

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

Z0076 Meteorologie a klimatologie

Petr Kolář

PřF MU Brno

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

Definice:

- **klimatický downscaling zahrnuje soubor technik, které využívají předpovědí globálních klimatických modelů (AOGCMs) k získávání klimatických informací ve vyšším rozlišení (stovky km → desítky km)**
- **přesnost downscalingu je nejprve testována simulací současného nebo minulého klimatu**
- **pracuje se opět s daty v gridové síti, je nutné převést historická a současná staniční data (po procesu homogenizace) do pravidelné sítě - tzv. technické řady (CZ-grid)**

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

- existují 2 základní přístupy:
 1. Použití empirických statistických vztahů mezi prvky rozdílných prostorových úrovní (**statistický downscaling**).
 2. Použití lokálních klimatických modelů (**LAM – Local Area Model**), jejichž vstupní okrajové podmínky pochází z globálních klimatických modelů či databází (**dynamický downscaling**).
- oba přístupy jsou formou tzv. **post-processingu** globálních dat
- proces převodu dat je jednostranný (globální úroveň → lokální, ne naopak), výjimkou jsou tzv. **telekonekce** (dálková spojení), kdy místní podmínky mohou významně ovlivnit globální systém

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

STATISTICKÝ DOWNSCALING

VÝHODY:

- výpočetně méně náročný, levný
- snadno přenositelný mezi jednotlivými oblastmi
- založen na standardních statistických přístupech

NEVÝHODY:

- vyžaduje dlouhé časové řady dat pro kalibraci
- úspěch závisí na volbě prvků
- podhodnocuje rozptyl dat, není schopen dobře reprezentovat klimatické extrémny

DYNAMICKÝ DOWNSCALING

VÝHODY:

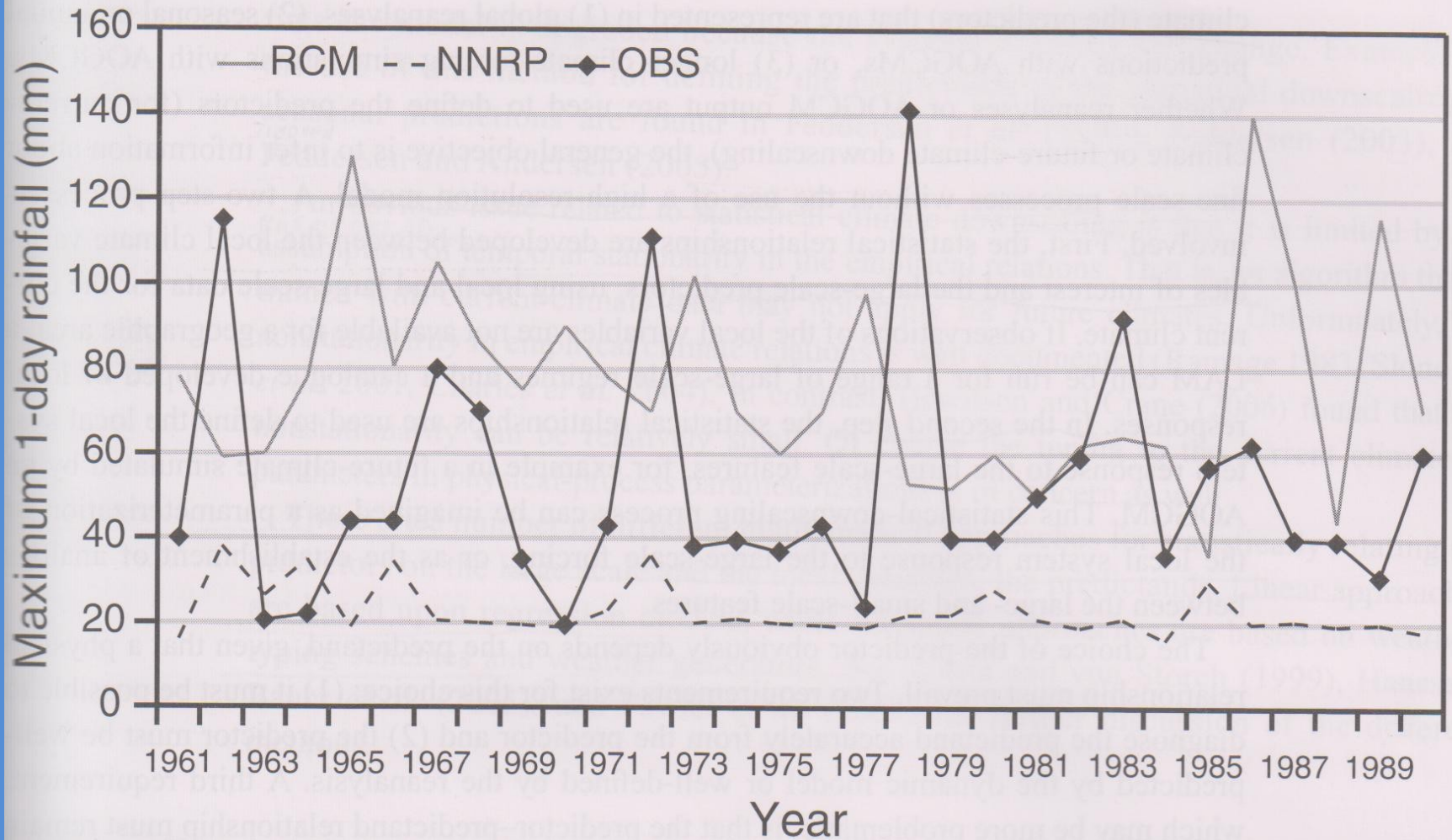
- odezva klimatického modelu je založena na fyzikálně konzistentních procesech
- lépe vystihuje klimatické extrémny a rozptyl dat

NEVÝHODY:

- výpočetní náročnost
- ovlivnění běhů zvolenými vstupními okrajovými podmínkami
- chyby v globálním modelu se přenáší i na regionální úroveň

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

- klimatické extrémy jsou spojeny s maloměřítkovými vlastnostmi a procesy (konvekce, fronty, orografická cirkulace, apod.), proto jsou z AOGCMs obtížně predikovatelné
- velký význam dynamického downscalingu v celé řadě aplikací



KLIMATICKÝ DOWNSCALING

STATISTICKÝ DOWNSCALING

- prostorový nástroj zahrnující **lineární/nelineární statisticko-empirické vztahy** k odhadu lokálních maloměřítkových charakteristik (**prediktantů**), jako např. srážkových úhrnů, teploty vzduchu, říčního odtoku, apod.
- charakteristiky jsou odvozeny pomocí prvků velkého měřítka (**prediktorů**) z AOGCMs nebo globálních technických řad
- jako prediktory lze uvést např. pole srážek, tlaku vzduchu, relativní vlhkosti, apod.
- účelem je získat informace o regionálním klimatu bez využití LAMs
- dvoustupňový proces:
 1. Analýza statistického vztahu mezi prediktory a prediktanty.
 2. Tento vztah je použit ke zjištění **odezvy** lokálního klimatu na změny v globálním klimatu (např. scénáře změny klimatu).

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

STATISTICKÝ DOWNSCALING

- lze jej označit za **parametrizaci odezvy** místního klimatu na změny globálních faktorů (**forcingů**)
- velkým problémem je **časová nestacionarita** vztahu mezi konkrétními prediktory a prediktanty

TYPIZACE STATISTICKÉHO DOWNSCALINGU:

1. lineární přístupy

- regresní modely

2. nelineární přístupy

- meteorologické typizace (jako např. katalogy povětrnostních situací)
- náhodné generátory počasí

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

STATISTICKÝ DOWNSCALING

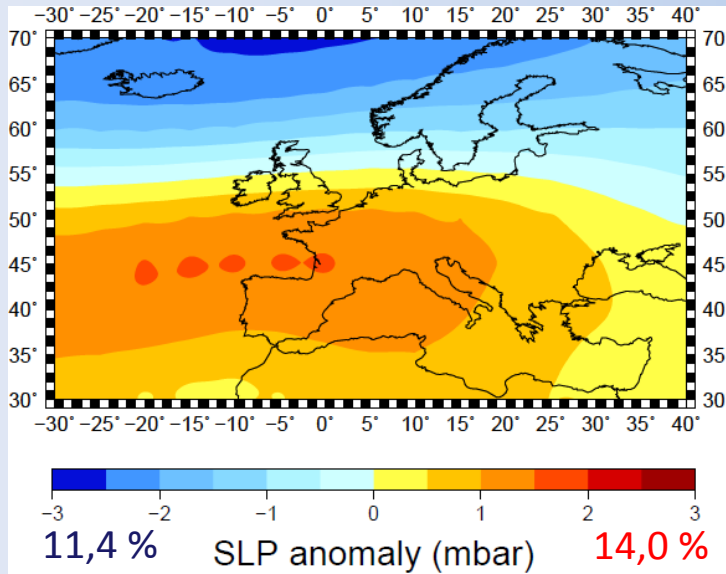
REGRESNÍ MODELÝ:

- přímá kvantifikace vztahu mezi prediktory a prediktanty
- analýzy **korelačních a regresních koeficientů** mezi prvky (např. index NAO – přízemní teplota vzduchu ve střední Evropě) v relativní podobě (práce s **anomáliemi**)
- nutný předpoklad **normálního rozdělení** proměnných
- příklady metod:
 - JEDNODUCHÁ/MNOHONÁSOBNÁ REGRESE
 - „SINGULAR-VALUE DECOMPOSITION“
 - KANONICKÁ KORELAČNÍ ANALÝZA
 - EMPIRICKÉ ORTOGONÁLNÍ FUNKCE (viz příklad)
 - ANALÝZA HLAVNÍCH KOMPONENT

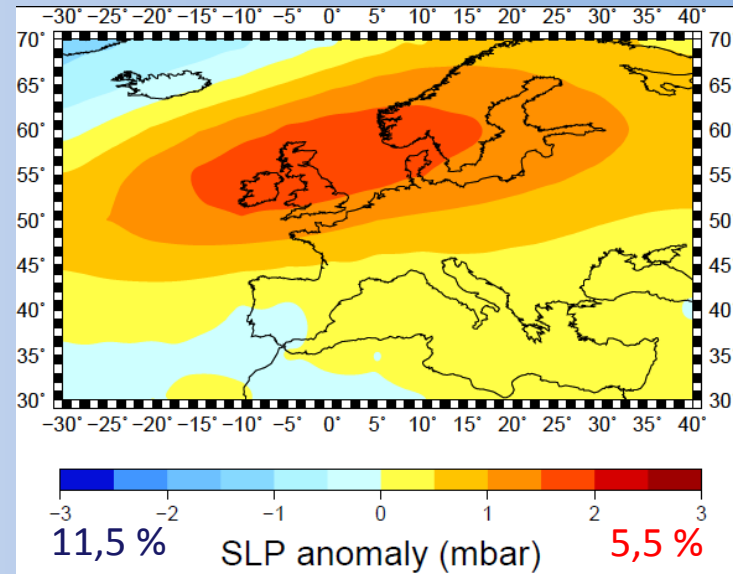
*PŘÍKLAD – VYUŽITÍ METODY EOFs
NA UKÁZCE ANALÝZY SEZÓNÍ
VARIABILITY STŘEDOEVROPSKÉHO
KLIMATU V LETECH 1500–2000*

First eigenvectors $e_i(x)$ – instrumental

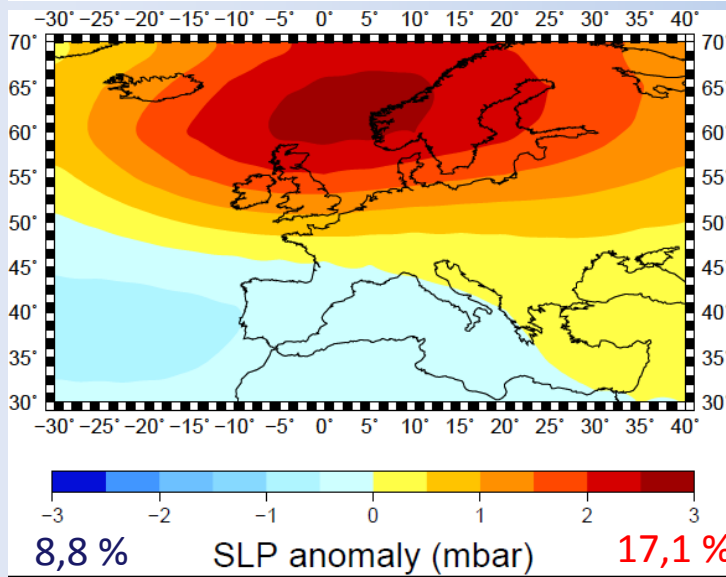
spring



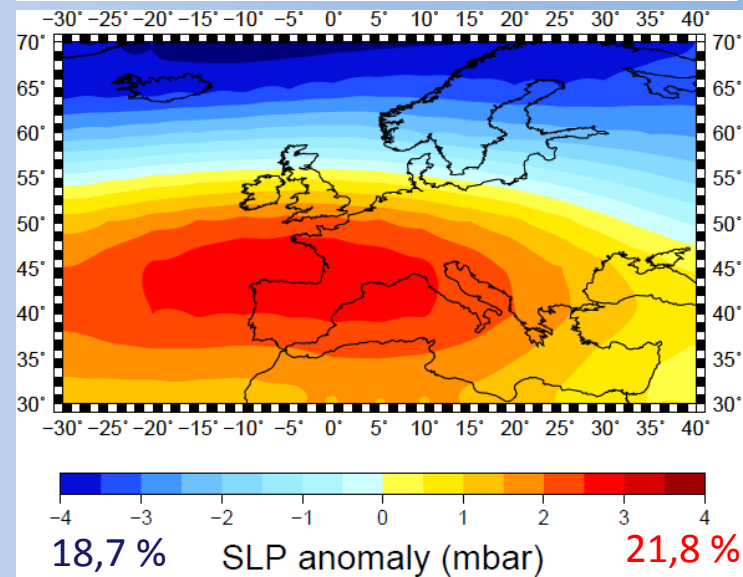
summer



autumn

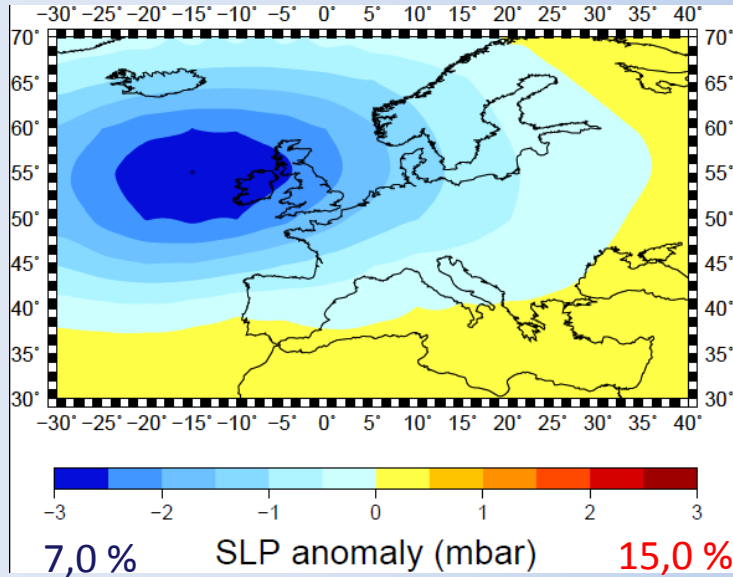


winter

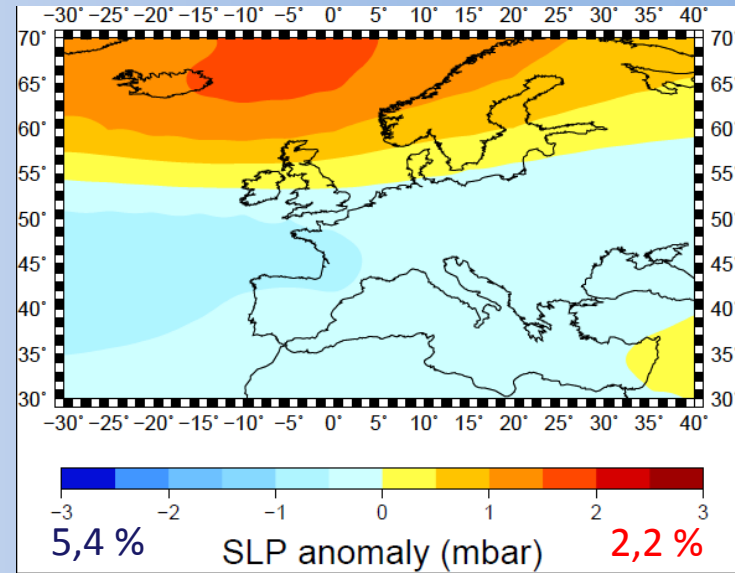


Second eigenvectors $e_i(x)$ – instrumental

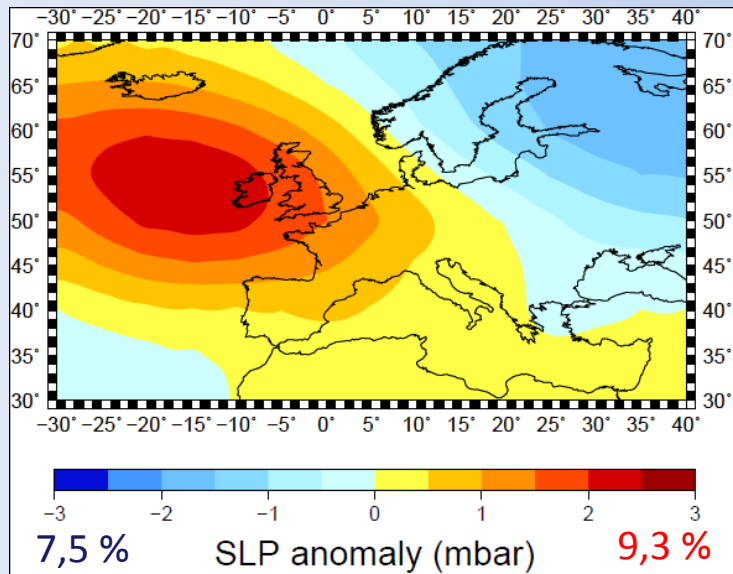
spring



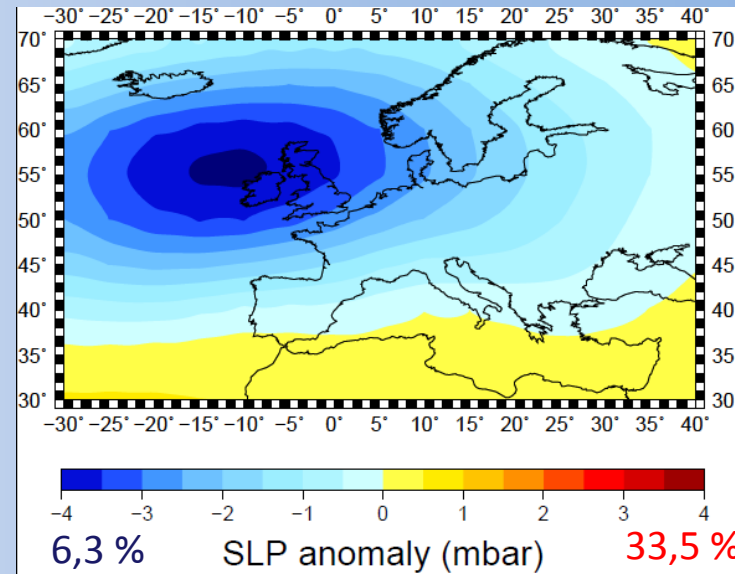
summer



autumn

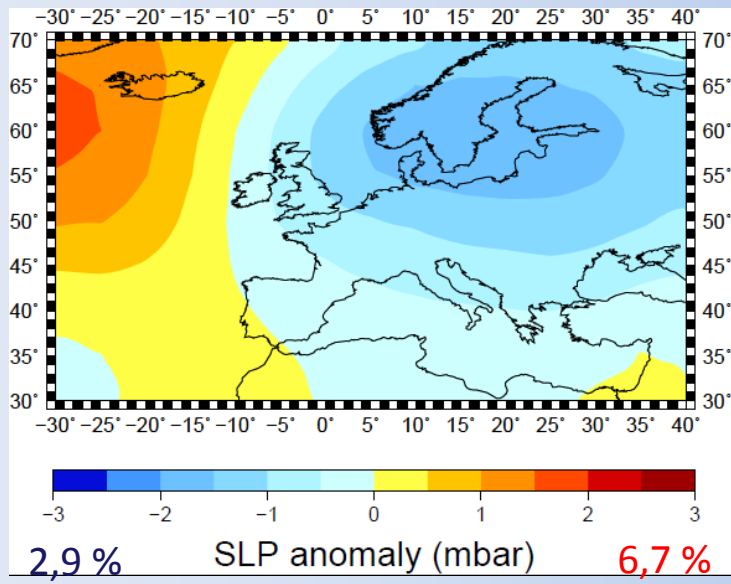


winter

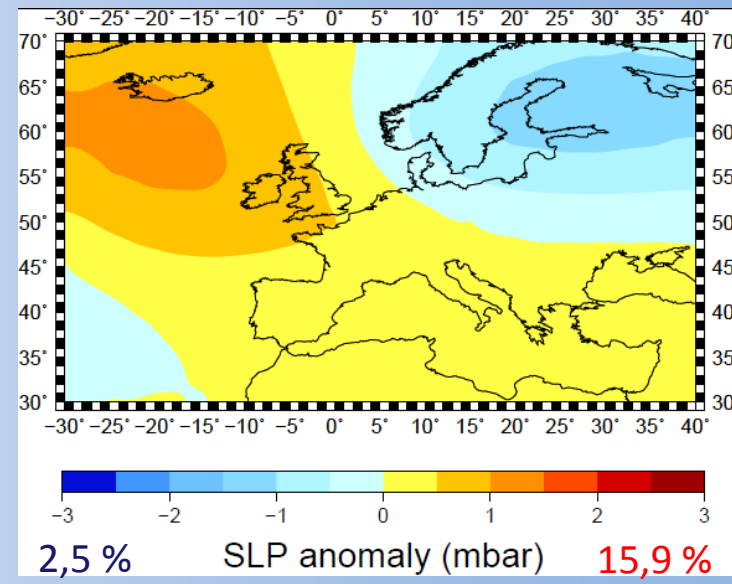


Third eigenvectors $e_i(x)$ – instrumental

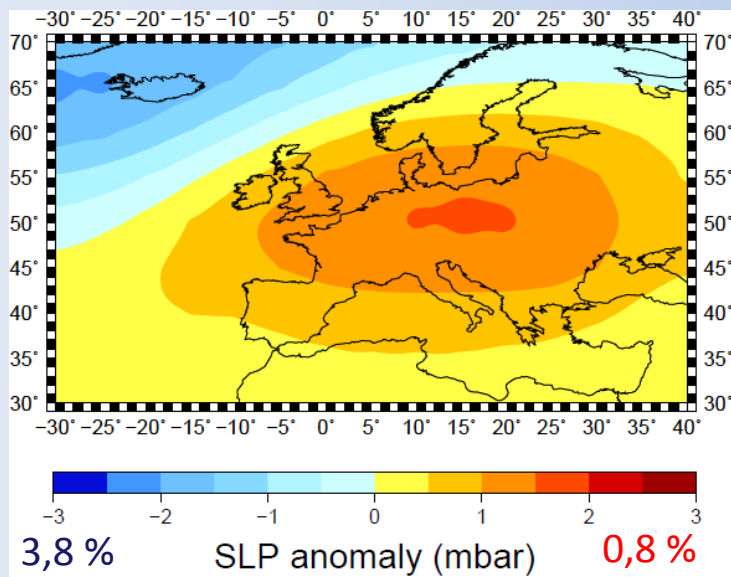
spring



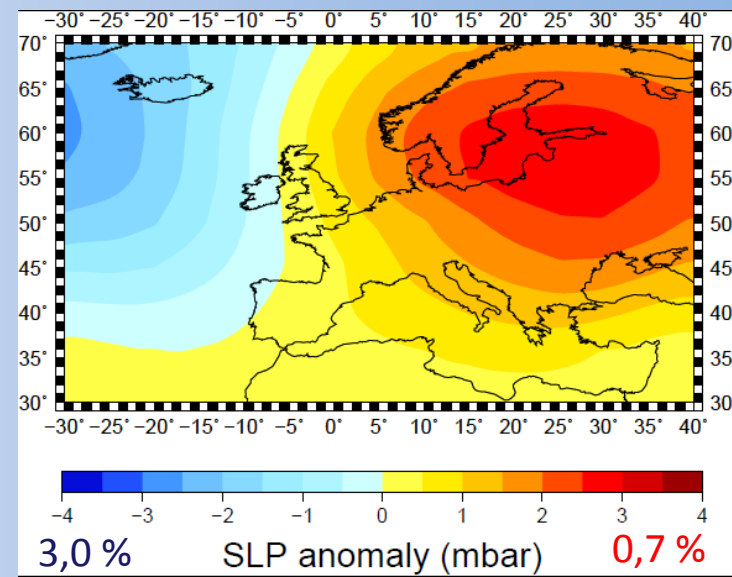
summer



autumn

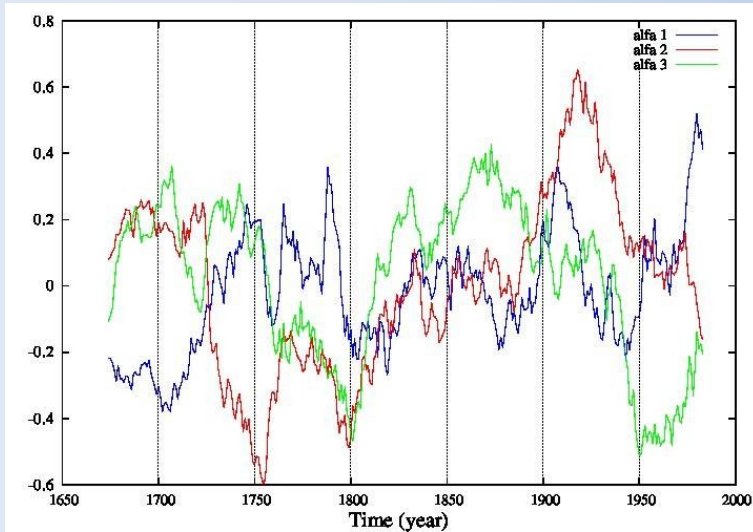


winter

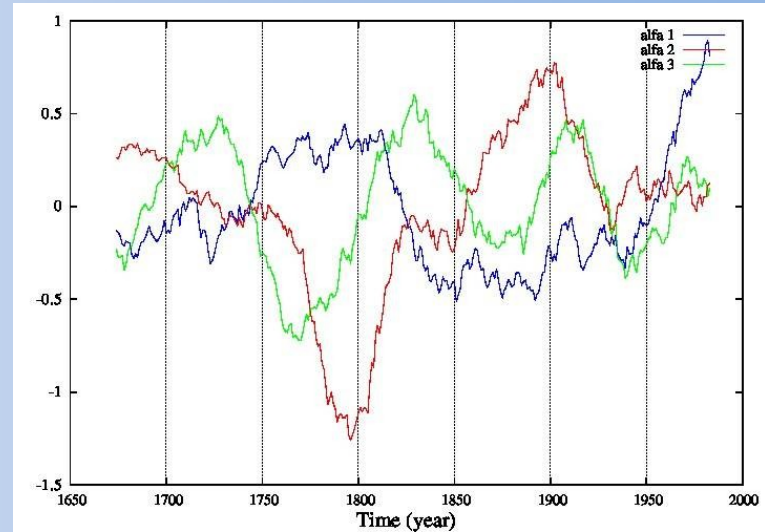


Seasonal progresses of $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ – instrumental

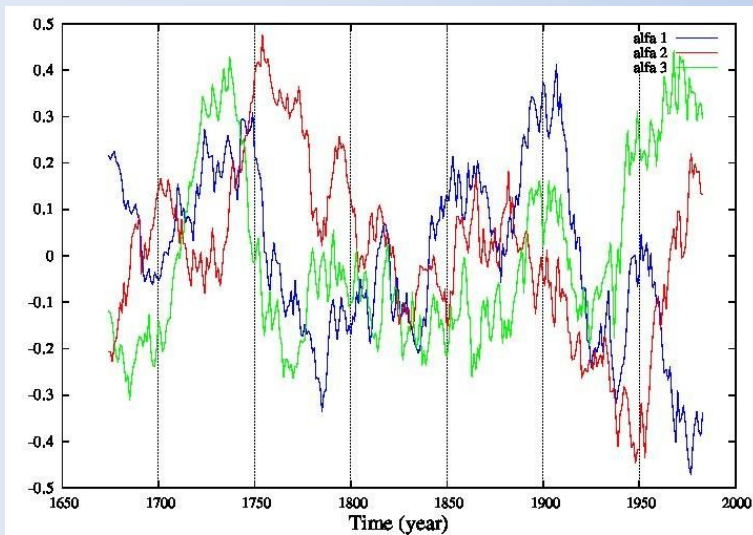
spring



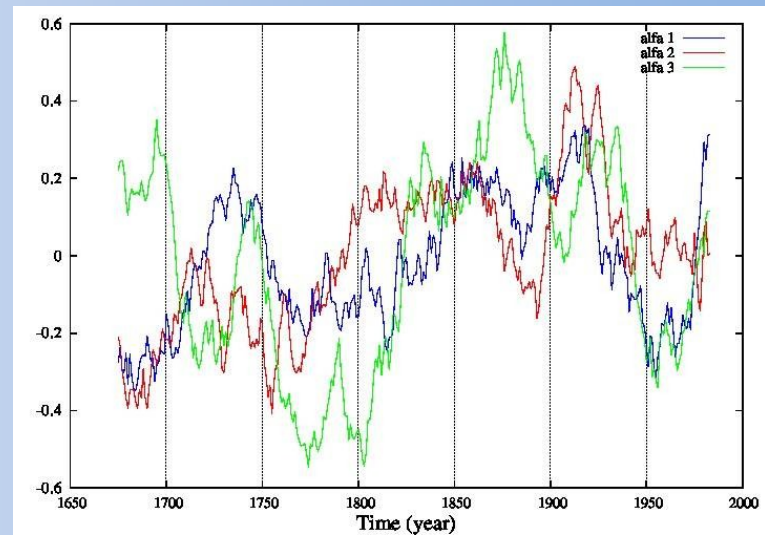
summer



autumn

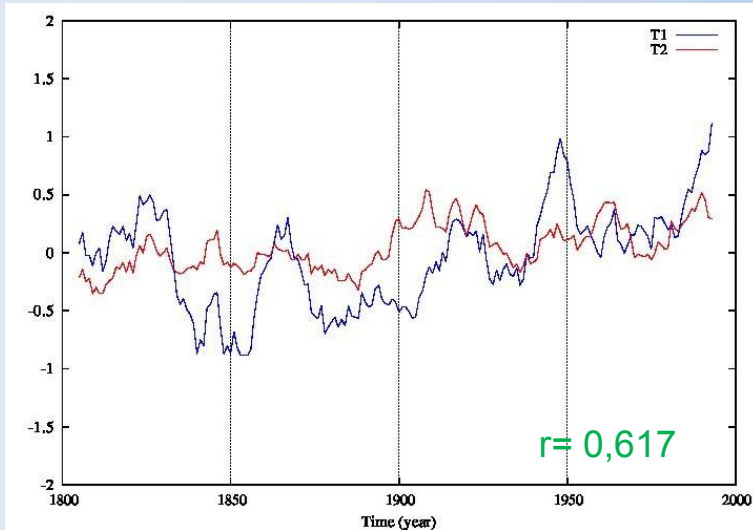


winter

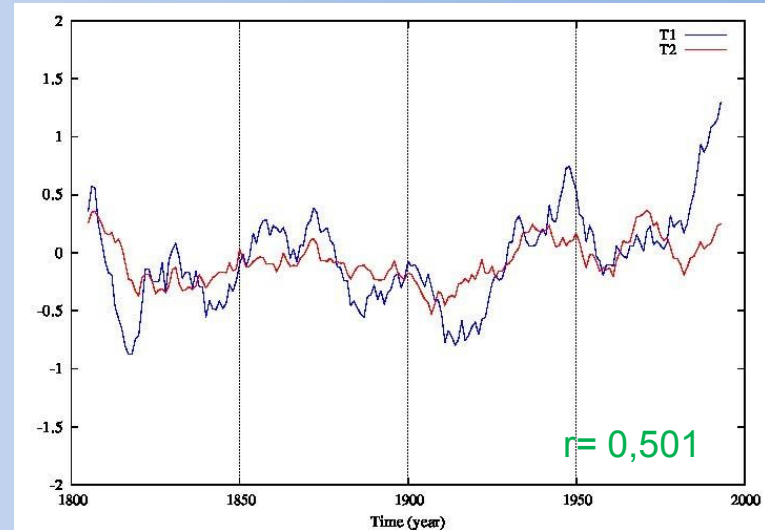


Comparison of n.temp. (T1) and of n.temp. estimated from correlation with EOFs (T2) – instrumental

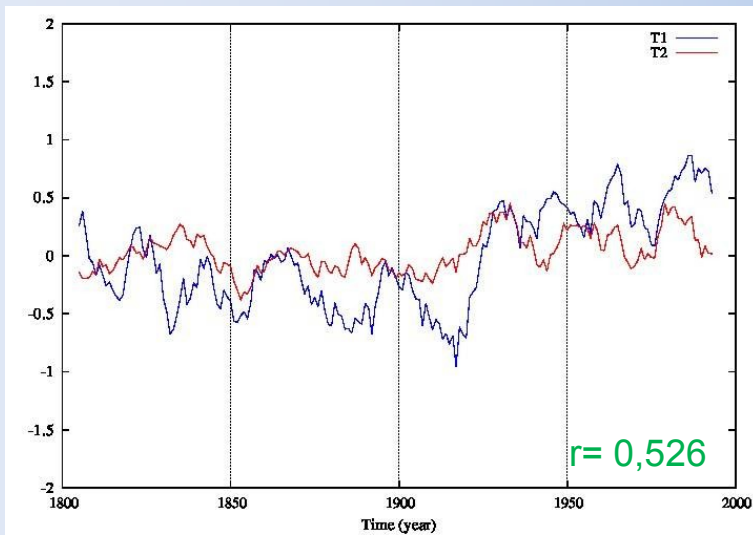
spring



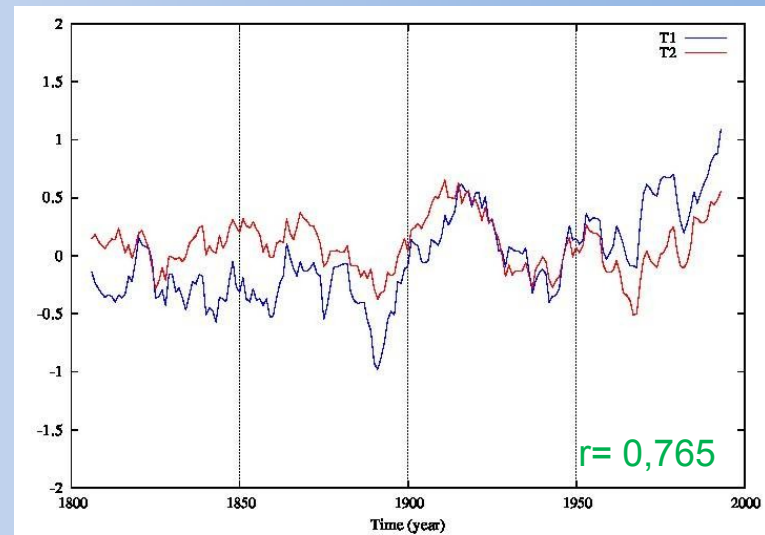
summer



autumn



winter



KLIMATICKÝ DOWNSCALING

STATISTICKÝ DOWNSCALING

METEOROLOGICKÉ TYPIZACE:

- klasifikace počasí do několika **předem definovaných** kategorií, shluků, tříd nebo režimů na základě např. pole tlaku, geopotenciálu, apod.
- místní počasí reprezentované prediktantem (např. srážky) je **odvozeno pro každou kategorii/shluk/třidu/režim**

Prediktor – nikoliv konkrétní hodnota, ale **celé pole** (rozložení prvku)

- metody: METEOROLOGICKÉ ANALOGY, SHLUKOVÁ ANALÝZA, NEURÁLNÍ SÍŤ

NÁHODNÉ (STOCHASTICKÉ) GENERÁTORY POČASÍ:

- **umělé simulace** chodu konkrétních prvků (např. srážek) v daných oblastech za účelem zpřesnění časového rozlišení (sezónní/měsíční průměr → denní krok)

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

DYNAMICKÝ DOWNSCALING

METODY:

1. vnořené LAM/RCMs (lokální/regionální klimatické modely)
2. globální AGCMs s nerovnoměrným gridem
3. globální AGCMs s rovnoměrným gridem vysokého rozlišení
4. globální AOGCMs s vysokým orografickým rozlišením

- lepší reprezentace lokálních faktorů (orografie, změny povrchu – land cover)
- schopnost procesy kvantifikovat, ne parametrizovat
- větší kompatibilita mezi horizontálním a vertikálním modelovým rozlišením

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

DYNAMICKÝ DOWNSCALING

- lokální modely obvykle neobsahují oceánskou, ledovou a vegetační dynamiku (na rozdíl od AOGCMs), kterou přejímají
- lokální modely jsou počítány pro **časové řezy** (time-slices) obvyklého trvání 30 let (1961–1990 x 2071–2100)

VNOŘENÉ LAM/RCMS:

- široké využití (impaktové studie = regionální změna klimatu a její dopady – vodní zdroje, zemědělství, ekosystémy, energie, atd.)
- využití pro odhad klimatických extrémů
- řada mezinárodních projektů (Evropa – CECILIA, PRUDENCE)
- časové řezy mohou být ovlivněny cykly vnitřní variability klimatického systému

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

DYNAMICKÝ DOWNSCALING

VNOŘENÉ LAM/RCMS:

- největším problémem regionálního klimatického modelování jsou vstupní okrajové podmínky (LBC) přejímané z globálních modelů → značná citlivost na přesnou polohu LBC, velikost domény RCM a na kvalitu vstupních dat
- jedním z řešení problému různé prostorové úrovně dat je aplikace **metody Big-Brother–Little-Brother** :
 - vytvoření velké domény RCM (Big-Brother) - referenční klima dané oblasti (měřítko podobné měřítku AOGCM)
 - referenční klima je použito k definici LBC pro stejný RCM, který je ale rozběhnut pro nižší prostorovou doménu (Little-Brother)
 - výsledné statistické rozdíly mezi doménami Big- a Little-Brother jsou kvantifikovány a připsány efektu LBC

KLIMATICKÝ DOWNSCALING

DYNAMICKÝ DOWNSCALING

GLOBÁLNÍ AGCMS S NEROVNOMĚRNÝM GRIDEM (stretched-grid):

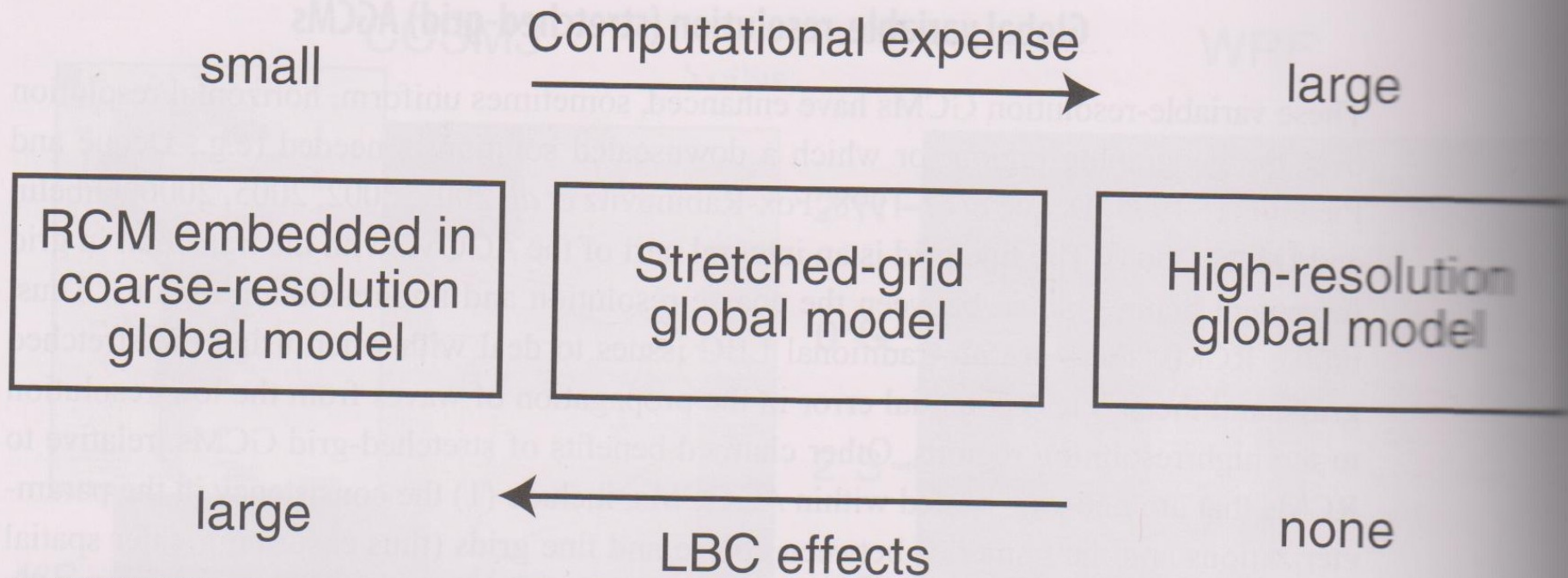
- zvýšené rozlišení v zájmových oblastech (např. Evropa + severní Atlantik), pozvolný přechod velikosti kroku gridu
- **výhody** - nejsou takové problémy s LBC, procesy regionální úrovně mohou zpětně ovlivnit globální úroveň

GLOBÁLNÍ AGCMS S ROVNOMĚRNÝM GRIDEM VYSOKÉHO ROZLIŠENÍ:

- teoreticky ideální způsob modelování regionálního klimatu
- **značné výpočetní nároky** – časové řezy pouhých několika let (posílení role vnitřní variability)

GLOBÁLNÍ AOGCMS S VYSOKÝM OROGRAFICKÝM ROZLIŠENÍM:

- aplikace regionálního klimatického modelování **v oblastech s významným vlivem orografie** (východní pobřeží Pacifiku)



LITERATURA

WARNER, T. W.: *Numerical weather and climate prediction*. Cambridge: Cambridge University Press, 2011. 526 s.