

Modelování počasí a klimatu

Radek Pelánek

Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a státním rozpočtem České republiky.



INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁVÁNÍ

Účel

ilustrovat:

- existují aplikace modelování a simulace s velmi výrazným dopadem
- je důležité rozlišovat počasí a klima
- základní princip modelování počasí a klimatu
- kontext modelování

Počasí a klima

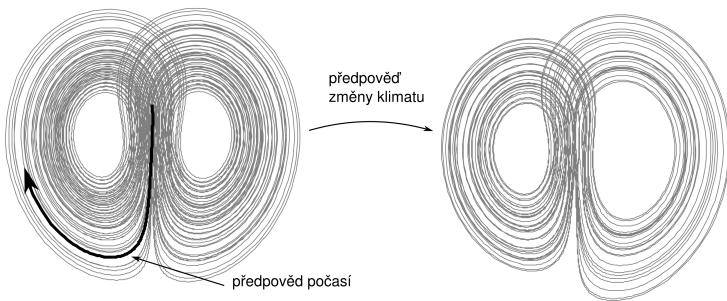
počasí

- **aktuální** stav atmosféry (teplota, srážky, vítr)
- modelování zaměřeno lokálně, na **krátkodobou** předpověď (v řádu dnů)
- cílem co největší **přesnost**
- **komerčně** významné

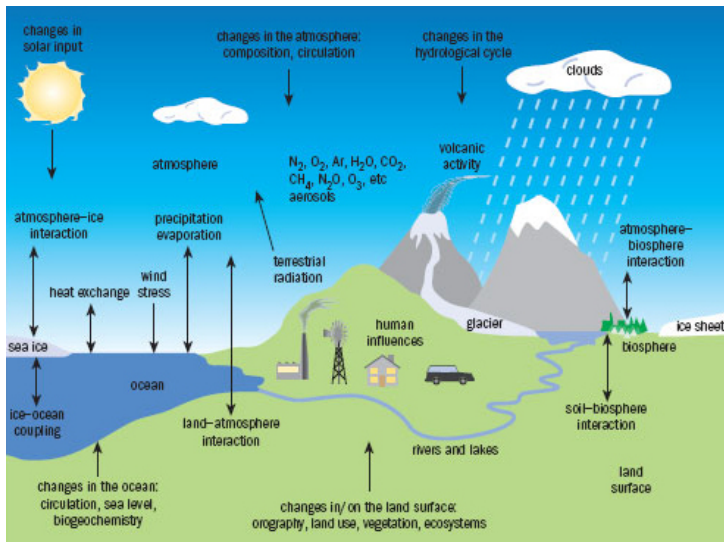
klima

- **dlouhodobé** vzorce počasí (v určité části světa)
- modelování zaměřeno globálně, dlouhodobě
- cílem určit **trendy**
- **vědecky, politicky** významné

Předpovídání počasí vs. klimatu



Klimatický systém



Hlavní zdroje

- Institute for atmospheric and climate science, Zurich
http://www.iac.ethz.ch/education/master/numerical_modelling_of_weather_and_climate
- COMET Program, MetEd, University Corporation for Atmospheric Research
- zprávy IPCC
<http://www.ipcc.ch/>

Předpovídání počasí: aplikace

- zemědělství
- doprava (letecká)
- turistika

... velký byznys

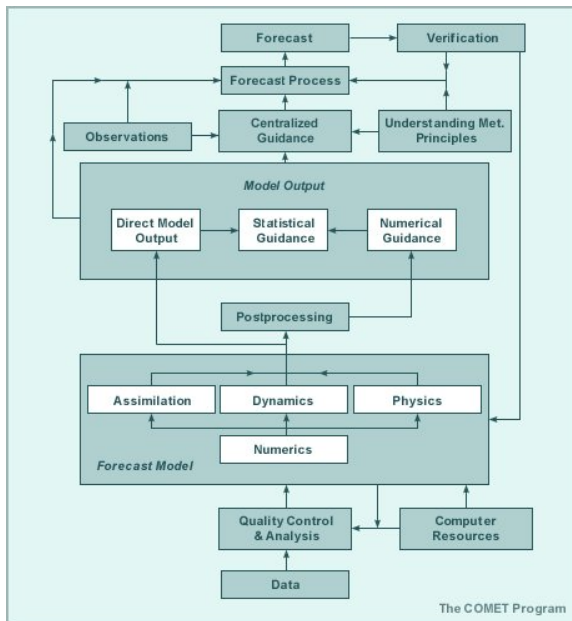
konkrétní příklad z 2010: výbuch Eyjafjallajökull, zastavení letecké dopravy, vliv předpovědí proudění vzduchu



Historie

- do 19. století: pozorování lokálních znaků, znalost pravidelných vzorů počasí
- 19. století: telegraf, předpovědi na základě větší oblasti
- 1904, Bjerkes: formuluje předpověď počasí jako matematicko-fyzikální problém
- 1922, Richardson: navrhuje princip numerické předpovědi počasí (ovšem manuálně, počítače ještě neexistují)
- 1950, Fjortoft, von Neumann: první jednoduché výpočty na ENIACu
- od 1955: rutinní numerické předpovědi

Základní principy



Získání a zpracování dat

- měření:
 - pozemní stanice, letadla, satelity, ...
 - nepravidelně rozmístěné
- asimilace dat:
 - pro simulaci potřebujeme data upravit
 - pravidelná mřížka
 - aproximace s využitím naměřených dat

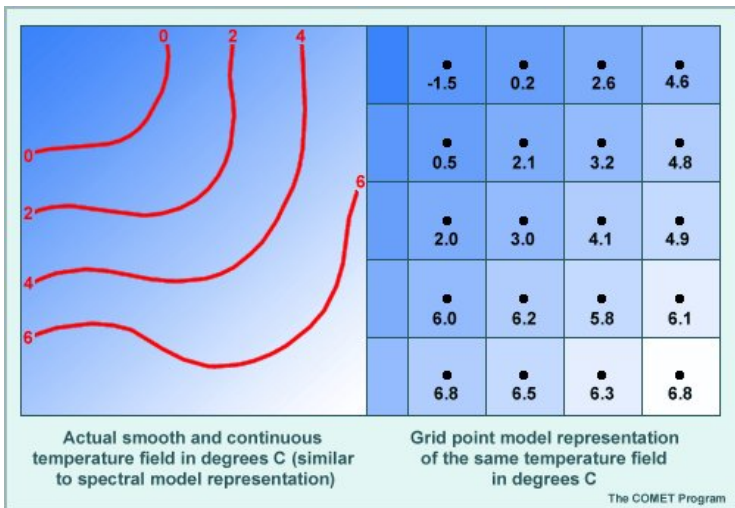
Rovnice

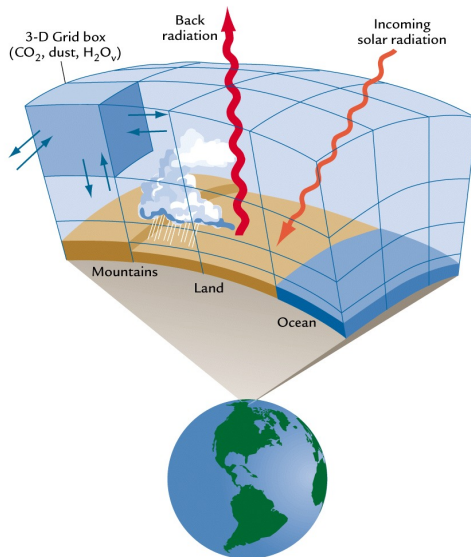
- dynamika, např.
 - přesuny vzduchu vlivem rozdílů tlaku
 - ochlazování/ohřívání vlivem rozpínání/stlačování, ...
- fyzika (parametrizace), např.
 - procesy s menším rozlišením než je rozlišení modelu
 - výměna energie mezi atmosférou a okolím (např. země, moře)
 - mikrofyzika mraků, srážek

Typy modelů

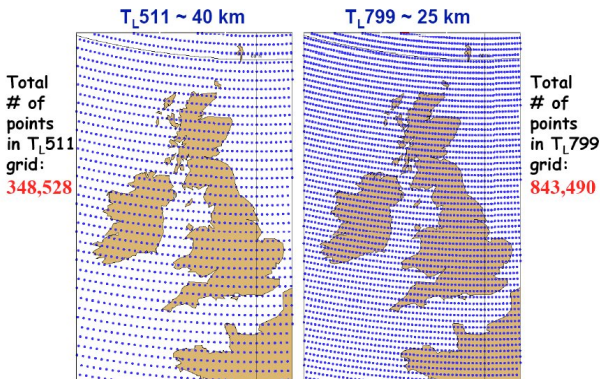
- grid point models
 - diskretizace
 - pravidelná mřížka
- spectral models
 - (některá) data uložena jako prostorové vlny
 - např. tlak

Typy modelů: ilustrace

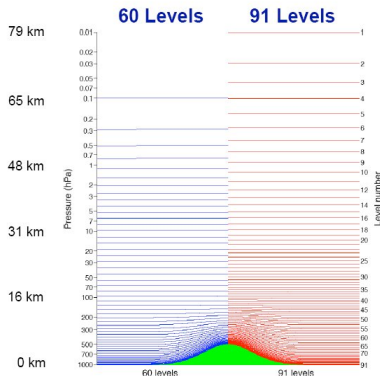




Horizontální rozlišení



Vertikální rozlišení



Typical vertical resolution in climate and numerical weather prediction models: 20-90 levels

Hydrostatic models use a pressure-based coordinate system

Časové rozlišení

- jednotky minut až hodiny

Konkrétní modely

- Global Forecast System
 - National Oceanic and Atmospheric Administration
 - výstup volně dostupný přes Internet, podklady pro mnoho služeb
 - horizontálně 35 nebo 70 km, vertikálně 64 úrovní
 - předpověď na 16 dní, detailně na 7 dní
- Aladin
 - Aire Limitée Adaptation dynamique Développement InterNational
 - provozuje Météo-France, mezinárodní spolupráce

Modelování klimatu

- významné nikoliv komerčně, ale:
 - vědecky – pochopení fungování světa
 - politicky – podklady pro rozhodování
- cíl prezentace
 - ilustrovat modelování a jeho souvislosti
 - nikoliv komplexní výklad problematiky, přesvědčování, ...
- následuje neseriózní úvod do aktuálního kontextu

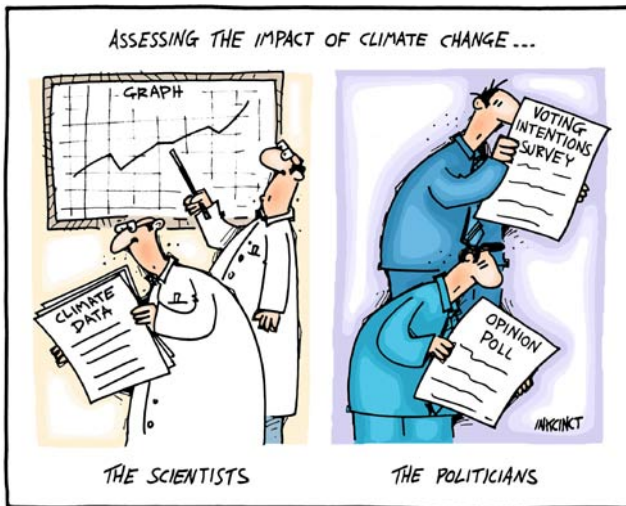
... nejrozvinutější země jednají rozvážně ...



... rozvojové země vůbec nemají pochopení ...

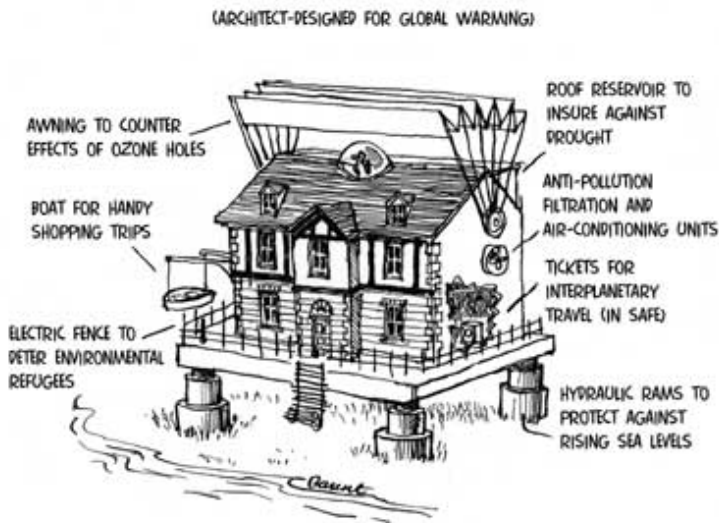


... vědci a politici se nemohou domluvit ...



19/02 2007-098 © John Ditchburn

... někteří tvrdí, že se máme přizpůsobit ...



Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)

založeno World Meteorological Organization (WMO) a United Nations Environment Programme (UNEP) v roce 1988

The role of the IPCC is to assess on a comprehensive, objective, open and transparent basis the scientific, technical and socio-economic information relevant to understanding the scientific basis of risk of **human-induced climate change, its potential impacts and options for adaptation and mitigation**. The IPCC **does not carry out research** nor does it monitor climate related data or other relevant parameters. It bases its assessment mainly on peer reviewed and published scientific/technical literature.

IPCC Assessment Reports

- tři pracovní skupiny:
 - I věda ohledně změn klimatu
 - II dopady změn klimatu
 - III opatření proti změnám klimatu
- první zpráva: 1990
- druhá zpráva: 1995 (zpráva byla základem jednání vedoucích ke Koytskému protolu, 1997)
- třetí zpráva: 2001
- čtvrtá zpráva: 2007
- 2007: Nobelova cena za mír
- pátá zpráva: 2013/14

Metodologie zkoumání změn klimatu

- ① zjištění stavu: měření relevantních dat, vhodné využití proxy dat, rekonstrukce údajů v minulosti
- ② porozumění stavu: zkoumání fyzikálních jevů ovlivňujících klima
- ③ předpovědi:
 - scénáře vývoje antropomorfních ukazatelů (zejména emise skleníkových plynů)
 - tvorba modelů, kalibrace modelů, předpovědi
- ④ závěry: „summary for policymakers“
- ⑤ akce?

pozn.: značně zjednodušeno

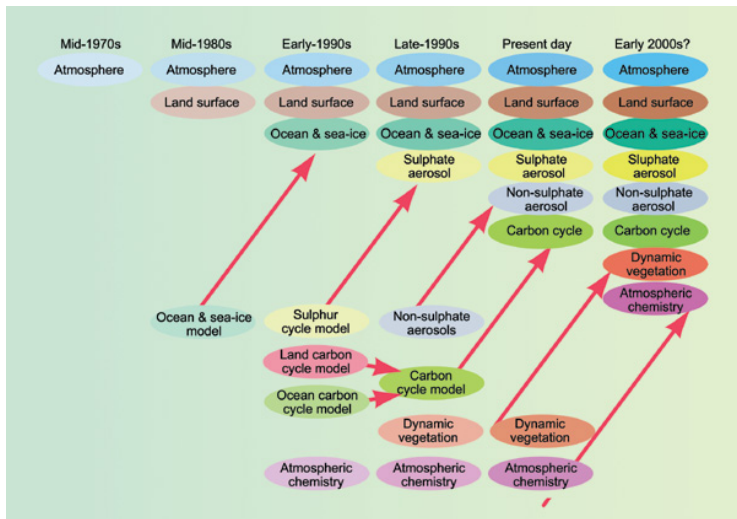
Využití proxy dat



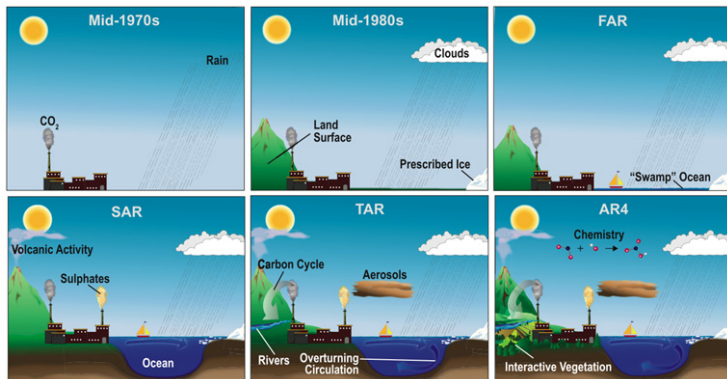
Modelování

Otázka není, jestli budeme používat modely.
Otázka je, jaké modely budeme používat.

Vývoj modelů klimatu



Vývoj modelů klimatu



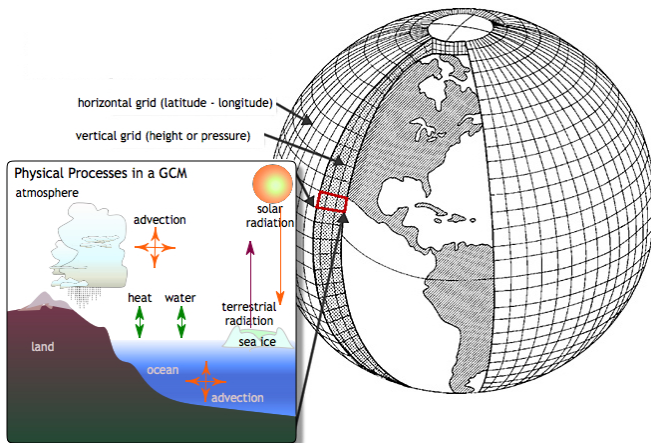
Hierarchie modelů

- trojrozměrné modely
- středně složité modely
- abstraktní modely

Trojrozměrné modely klimatu

- *Coupled Atmosphere-Ocean General Circulation Models*
- trojrozměrná mřížka pokrývající celou Zemi, rozlišení zhruba 1 bod na 3 stupně zeměpisné šířky (výšky), 30 výškových (hloubkových) úrovní
- dále modelovány procesy na zemském povrchu a led
- 1 časový krok zhruba 30 minut
- výpočetně náročné, nepříliš vhodné pro dlouhodobé simulace
- zdaleka nepokrývají vše (např. El Nino dělá problémy), nutnost kalibrace, ...
- viz např. <http://nomads.gfdl.noaa.gov/CM2.X/>

Global Circulation Model



Jednoduché abstraktní modely

- výrazná redukce složitosti (dvourozměrné i jednodušší)
- výpočetně nenáročné, možno spoustit pro velkou škálu parametrů
- zkoumání principiálních možností vývoje, role zpětných vazeb, citlivosti klimatu

Středně složité modely

- *Earth System Models of Intermediate Complexity*
- mezi výše zmíněnými – relativně detailní, ale umožňující simulace s dlouhodobým výhledem, analýzy citlivosti
- příklady:
 - dvojrozměrné svázané modely atmosféra-oceán
 - statistické atmosférické modely
 - modely oceánu a srážek

Nejistoty

We fully recognise that many of the evaluation statements we make contain a degree of subjective scientific perception and may contain much “community” or “personal” knowledge. For example, the very choice of model variables and model processes that are investigated are often based upon the subjective judgement and experience of the modelling community. (IPCC report)

Global and Continental Temperature Change

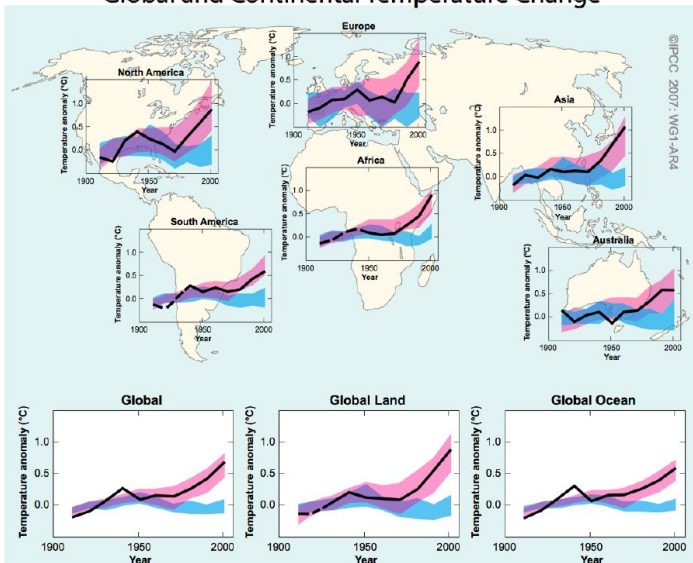


FIGURE SPM-4. Comparison of observed continental- and global-scale changes in surface temperature with results simulated by climate models using natural and anthropogenic forcings. Decadal averages of observations are shown for

Multi-model Averages and Assessed Ranges for Surface Warming

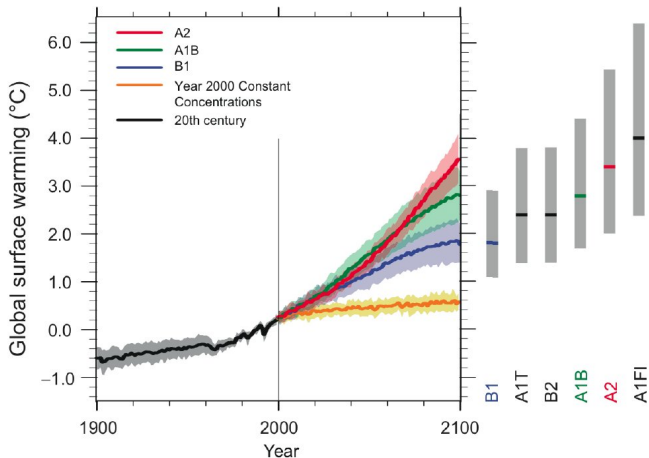


FIGURE SPM-5. Solid lines are multi-model global averages of surface warming (relative to 1980-99) for the scenarios A2, A1B and B1, shown as continuations of the 20th century simulations. Shading denotes the plus/minus one standard deviation range of individual model annual averages. The orange line is for the experiment where concentrations were held constant at year 2000 values. The gray bars at right indicate the best estimate (solid line within each bar) and the *likely* range assessed for the six SRES marker scenarios. The assessment of the best estimate and *likely* ranges in the gray bars includes the AOGCMs in the left part of the figure, as well as results from a hierarchy of independent models and observational constraints. {Figures 10.4 and 10.29}

AOGCM Projections of Surface Temperatures

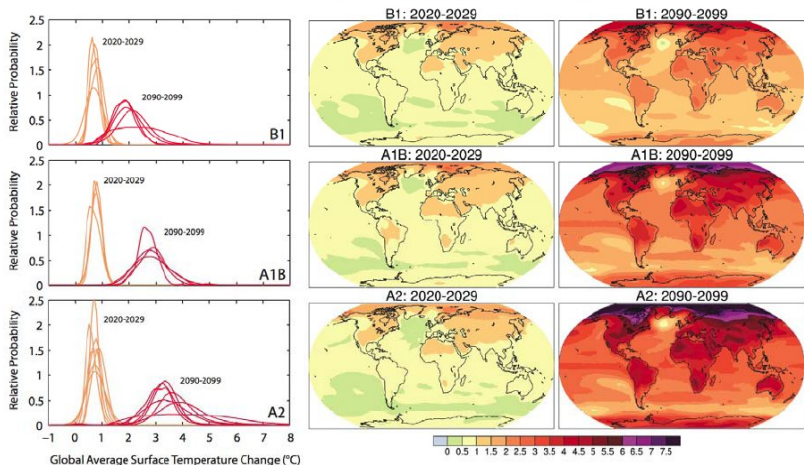


FIGURE SPM-6. Projected surface temperature changes for the early and late 21st century relative to the period 1999. The central and right panels show the Atmosphere-Ocean General Circulation multi-Model average projections for the B1 (top), A1B (middle) and A2 (bottom) SRES scenarios averaged over decades 2020–2029 (center) and 2090–2099 (right).

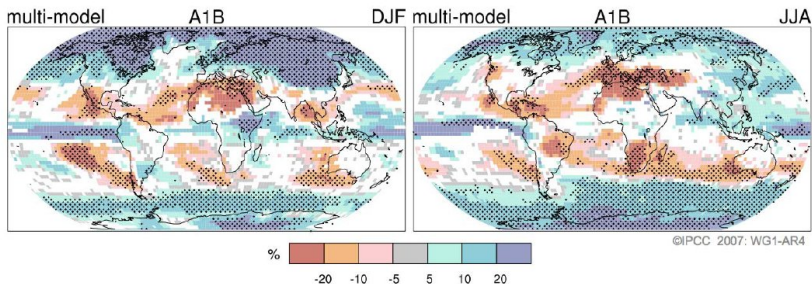


FIGURE SPM-7. Relative changes in precipitation (in percent) for the period 2090–2099, relative to 1980–1999. Values are multi-model averages based on the SRES A1B scenario for December to February (left) and June to August (right). White areas are where less than 66% of the models agree in the sign of the change and stippled areas are where more than 90% of the models agree in the sign of the change. {Figure 10.9}

Shrnutí

- modelování počasí – krátkodobý vývoj, komerčně významné
- modelování klimatu – dlouhodobý vývoj, politicky a společensky významné
- modelování je v tomto případě používáno nejen pro zkoumání možných trendů, ale i pro kvantitativní předpovědi