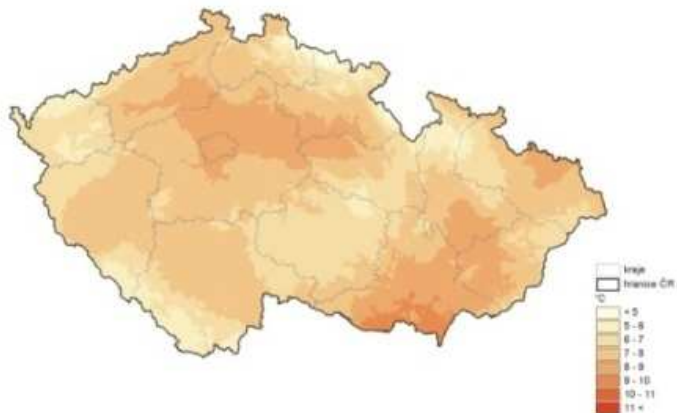
Modelový výhled – srážky (scénář A1B)



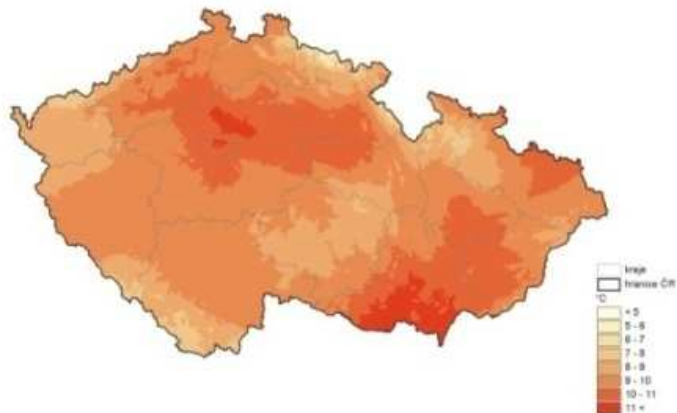


Modelový výhled – teplota (scénář A1B)

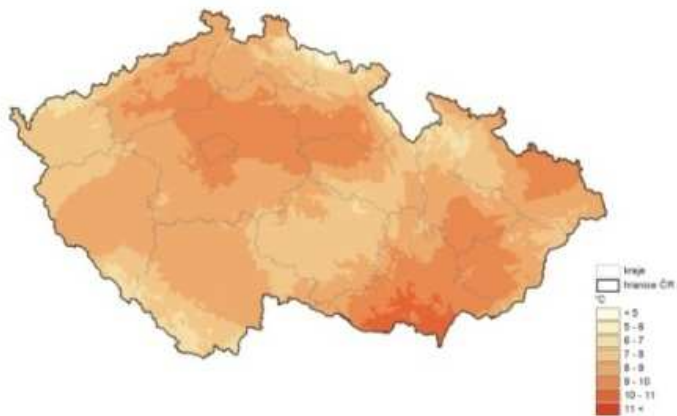
1961-1990



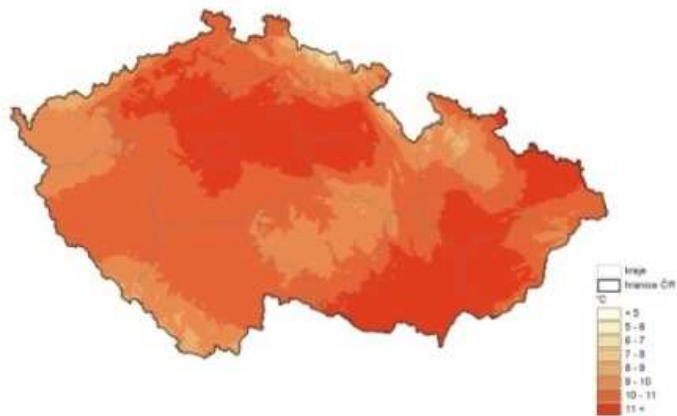
2040-2069



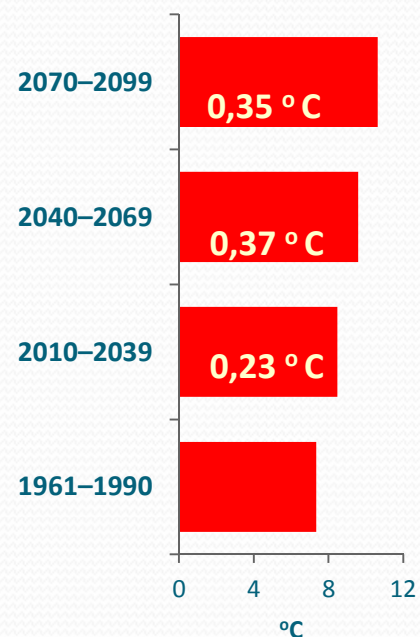
2010-2039



2070-2099

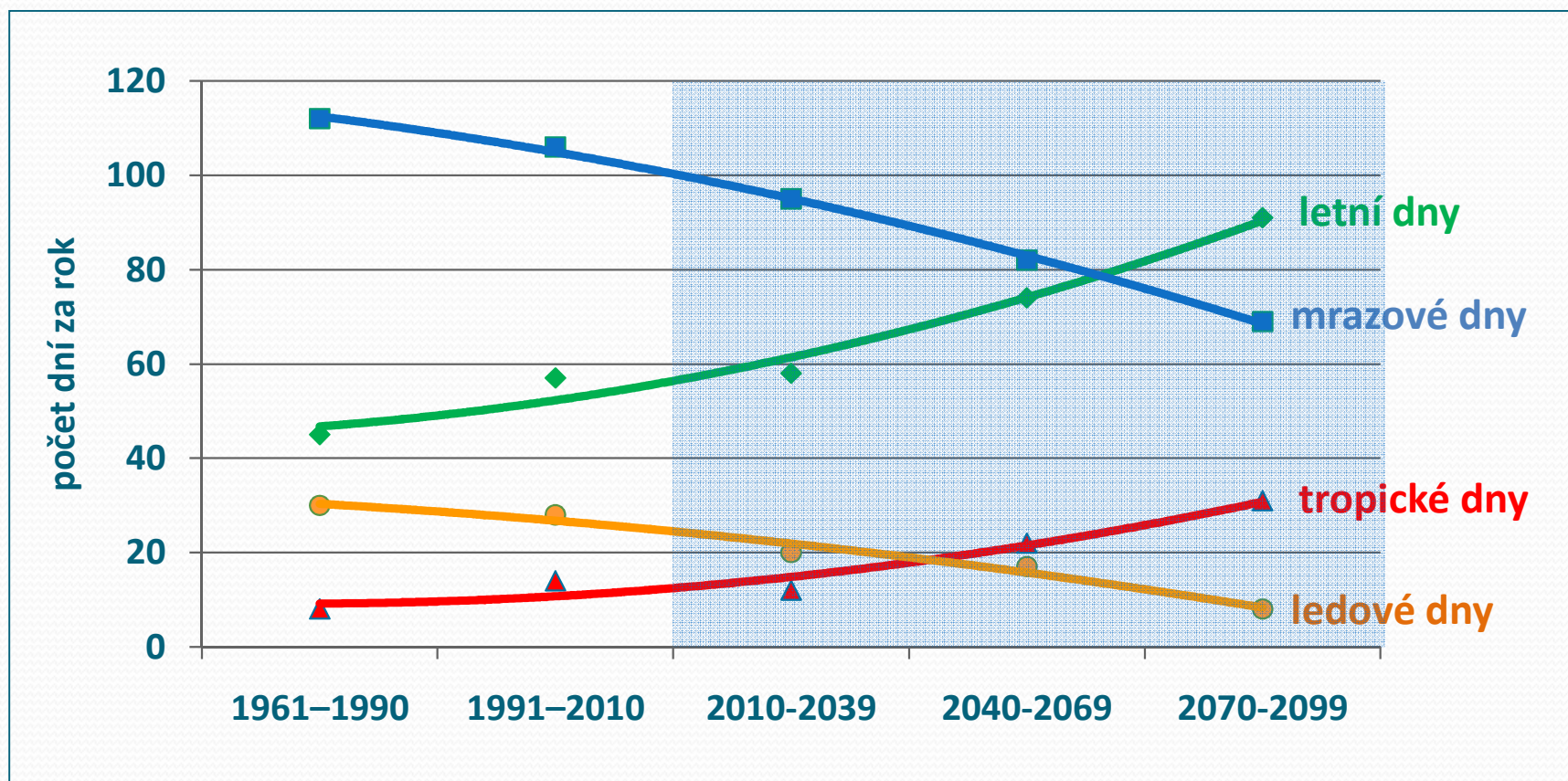


změny za dekádu oproti předchozímu období





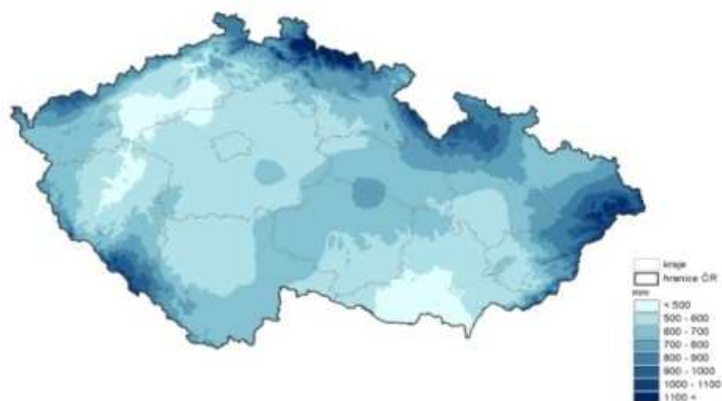
Modelový výhled – extrémní teploty



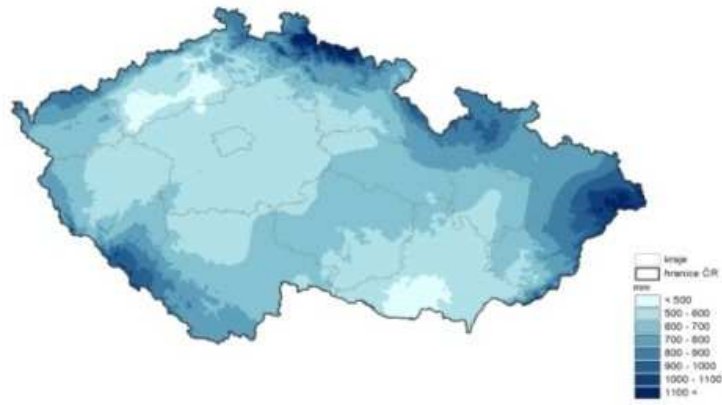


Modelový výhled – srážky (scénář A1B)

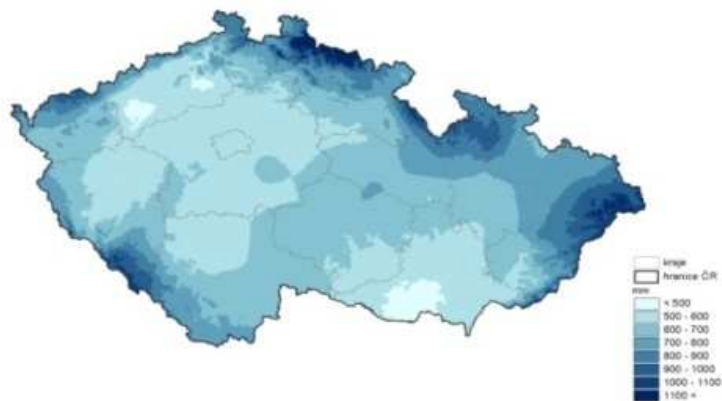
1961-1990



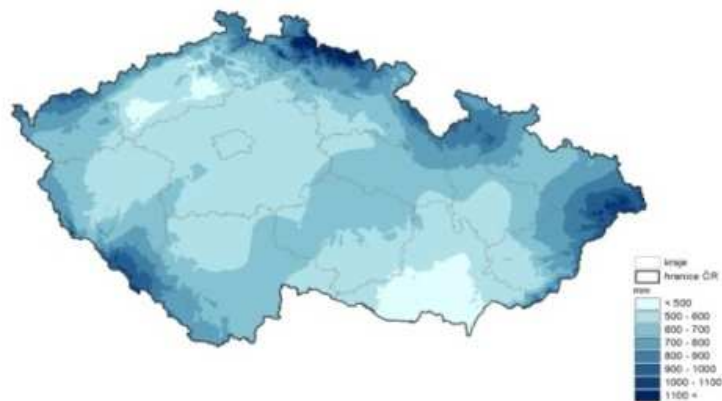
2040-2069



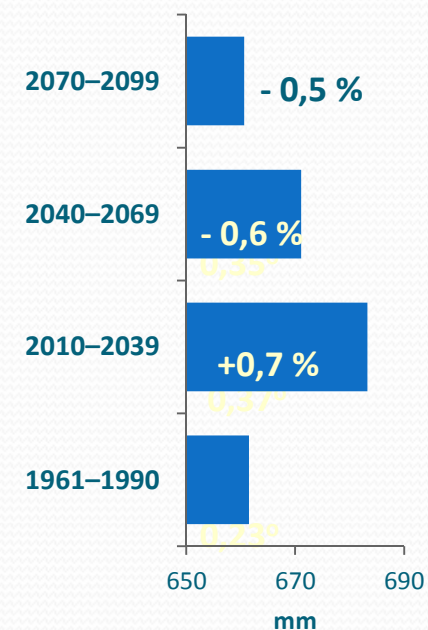
2010-2039



2070-2099



změny za dekádu oproti předchozímu období





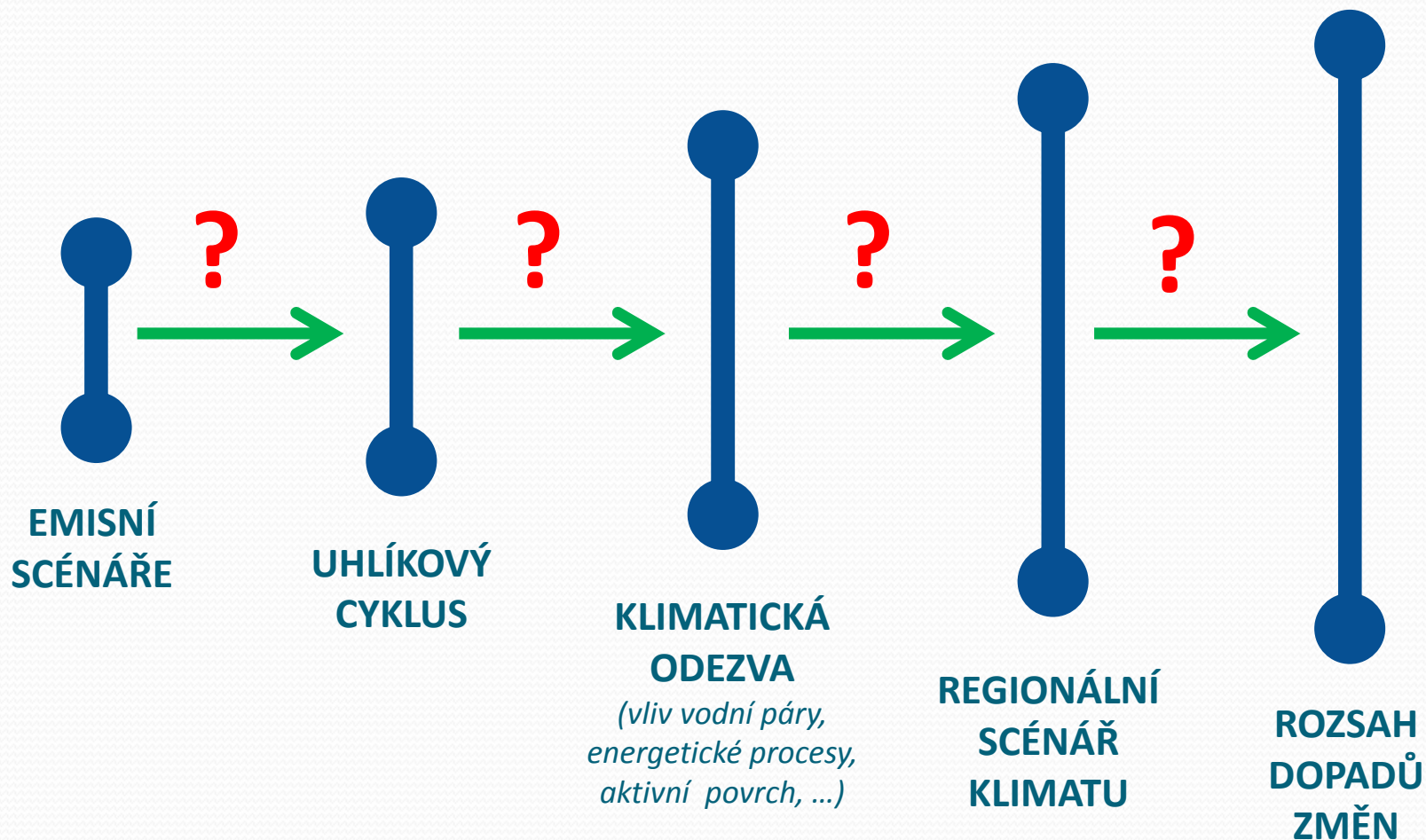
Hlavní nejistoty současných projekcí

- **socio-ekonomické předpoklady modelů (scénáře)**
- **parametry modelů** (*vlhkost, oblačnost, uvolňování tepla z oceánů, aerosoly, zpětné vazby uhlíkového cyklu, aj.*)
- **vazba atmosféra – oceán** (*změny oceánického proudění, nárůst hladin oceánů*)
- **nižší přesnost projekcí srážek**
- **nižší přesnost regionálních projekcí** (*projevy menších měřítek jsou výrazně nestacionární*)
- **nejistoty se zvyšují se zvyšováním časových projekčních období**

**PROJEKCE NEJSOU PŘEDPOVĚDÍ
VÝHLEDOVÉHO STAVU**



Schéma nejistot projekcí změn klimatu

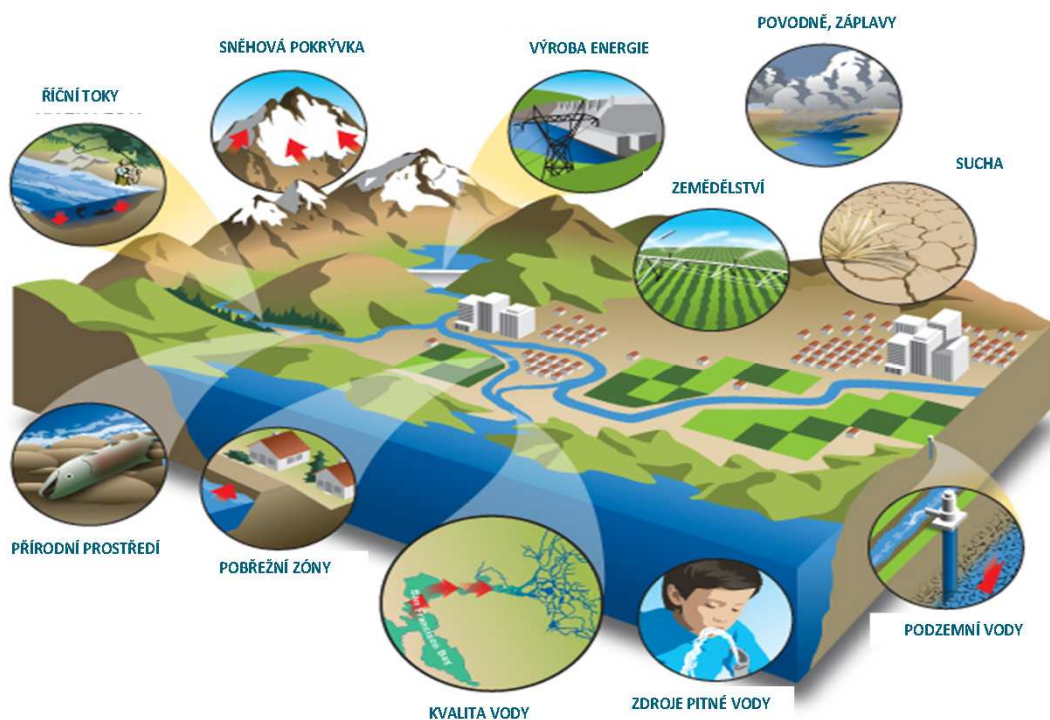




Rizika důsledků změn

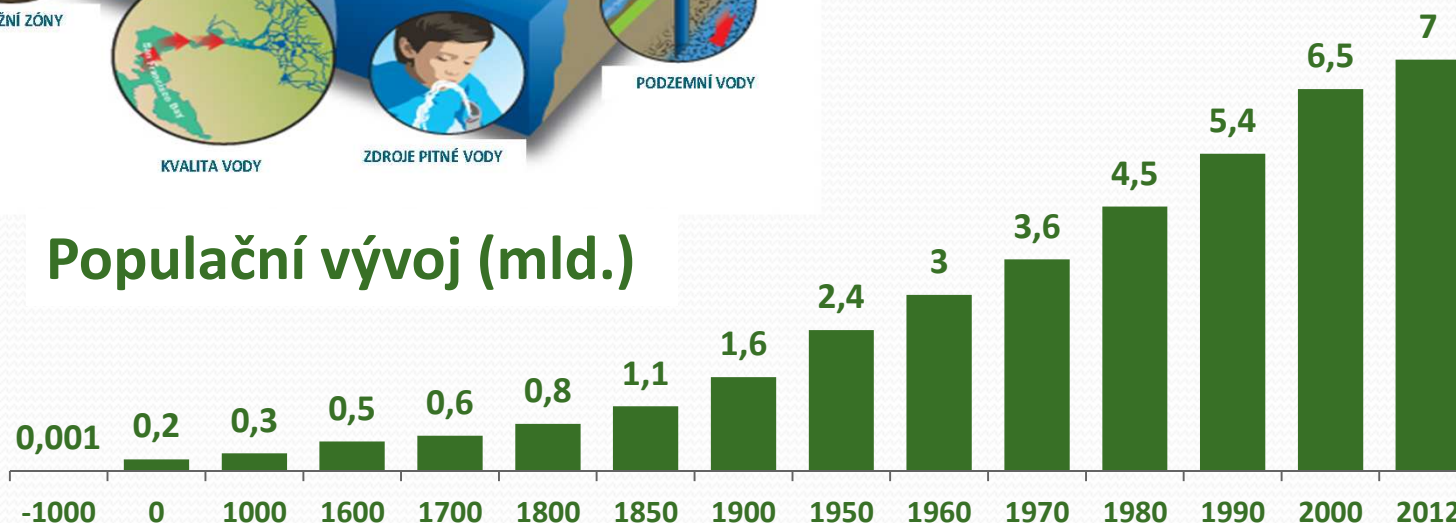


Důsledky změn



- změna klimatu = *problém globální*
- dopady, zranitelnost = *problém regionální*
- vyspělejší regiony – *nižší rizika*

Populační vývoj (mld.)





Rizika dopadů změn pro ČR

▪ Vodní hospodářství

- proměnlivost srážek, extrémní srážkové periody
- rizika sucha, záplav a povodní
- kvalita vody

▪ Zemědělství

- teplotní a vláhové stresy
- změny vegetačního období,
- škůdci, virové a houbové choroby

▪ Lesnictví

- teplotní a vláhové stresy, přísušky
- posuny vegetačních stupňů
- škůdci, virové a houbové choroby
- rizika požárů

▪ Zdraví

- extremita počasí
- teplotní stresy, choroby

▪ Doprava a cestovní ruch

- extremita počasí
- úbytek sněhu
- kvalita vody

▪ Pojišťovnictví

- extremita počasí
- záplavy, povodně
- sucha

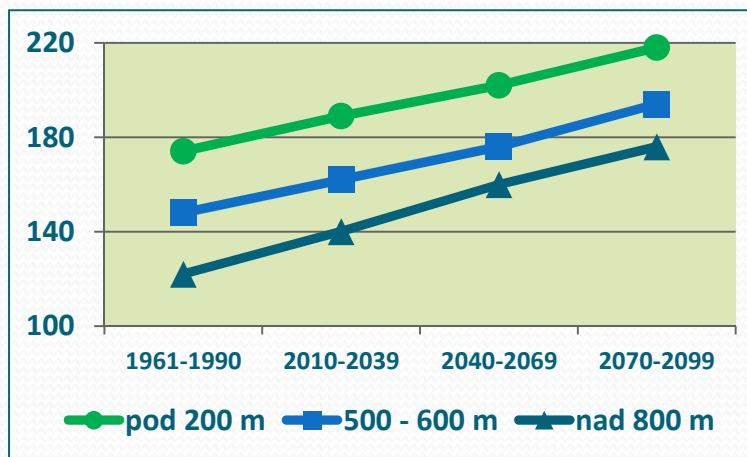
▪ Energetika

- energetické špičky
- přenosové soustavy

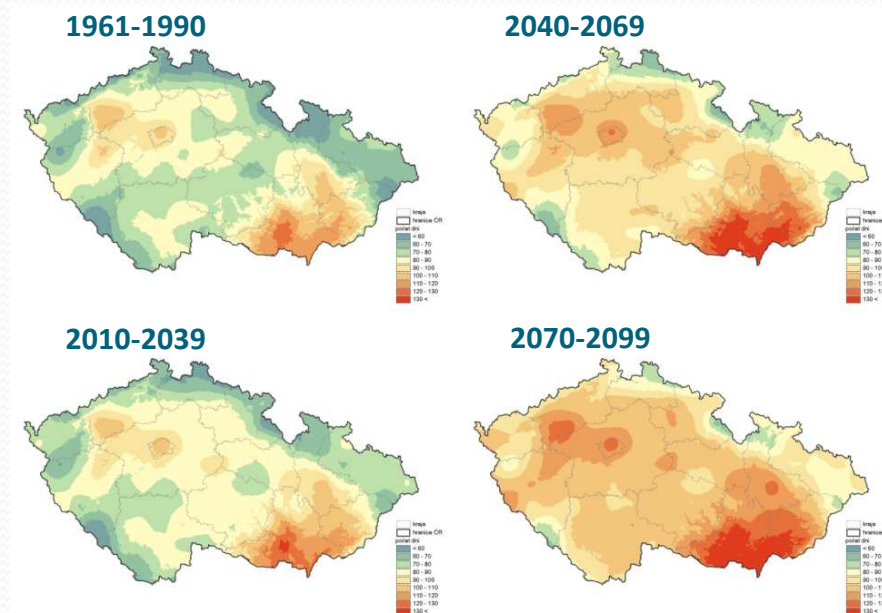
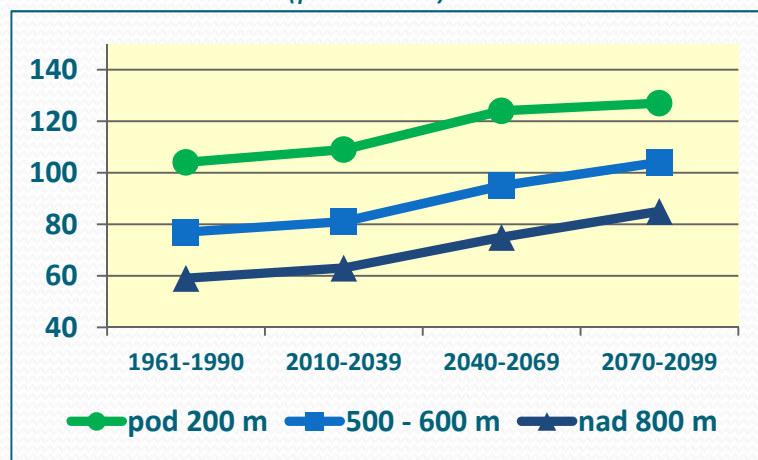


Příklady ze zemědělství

Délka vegetačního období (počet dní)



Délka bezesrážkového období (počet dní)





Poslední zpráva IPCC

- Září 2013 - **Climate Change 2013: The Physical Science Basis**
- Březen 2014 – **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability**
- Duben 2014 – **Climate Change 2014: Climate Change Mitigation**



Nové poznatky z I. části

- Poslední tři dekády byly teplejší než dekády od roku 1850
- Na severní polokouli je třicetiletí 1983-2012 nejteplejší za posledních 1400 let
- Globální přízemní teplota vzrostla v období 1880-2012 o 0,85 °C
- Výskyt horkých vln roste v Evropě, Asii a Austrálii, v severní Americe a v Evropě roste počet a intenzita silných srážek
- Energie akumulovaná v klimatickém systému za období 1971-2010 byla z 90% uložena do oceánu – nárůst hladin
- Koncentrace CO₂ jsou o 40%, CH₄ o 150% a N₂O o 20% vyšší než byly před průmyslovou revolucí a jsou nejvyšší za posledních 800 000 let
- Více než 50 % vzestupu teploty v období 1951-2010 je způsobeno antropogenním zvýšením koncentrací skleníkových plynů a antropogenními změnami dalších faktorů
- Do konce 21. století se zvýší globální průměrná přízemní teplota v intervalu o 1°C až 4°C
- Rozsah mořského ledu v Arktidě bude na konci 21.století v září snížen až o 94 %, v únoru až o 34% (srovnání s průměrem 1986–2005) - letní Arktida (září) bez ledu před polovinou 21.století



Nové poznatky z II. části

- Dopady změn jsou v přírodních a antropogenních systémech rozšířené na všech kontinentech a oceánech
- Změny v režimu srážek a tání ledovců ovlivňují hydrologickou bilanci, dostupnost a kvalitu pitné vody
- Negativní vliv změny klimatu na zemědělství je rozšířenější než pozitivní dopady patrné v některých oblastech vyšších zeměpisných šířek
- Extrémy ovlivňují ekosystémy i člověka
- Snížení zdrojů sladké vody ve většině aridních subtropických oblastech zvýší soupeření o vodu mezi jednotlivými sektory
- Ekonomické ztráty jsou odhadovány s velkou nejistotou na 0,2 až 2% HDP
- Změna klimatu může nepřímo zvyšovat rizika násilných konfliktů, ovlivňovat kritickou infrastrukturu mnoha zemí a snižovat jejich vnitřní bezpečnost
- Evropa: dopad extrémních srážek, horkých vln, nebezpečných cyklón a zvýšené hladiny oceánu



Nové poznatky z III. části

- Mitigace jsou obecným problémem pro všechny – je nutná mezinárodní spolupráce a sdílení nákladů i přínosů
- Ekonomické ohodnocení mitigací musí být jejich nutnou součástí, přičemž se porovnávají aktuální náklady s budoucími přínosy (diskontování)
- Růst antropogenních emisí skleníkových plynů byl v desetiletí 2001-2010 průměrně vyšší ($1,0 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}/\text{rok}$) než v období 1971-2000 ($0,4 \text{ GtCO}_{2\text{eq}}/\text{rok}$)
- Kolem roku 2030 by koncentrace v atmosféře přesáhla 450 ppm $\text{CO}_{2\text{eq}}$ a do roku 2100 scénáře odhadují koncentraci v intervalu 750 až 1300 ppm $\text{CO}_{2\text{eq}}$
- Udržet koncentrace $\text{CO}_{2\text{eq}}$ na konci století (2100) pod úrovní 450 ppm $\text{CO}_{2\text{eq}}$ znamená redukce emisí $\text{CO}_{2\text{eq}}$ v rozsahu 40-70% k roku 2050 oproti roku 2010.
- Dekarbonizace výroby energie je klíčovou částí mitigačních scénářů pro udržení koncentrace v atmosféře v rozsahu 430-530 ppm $\text{CO}_{2\text{eq}}$
- Jaderná energie je nízkouhlíkovou technologií, její podíl na výrobě energie však od roku 1993 klesá



**Lze „boj s klimatem“
vyhrát ?**



Reakce na probíhající změny



- **Problémy dopadů klimatické změny lze řešit snížením emisí**

- „běh na dlouhou trať“ (*velká setrvačnost klimatického systému, jak zapojit všechny státy světa, apod.*)

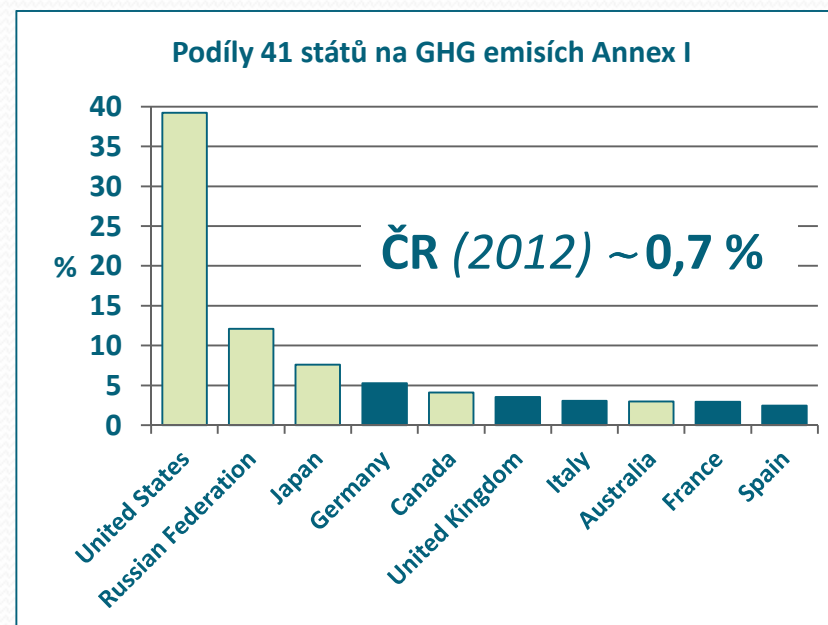
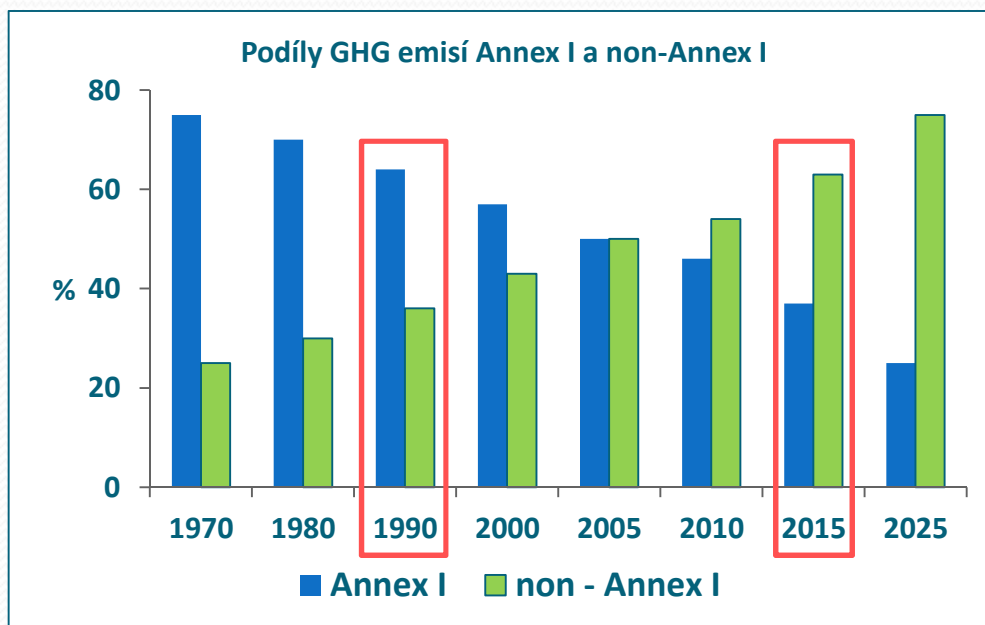
ale také volbou vhodných adaptačních opatření

- rychlejší a levnější reakce na velkou setrvačnost klimatického systému



Snižování GHG emisí a efektivita Kjótského protokolu (2010)

- světové emise CO₂ od r. 1990 vzrostly o 36 %
- emise CO₂ v průmyslových státech (*Annex I*) vzrostly o 1,6 %
- emise CO₂ v rozvojových státech (*non-Annex I*) vzrostly o 110 %





Adaptační opatření

- soubor možných **přizpůsobení přírodního nebo antropogenního systému** probíhající nebo předpokládané změně klimatu a jejím dopadům
- **sektorové aktivity** podporující možná přizpůsobení a snižování rizik

Typy opatření:

předjímaná

před vznikem rizika na základě odborných analýz

plánovaná

*výsledek **strategických rozhodnutí** na základě odborných analýz*



reaktivní

po zjištění rizika, resp. dopadu

autonomní

přirozená adaptace

Východiska:

- znalosti rizik (*případové studie, analýzy, domácí i zahraniční*)
- sektorové i regionální odlišnosti
- význam úlohy regionů



Směry adaptačních opatření (I)

Voda

- **opatření v krajině**
 - *organizační (plošná rozmanitost pozemkových úprav, podpora zalesnění a zatravnění...)*
 - *agrotechnická (osevní postupy podporující infiltraci atp.)*
 - *biotechnická (průlehy, zasakovací pásy atd.)*
- **opatření na tocích a v nivě**
 - *revitalizace toků (úpravy řečišť, uvolnění nivy pro rozlivy)*
- **opatření v urbanizovaných územích**
 - *zvýšení infiltrace dešťové vody, jímání a využívání srážkových vod*
- **obnova starých či zřízení nových vodních nádrží**
- **zefektivnění hospodaření s vodními zdroji**
- **snížení spotřeby vody**
 - *minimalizace ztrát, stanovení priorit pro kritické situace nedostatku vody*
- **dokonalejší čištění odpadních vod**



Směry adaptačních opatření (II)

Zemědělství

- **úprava zemědělské činnosti**
 - *snížení rozmanitosti, šlechtění pro změněné podmínky*
- **agrotechnické technologie**
 - *snížení ztrát půdní vláh, změny systémů pěstování*
- **udržení úrodnosti půdy**
 - *rizikem jsou plodiny pro energetické využívání (biopaliva) a klesající hnojení organickými hnojivy*
- **zvýšení stability půd**
 - *rizika větrné eroze a snížení aridizace krajiny*
- **změny pěstebních postupů**
- **optimalizace závlahových systémů**
- **ochrana před zvýšeným tlakem infekčních chorob a škůdců**



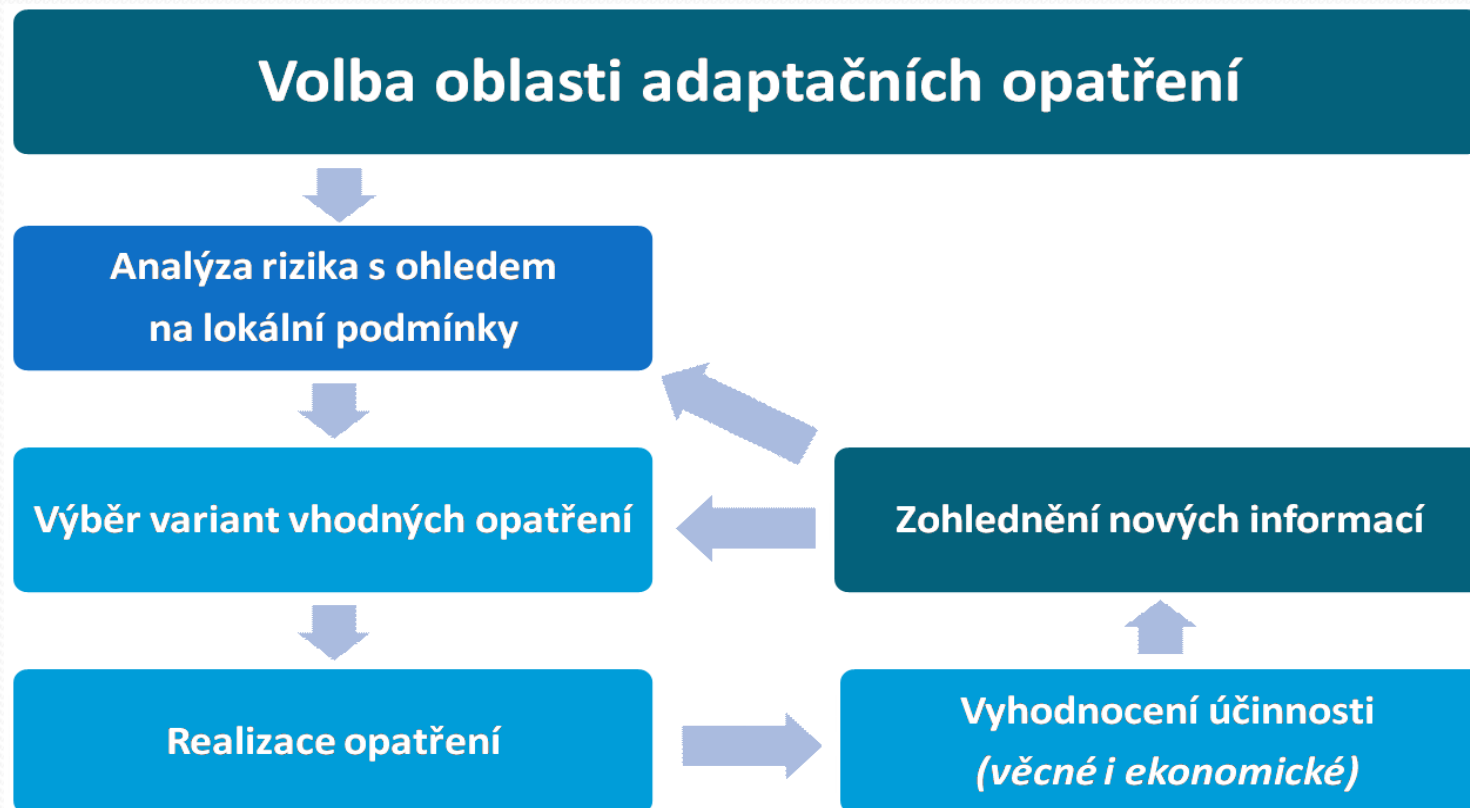
Směry adaptačních opatření (III)

Lesnictví

- **lokální predikce možného ohrožení**
- **zvyšování adaptačního potenciálu lesů**
- **změny druhového složení lesa, garantující dostatečnou biodiverzitu i odolnost**
 - *náhrada jednodruhových porostů směsí dřevin*
- **druhová, genová a věková diverzifikace porostů**
 - *dlouhodobé plánování a respektování specifik lesních oblastí*
- **posilování protipovodňové a protierozní funkce lesa**
- **zalesňování nelesních ploch**
- **integrovaná ochrana lesa proti kalamitním i invazním škůdcům**
 - *eliminace rizik gradací hmyzích škůdců, vaskulárních mykóz a kořenových hnilob*



Schéma přípravy adaptační strategie





Perikles (493-429 př.n.l.):

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

Děkuji za pozornost

RNDr. Jan Pretel, CSc.
Český hydrometeorologický ústav
Na Šabatce 17, 143 06 Praha 4

pretel@chmi.cz

www.chmi.cz