



Univerzita Karlova v Praze
Matematicko/fyzikální fakulta
katedra fyziky atmosféry
V Holešovičkách 2, Praha 8



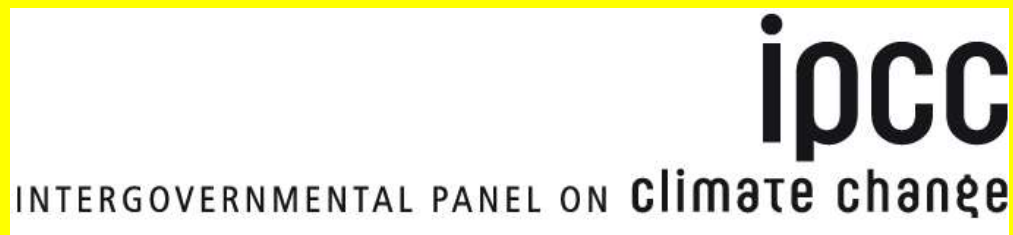
Klimatická změna a její hodnocení po COP21 v Paříži

Tomáš Halenka

tomas.halenka@mff.cuni.cz

Úvod

- COP 21 v Paříži
- návaznost na IPCC proces
- připravovaný CMIP6
- co nového v aktivitě CORDEX



Obsah

- COP 21 Paříž
- COP a IPCC
- CMIP6
- Aktivita CORDEX
- Euro-CORDEX
- Závěry

Obsah

- **COP 21 Paříž**
- COP a IPCC
- CMIP6
- Aktivita CORDEX
- Euro-CORDEX
- Závěry

COP 21 UNFCCC

- Conference of Parties, United Nations Framework Convention on Climate Change
- Paříž, 30. 11.-12. 12. 2015
- 196 států
- 6000+ přihlášek
- 1300+ delegátů
- 75+ High-Level Speakers

UNFCCC - historie



United Nations
Framework Convention on
Climate Change

- UNFCCC – Rámcová úmluva o klimatické změně – Rio de Janeiro, 1992, Rio Earth Summit

The ultimate objective of this Convention and any related legal instruments that the Conference of the Parties may adopt is to achieve, in accordance with the relevant provisions of the Convention, stabilization of greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that would prevent dangerous anthropogenic interference with the climate system...

- V platnosti od 1994, dnes 195 států ratifikovalo – strany úmluvy – účastníci Konferencí stran, od r. 1995
- Sesterské úmluvy z Ria: UN Convention on Biological Diversity a Convention to Combat Desertification

UNFCCC – o co šlo



United Nations
Framework Convention on
Climate Change

- Uchopení problému: stupeň poznání IPCC, poučení a řešení problému dle vzoru Montrealského protokolu 1987
- Stabilizace GHG koncentrací na úrovni, která zajistí, aby antropogenní vliv nebyl nebezpečný klimatickému systému
- Takové úrovně by mělo být dosaženo v časovém horizontu, který umožní přirozenou adaptaci ekosystémů na klimatickou změnu

COP - historie

- 1995 - COP 1, Berlín,
- 1996 – UNFCCC sekretariát
- 1997 – COP 3, Kjóto, Kjótský protokol
- 2000 – IPCC TAR
- 2005 – poslední ratifikace Kjótského protokolu potřebná k jeho platnosti – Rusko, COP 11, Montreal, dle KP start příprav další fáze KP
- 2007 – IPCC AR4, COP 13, Bali, Bali road map, ENSEMBLES prezentace
- 2008 – COP 14, Poznaň, CECILIA prezentace
- 2009 – COP 15, Kodaň, „velký nezdar“, místo nového dokumentu s platnými redukcemi po r. 2020 jen individuální nezávazné sliby redukcí

Kjótský protokol

- 1997 – COP 3, Kjóto
- 2005 – vstoupil v platnost, složitý ratifikační proces
- Závazek 37 rozvinutých zemí + EU jako celek snížit emise GHG o 5% v období 2008-12 (první období) proti r. 1990 s cílem stabilizovat emise GHG v souladu s principy UNFCCC – uznání podílu průmyslového rozvoje v těchto zemích na celkové produkci GHG

Kjótský protokol

- Procedury hlášení a verifikace kroků plnění závazků – závazné redukce GHG emisí pro rozvinuté státy
- Ustanovení flexibilních tržních mechanismů schopných řídit redukční procedury – emisní povolenky jako obchodní komodita, finanční mechanismy
- Kontrola dodržování dohody

COP - historie

- 2011 – COP 17, Durban platform, další kroky
- 2012 – COP 18, Doha, dodatečné redukce k KP pro období 2013-2020 (druhé období, náhrada za selhání v Kodani), nutnost nového širšího dokumentu pro období 2020+
- 2013 – COP 19, Varšava, rozvoj durbanských dohod a závěrů, v rámci Durban Platform pobídka k individuálním redukčním závazkům pro pařížskou konferenci
- 2014 – COP 20, Lima, rozpracování klíčových částí pro dohodu v Paříži

COP 21 - výsledky

- 196 zúčastněných zemí, 195 signatářů dohody skutečně celosvětového měřítka akceptující klimatickou změnu jako produkt člověka a naléhavou nutnost opatření k jejímu zmírnění a k adaptaci, udržet nárůst globální teploty na konci století pod 2°C (1,5°C) proti preindustriální době
- Předpokládá zapojení všech států, i když akceptuje rozdílná východiska a potřeby rozvojového světa
- Naplňování Zeleného klimatického fondu

COP 21 - nejistoty

- Nezávaznost redukčních závazků: některé státy deklarují potřebu nárůstu emisí kvůli rozvoji, individuální závazky nejsou kodifikovány, ale často vycházejí z již platných domácích zákonů či opatření
- Nezávaznost naplňování GCF
- Dosavadní soubor závazků k redukcím dává výsledný nárůst globální teploty $\sim 2,7^{\circ}\text{C}$
- **ALE** – pravidelné vyhodnocování situace a přizpůsobování opatření

Obsah

- COP 21 Paříž
- **COP a IPCC**
- CMIP6
- Aktivita CORDEX
- Euro-CORDEX
- Závěry

Limit 2°C (1,5°C)

Těžko se může jednat o přesnou hodnotu, spíše vhodné pro formulaci politických proklamací a cílů.

Dva aspekty limitu

- Úroveň, pro kterou jsou příslušná mitigační a adaptační opatření možná rozumně dostupnými metodami za rozumnou cenu
- Úroveň, pro kterou je možné předpokládat „lineární“ chování klimatického systému, tedy bez náhlých změn, „tipping points“ apod.

Naplnění limitů

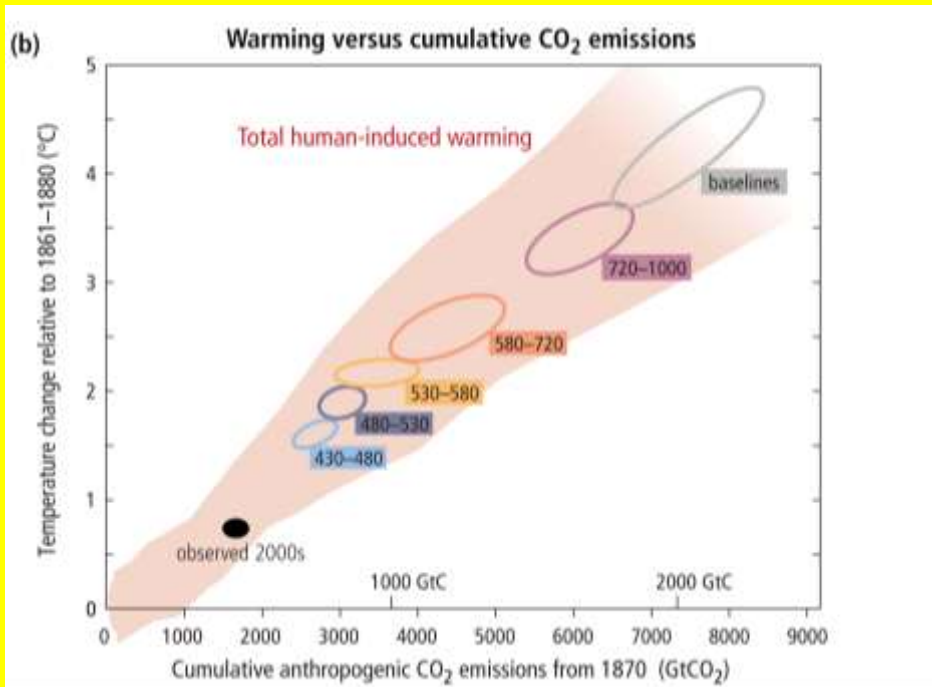
- **1,5°C**

- Nereálný, tedy bez technologií aktivního odčerpávání GHG z atmosféry
- V současnosti $\sim 1^\circ\text{C}$
- I při okamžitém absolutním ukončení emisí GHG vlivem jejich dlouhé doby života v atmosféře nárůst o dalších pár desetín až půl stupně

Naplnění limitů

- 2°C

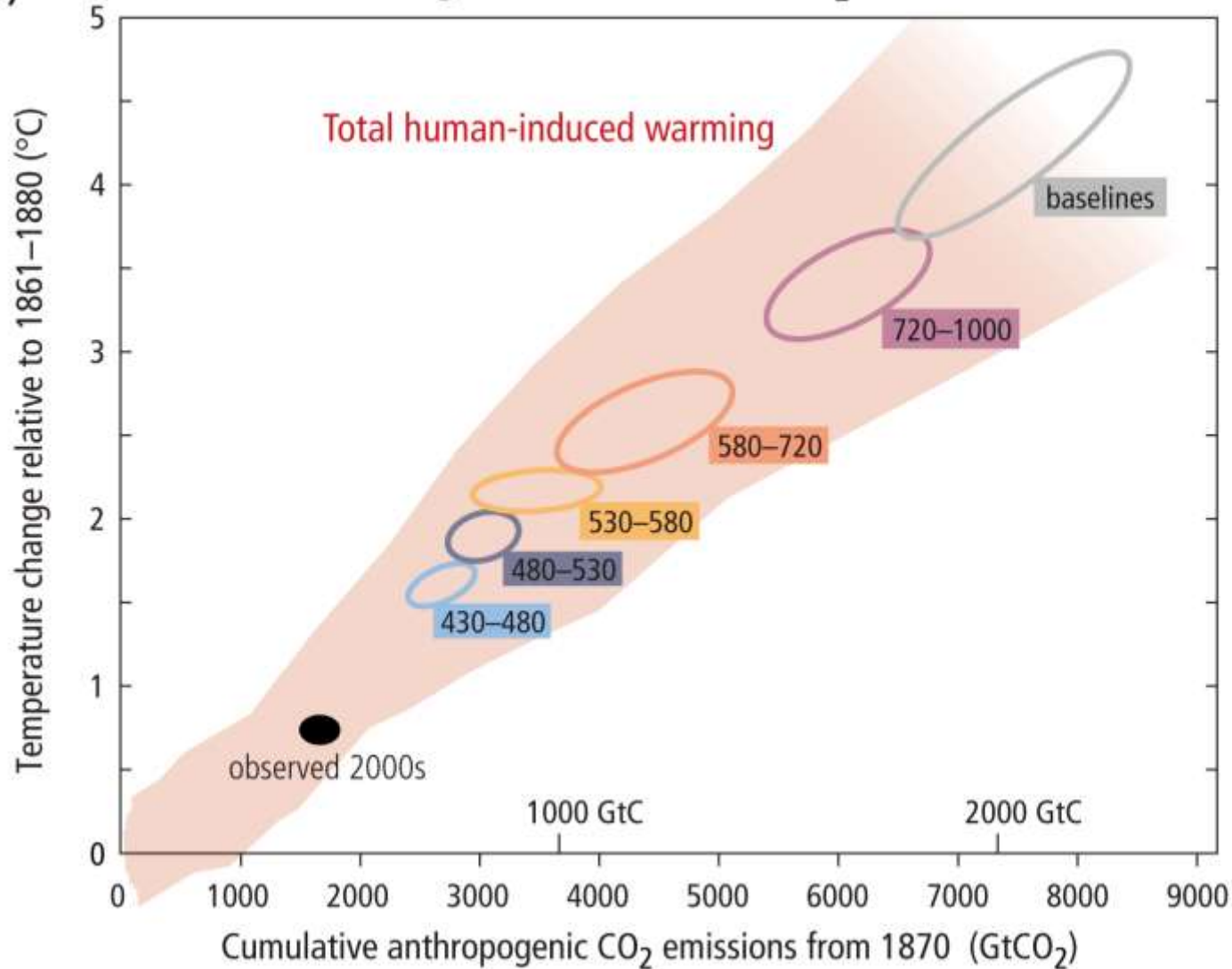
- bez technologií aktivního odčerpávání GHG z atmosféry v druhé polovině století rovněž nepříliš reálný



Naplnění limitů

(b)

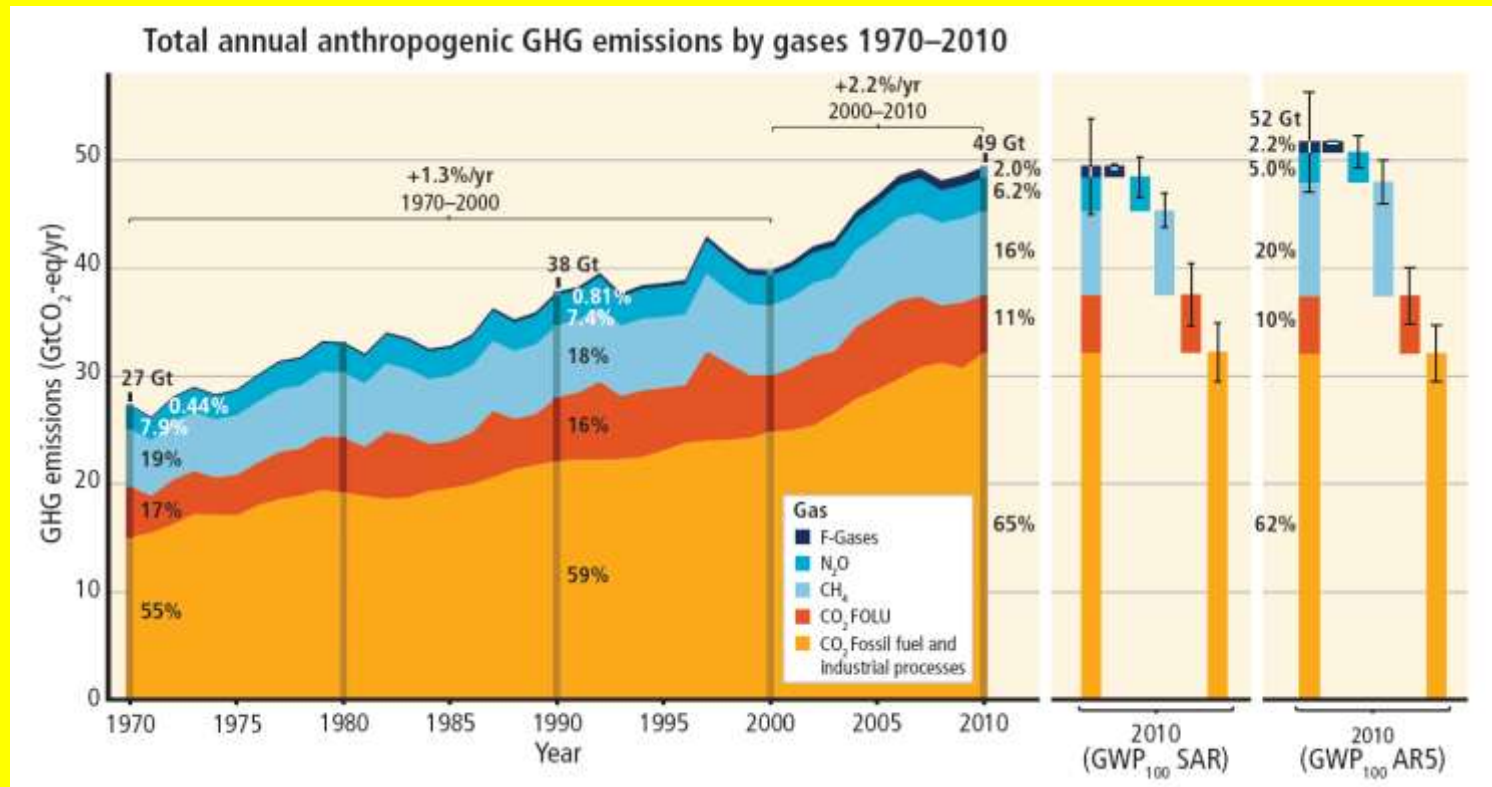
Warming versus cumulative CO₂ emissions



Naplnění limitů

- 2°C

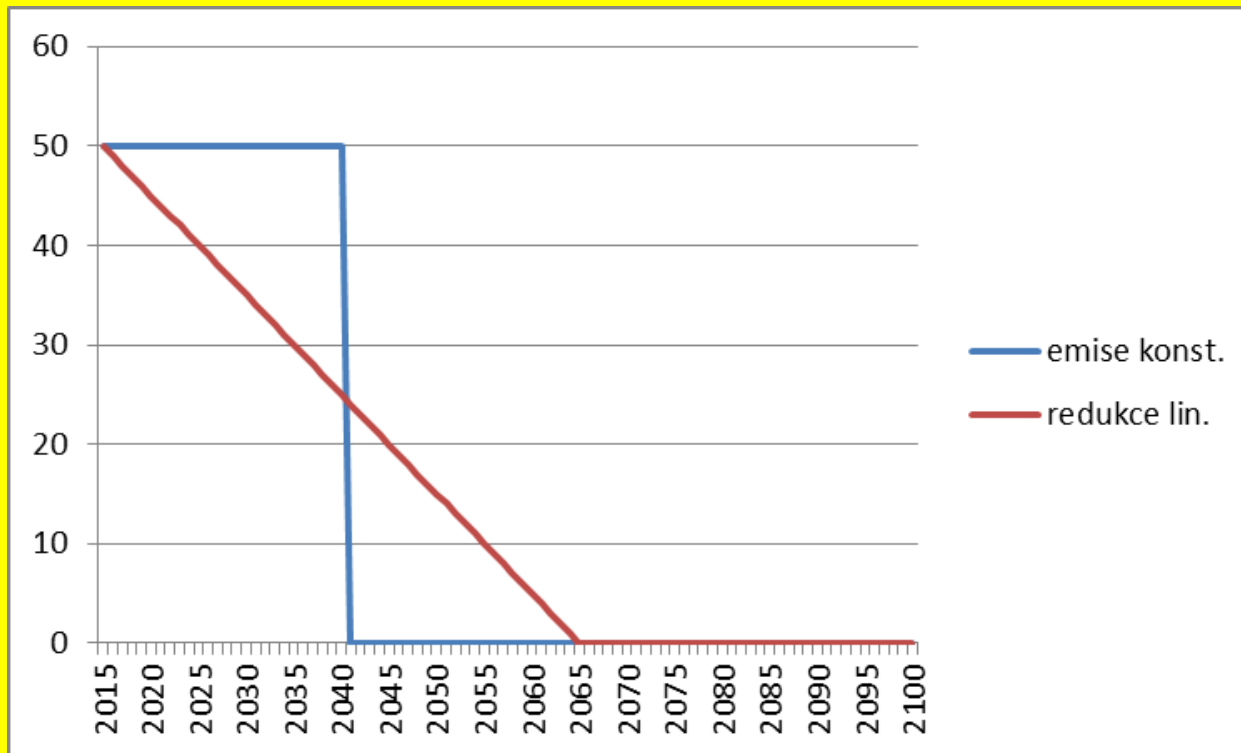
~ 1250 Gt ještě
akceptovatelných emisí,
při konstantních emisích
50 Gt CO₂ekv. ročně
vyčerpáno během 25 let



Naplnění limitů

- 2°C

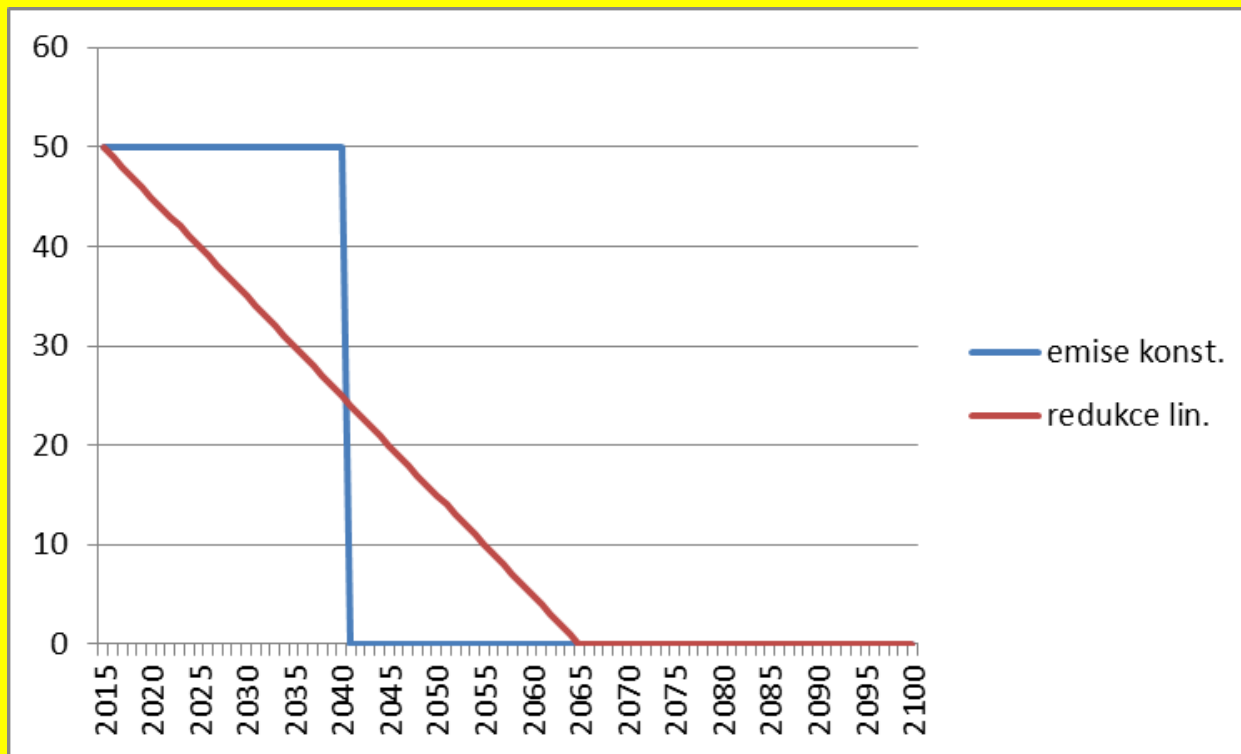
~ 1250 Gt ještě
akceptovatelných emisí,
při konstantních emisích
50 Gt CO₂ekv. ročně
vyčerpáno během 25 let



Naplnění limitů

- 2°C

Při lineárním poklesu se zachováním limitu ~ 1250 Gt ještě akceptovatelných emisí vyčerpáno během 50 let, tj. redukce 20%/10 let



„Ambiciózní“ redukce emisí ČR

- od r. 1990 do současnosti jsme zredukovali GHG emise o 34%
- závazek ČR je redukce o 40% proti r. 1990
- chystaná změna tedy představuje 6 procentních bodů, tedy 4 na dekádu, po přepočtení na současné emise (2/3 původních emisí před r. 1990) vychází redukce 6% na dekádu
- ve srovnání s hodnotou 20% méně to jako ambiciózní cíl nepřipadá

Obsah

- COP 21 Paříž
- COP a IPCC
- **CMIP6**
- Aktivita CORDEX
- Euro-CORDEX
- Závěry

CMIP6



- Coupled Model Intercomparison Project Phase 6
- Projekt WCRP Working Group of Coupled Modelling (WGCM)
- Od 1995 CMIP koordinuje experimenty s GCM (ESM) zahrnující celosvětově mezinárodní týmy
- CMIP vede k lepšímu poznání minulých, současných a budoucích změn klimatu a jeho variability
- CMIP se vyvíjel ve fázích, poslední CMIP5 nyní ukončena, základem pro IPCC AR5

CMIP6



- CMIP5 data stále používána a analyzována, předpokládá se ještě několik let
- Analýzy výsledků vedly k odhalení dalších mezer poznání a formulaci odborných problémů, které jsou základním impulsem pro přípravu další, šesté fáze, tedy CMIP6
- Základním cílem CMIP zůstává vědecké chápání klimatického systému Země
- CMIP6 simulace se opět předpokládají jako základ pro IPCC AR6

Historie CMIP

CMIP3 data základem IPCC AR4

- 20 TB dat, nyní asi ~36TB
- 20+ klimatických modelů od 14+ skupin

CMIP5 data základem IPCC AR5

- 1.5+ PB dat a stále přibývající
- 50+ klimatických modelů od 25+ skupin

CMIP6 data základem IPCC AR6

Kolik dat, modelů, skupin?

Organizace CMIP6

- **CMIP Panel** (V. Eyring (chair), J. Meehl, B. Stevens, R. Stouffer, K. Taylor), přímá koordinace CMIP a dohled na celý CMIP proces
- Sub-committee of **WCRP's Working Group of Coupled Modelling** (WGCM, co-chairs S. Bony and C. Senior).
- **WGCM Infrastructure Panel** (WIP, co-chairs V. Balaji & K. Taylor), standardy a politiky sdílení modelových výstupů a jeho technické aspekty (M. Juckes)

CMIP6 Design: Vědecká hlediska

Vědecký základ CMIP6 spočívá ve **WCRP Grand Challenges**:

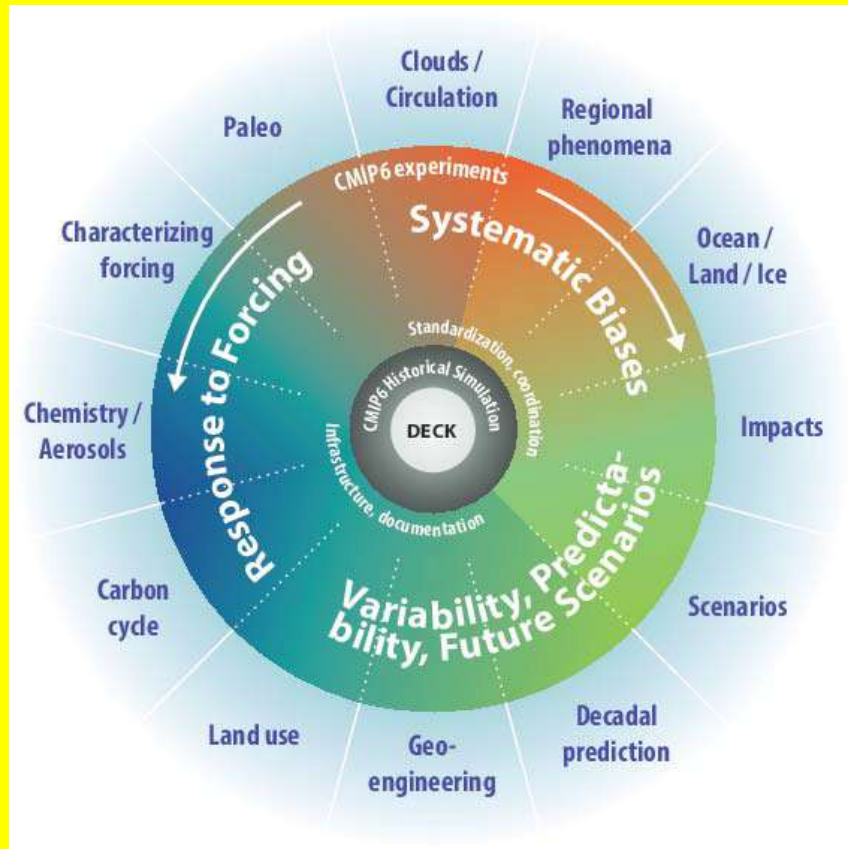
- Clouds, Circulation and Climate Sensitivity
- Changes in Cryosphere
- Climate Extremes
- Regional Sea-level Rise
- Water Availability
- Decadal Predictability (pending)
- Biogeochemical forcings and feedbacks (pending)

CMIP6 Design: Vědecká hlediska

Experimentální design zaměřen na tři základní vědecké otázky:

- Jak klimatický systém Země reaguje na forcing?
- Jaký je původ a důsledky systematických modelových chyb?
- Jak lze vyhodnotit budoucí klimatické změny s ohledem na variabilitu klimatu, prediktabilitu a nejistoty scénářů?

Nový CMIP – spojitější a distribuovaná organizace



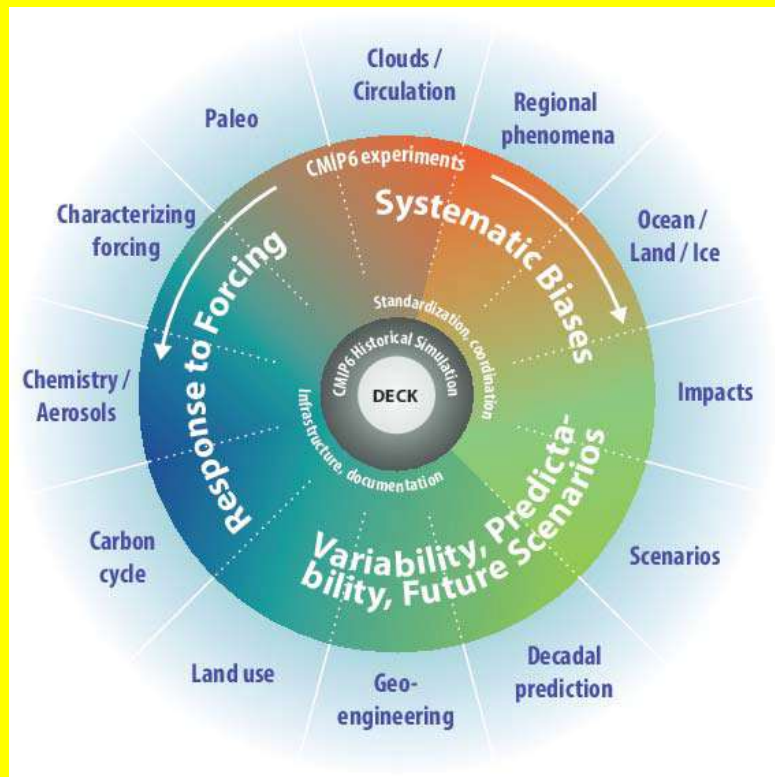
Společný základ společných experimentů DECK (vstupenka pro CMIP)

- AMIP simulation (~1979-2014)
- Pre-industriální kontrolní simulace
- 1%/rok CO₂ nárůst
- náhlý 4xCO₂ nárůst

CMIP6 Historické simulace (vstupenka pro CMIP6)

- Historické simulace s CMIP6 „forcingem“ (1850-2014)

Nový CMIP – spojitější a distribuovaná organizace

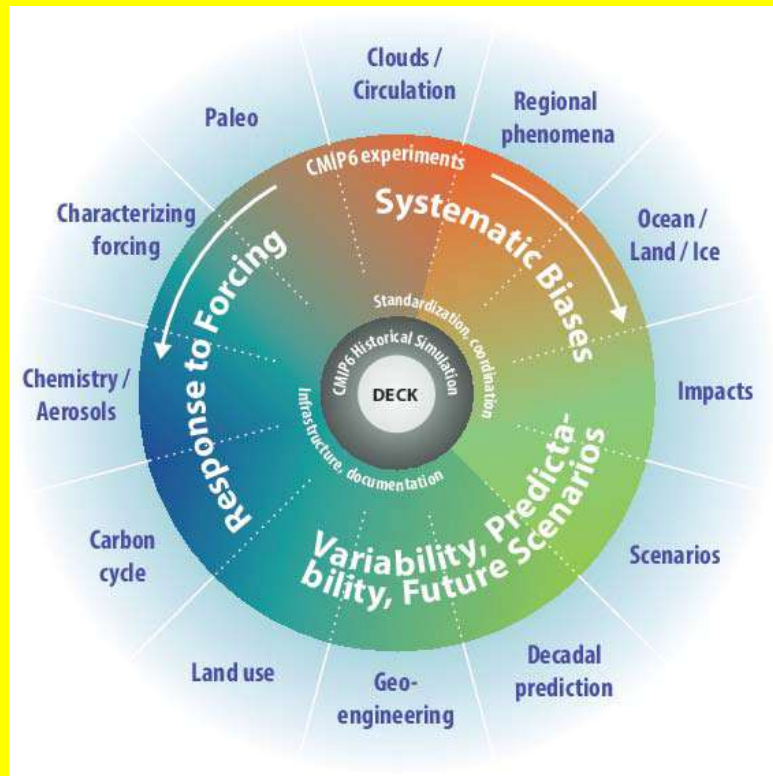


Standardizace a koordinace,
coordination, infrastruktura,
dokumentace

CMIP6-schválené MIPs (Model Intercomparison Projects)

- Alespoň jeden z klíčových problémů CMIP6.
- Spojitost s DECK experimenty a CMIP6 Historical
- Přijetí CMIP modelovacích infrastrukturních standardů a konvencí

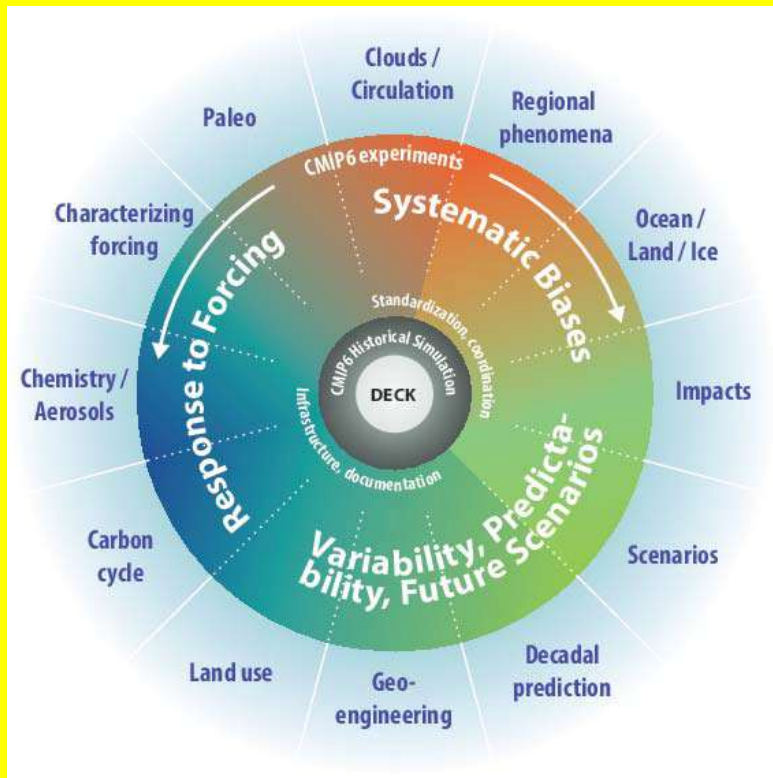
Nový CMIP – spojitější a distribuovaná organizace



CMIP6-schválené MIPs (Model Intercomparison Projects)

- Experimenty odstupňované, dobře definované, užitečné v multimodelovém kontextu a bez překryvu s jinými experimenty CMIP6
- Experimenty proveden více modelovými centry, ~8 provede všechny MIPs
- Tier 1 experimenty poskytují veškerou diagnostiku potřebnou k odpovědím na alespoň jednu vědeckou otázku

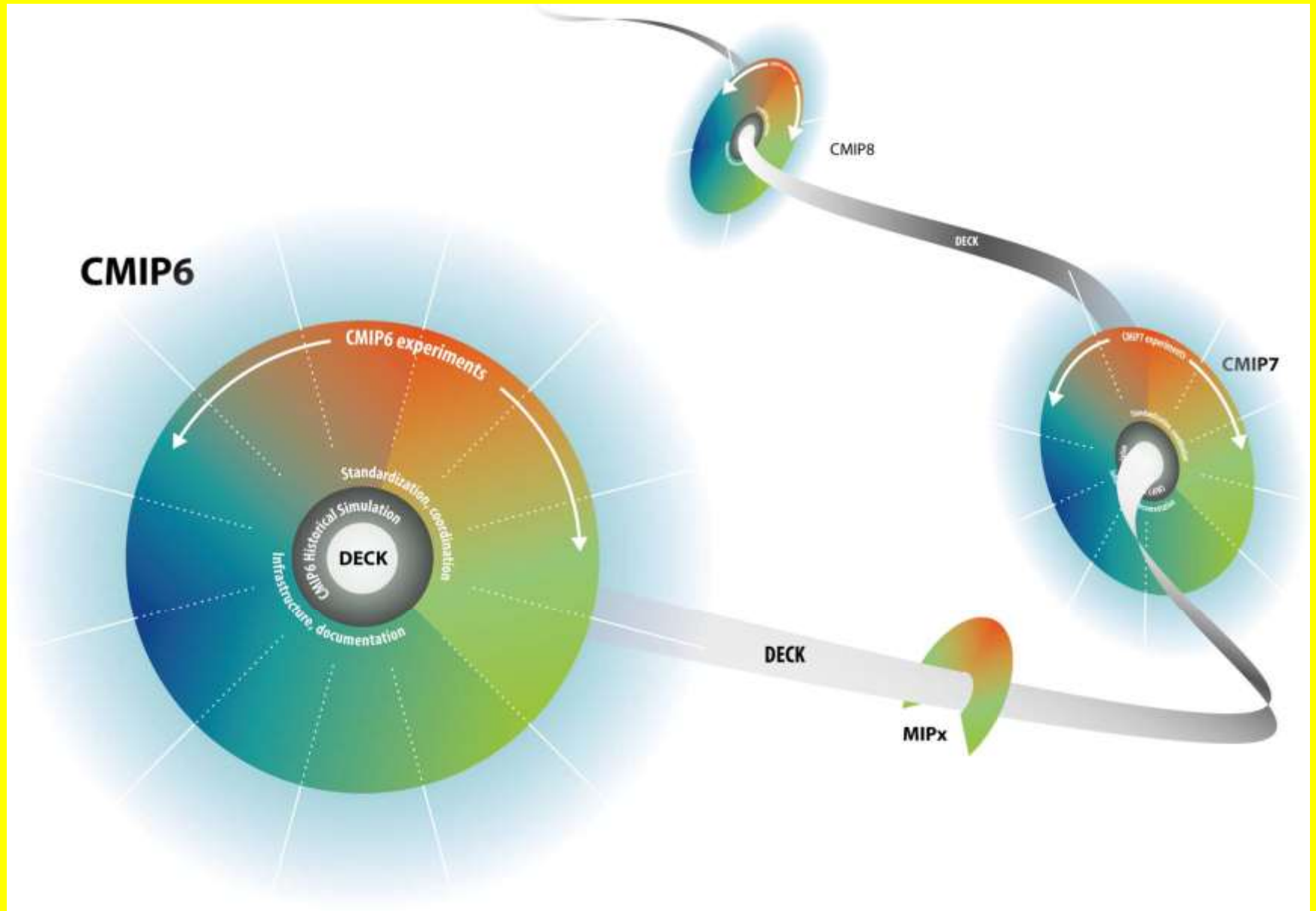
Nový CMIP – spojitější a distribuovaná organizace



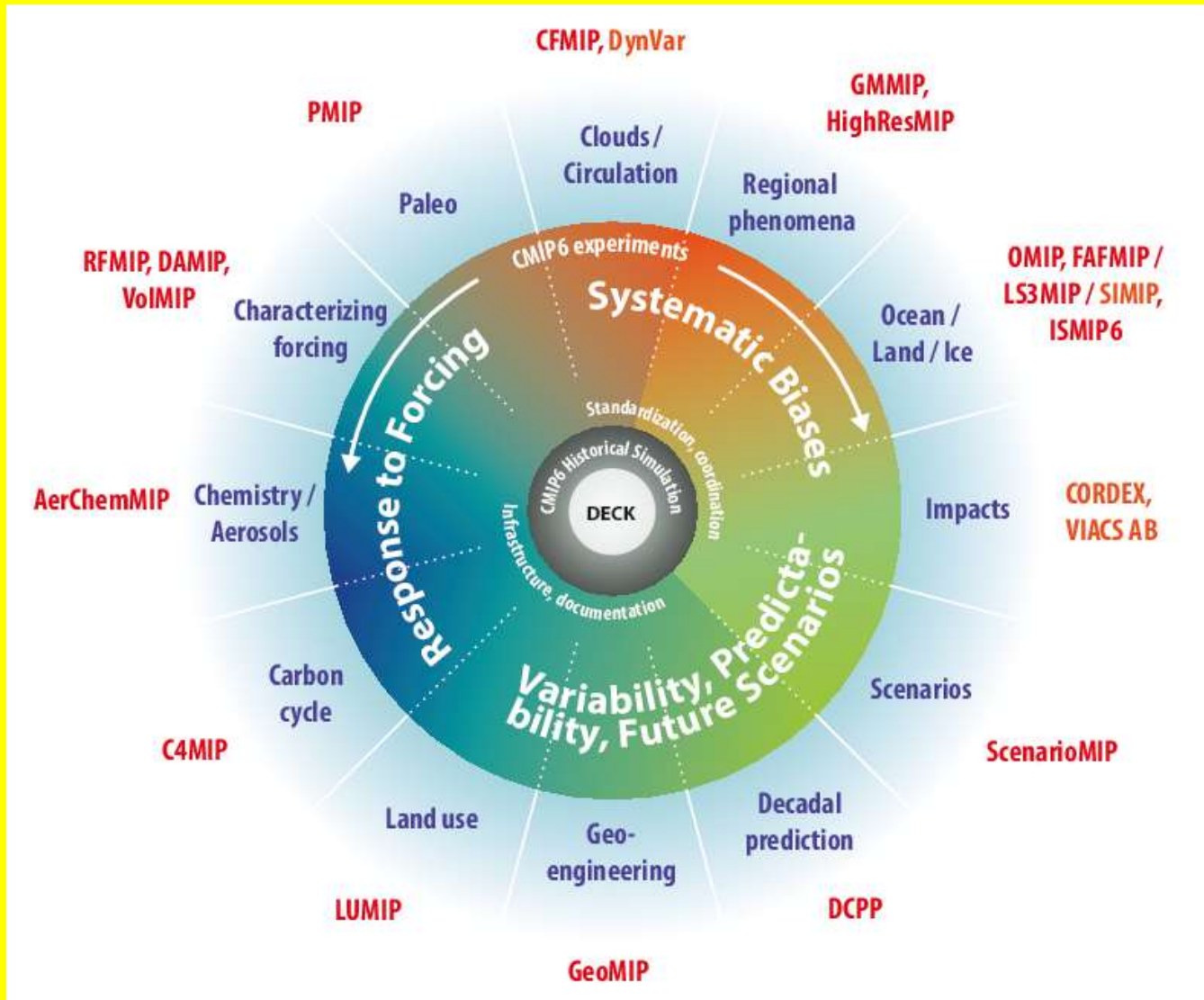
CMIP6-schválené MIPs (Model Intercomparison Projects)

- Podrobný popis a analýzu využití experimentů, relevantních pozorování a speciálních modelových výstupů k validaci modelů a odpovědím na vědecké otázky
- Základní MIP dotazník
- Článek o experimentálním designu do CMIP6 Special Issue
- Report výsledků se spoluautorstvím modelovacích skupin

Kontinuita CMIP

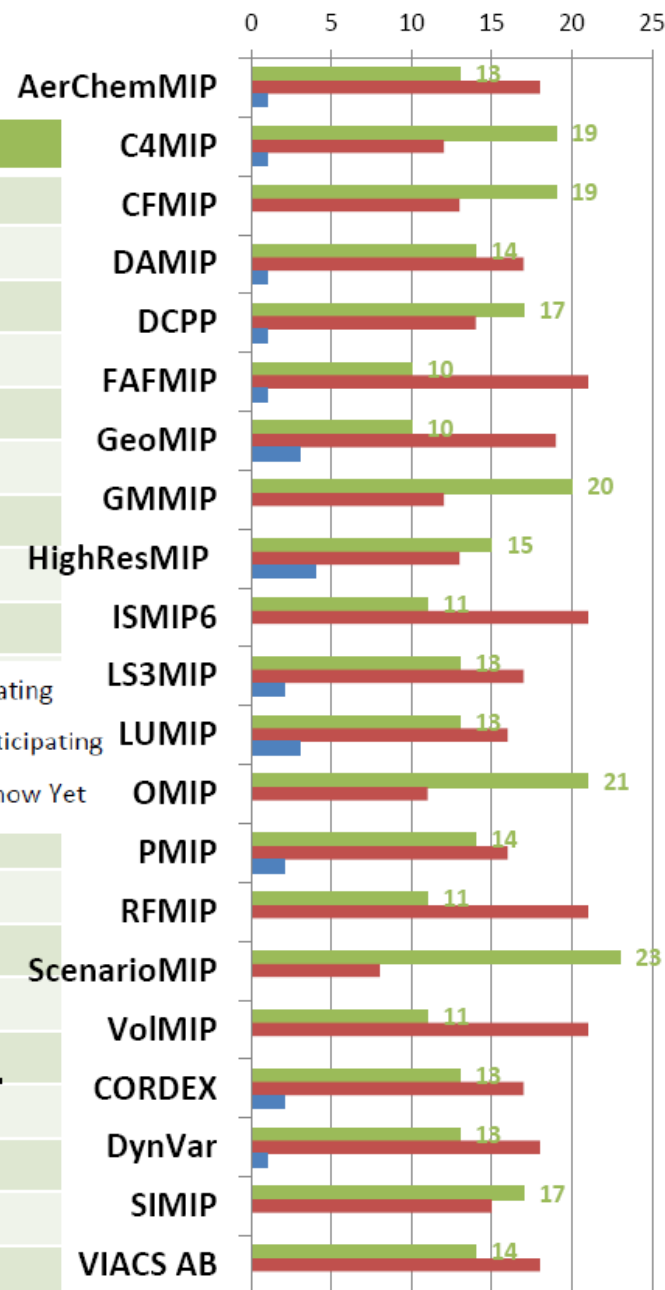


21 CMIP6-schválených MIPs

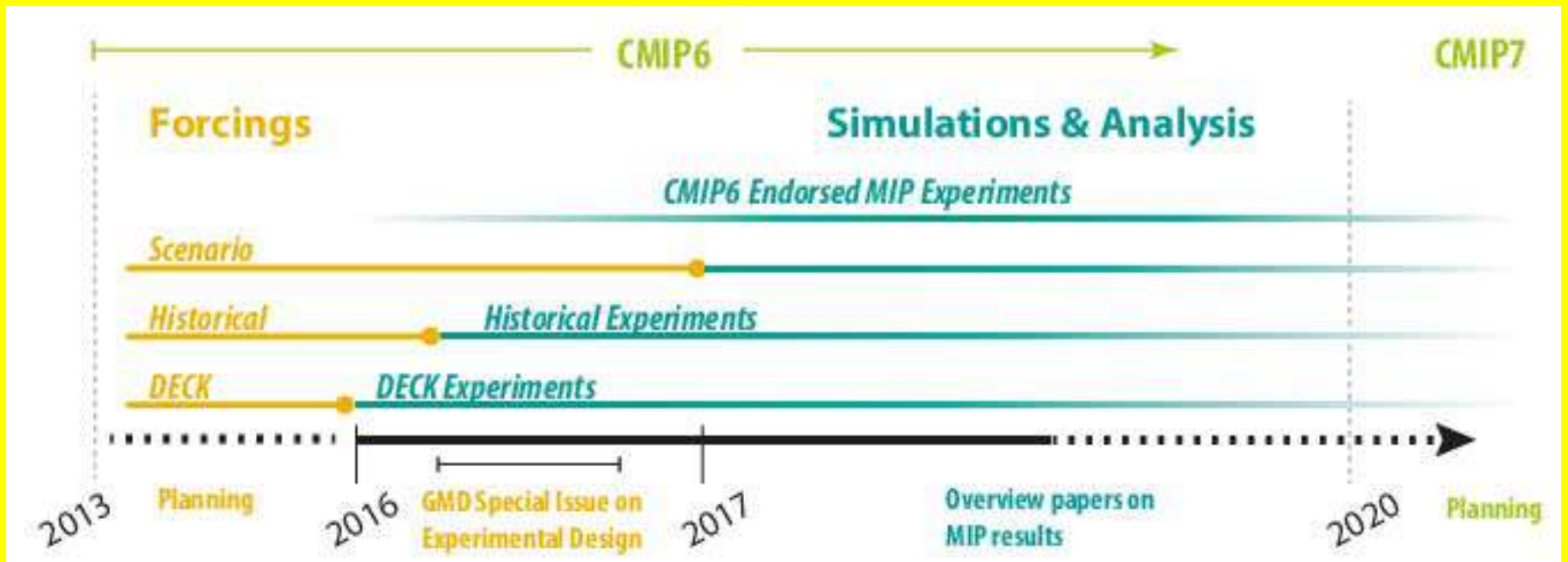


CMIP6-Endorsed MIPs and Model Groups' Commitments to Participate in each MIP

	Long Name of MIP (Short Name of MIP)
1	Aerosols and Chemistry Model Intercomparison Project (AerChemMIP)
2	Coupled Climate Carbon Cycle Model Intercomparison Project (C4MIP)
3	Cloud Feedback Model Intercomparison Project (CFMIP)
4	Detection and Attribution Model Intercomparison Project (DAMIP)
5	Decadal Climate Prediction Project (DCPP)
6	Flux-Anomaly-Forced Model Intercomparison Project (FAFMIP)
7	Geoengineering Model Intercomparison Project (GeoMIP)
8	Global Monsoons Model Intercomparison Project (GMMIP)
9	High Resolution Model Intercomparison Project (HighResMIP)
10	Ice Sheet Model Intercomparison Project for CMIP6 (ISMIP6)
11	Land Surface, Snow and Soil Moisture MIP (LS3MIP)
12	Land-Use Model Intercomparison Project (LUMIP)
13	Ocean Model Intercomparison Project (OMIP)
14	Paleoclimate Modelling Intercomparison Project (PMIP)
15	Radiative Forcing Model Intercomparison Project (RFMIP)
16	Scenario Model Intercomparison Project (ScenarioMIP)
17	Volcanic Forcings Model Intercomparison Project (VolMIP)
18	Coordinated Regional Climate Downscaling Experiment (CORDEX)
19	Dynamics and Variability of the Stratosphere-Troposphere System (DynVar)
20	Sea-Ice Model Intercomparison Project (SIMIP)
21	Vulnerability, Impacts & Adaptation and Climate Services AB (VIACS AB)



Průběh CMIP6



Obsah

- COP 21 Paříž
- COP a IPCC
- CMIP6
- **Aktivita CORDEX**
- Euro-CORDEX
- Závěry

COordinated Regional climate Downscaling EXperiment

- Aktivita v rámci WCRP
- Pracovní skupina – Colin Jones & Filippo Giorgi
- Další členové: Jens Christensen, Greg Flato, Bill Gutowski, Bruce Hewitson, Krishna Kumar, Won-Tao Kwan, Claudio Menendez, James Murphy, Wong Li Wah

General Aims and Plans for CORDEX

- ◆ Provide a set of regional climate scenarios covering the period 1950-2100, for the majority of the populated land-regions of the globe.
- ◆ Make these data sets readily available and useable to the impact and adaptation communities.
- ◆ Provide a generalized framework for testing and applying regional climate models and downscaling techniques for both the recent past and future scenarios.
- ◆ Foster coordination between regional downscaling efforts around the world and encourage participation in the downscaling process by local scientists/organizations

What has been decided/suggested

1. A request to GCM groups to archive 6-hourly 3D model level fields was included in the CMIP5 output protocol.

Requested: at least 1 member of an RCP4.5 run and if possible an RCP8.5 run also.

At least 5-6 GCMs seem quite likely to contribute.

2. The standard RCM resolution is 50km (groups are encouraged to test higher resolutions, but please do the standard)

CORDEX Phase I experiment design

Model Evaluation
Framework

Climate Projection
Framework

Multiple regions (Initial focus on Africa)
50 km grid spacing

ERA-Interim BC
1989-2007

RCP4.5, RCP8.5

Multiple AOGCMs

Regional Analysis
Regional Databanks

1951-2100
1981-2010, 2041-2070, 2011-2040

CORDEX Phase I experiment design

Model Evaluation Framework

Climate Projection Framework

Multiple regions (Initial focus on Africa)
50km resolution (higher in some regions, Europe: 10km)

ERA-Interim BC
1989-2008

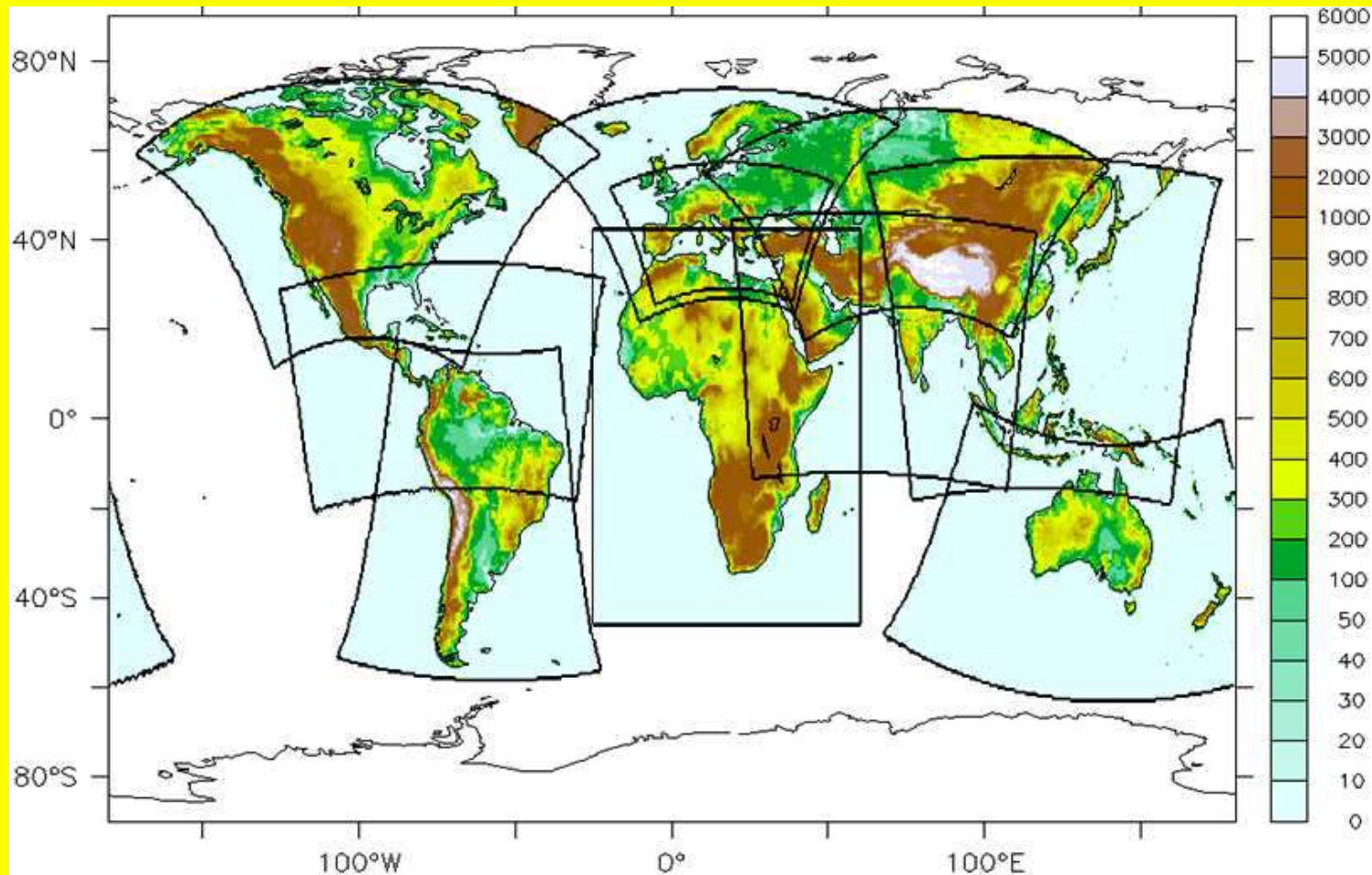
RCP4.5, RCP8.5
some RCP 2.6 runs

Multiple AOGCMs

Regional Analysis
Regional Databanks
Europe, Korea, S.Africa

Regional Projections 1950-2100

COordinated Regional climate Downscaling EXperiment



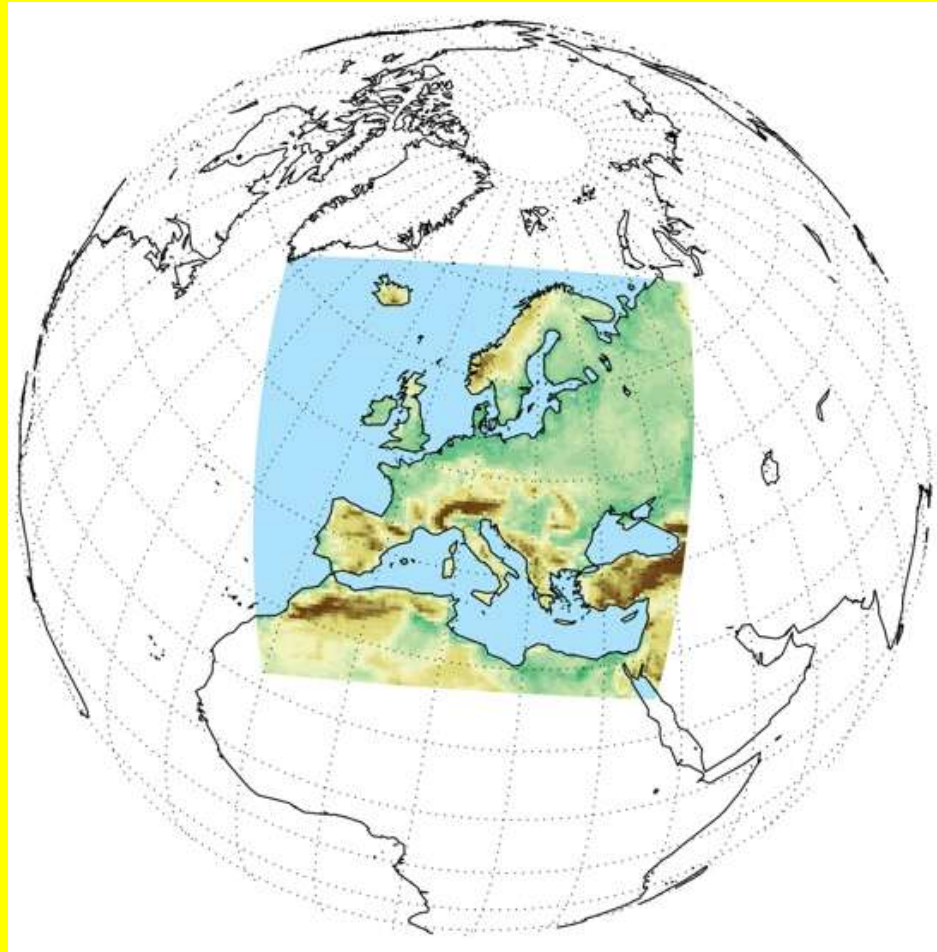
COordinated Regional climate Downscaling EXperiment

- 12 domains with a resolution of $0.44^{\circ} \times 0.44^{\circ}$ (approx. $50 \times 50 \text{ km}^2$)
- Focus on Africa - (mandatory domain)
- High resolution simulations with $0.11^{\circ} \times 0.11^{\circ}$ (approx. $12 \times 12 \text{ km}^2$) for Europe (by some participating institutions)

Obsah

- COP 21 Paříž
- COP a IPCC
- CMIP6
- Aktivita CORDEX
- **Euro-CORDEX**
- Závěry

Euro-CORDEX



Úkoly v rámci Euro-CORDEX

- Coordinate **joint evaluation in the European region: GCM evaluation, RCM evaluation, reference datasets.**
- Coordinate the design of the **EURO-CORDEX simulation matrix.**
- Coordinate **joint analysis of climate projections in the European region.**
- Foster **cooperation with GCM community: GCM analysis for European region.**
- Foster **cooperation with impact, adaptation, and mitigation community:** Error correction, ensemble based products, regionally relevant CC indicators, ...
- 3c. Foster **dissemination of EURO-CORDEX results: AR5, users**

Konfigurace

Region (center of boundaries):

- $\sim 27\text{N} - 72\text{N}$, $\sim 338\text{W} - 45\text{E}$
(details:
http://wcrp.ipsl.jussieu.fr/RCD_CORDEX.html)

Spatial resolution:

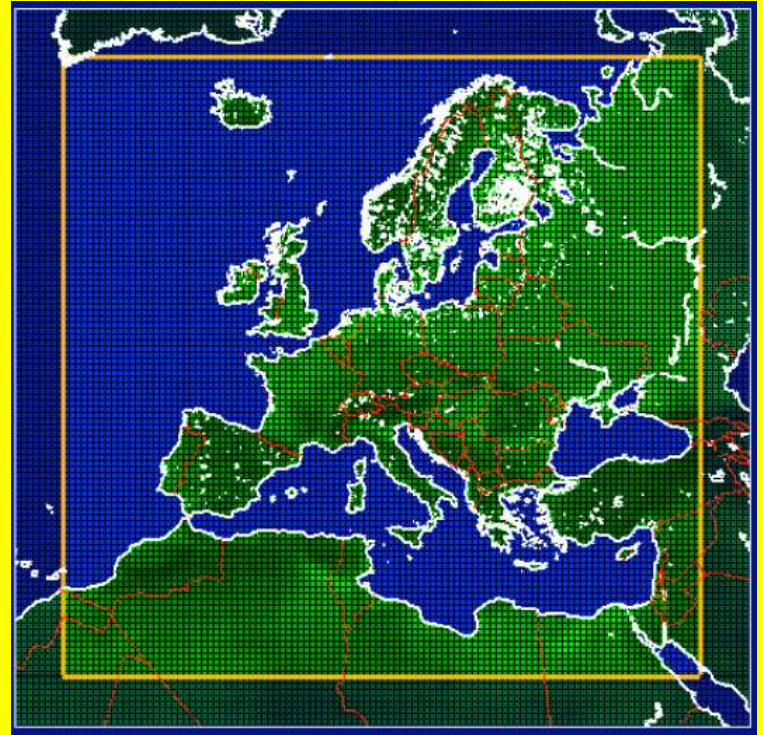
- EUR-11: 0.11 degree (focus)
- EUR-44: 0.44 degree



Experimenty

Periods:

- Hindcast (ERA Interim): 1989 – 2008
- Control: 1951 – 2005 (1981 – 2010, 1951-80)
- Scenario: 2006 – 2100 (2041-71, 2011-40, 2071-2100)



GHG scenarios:

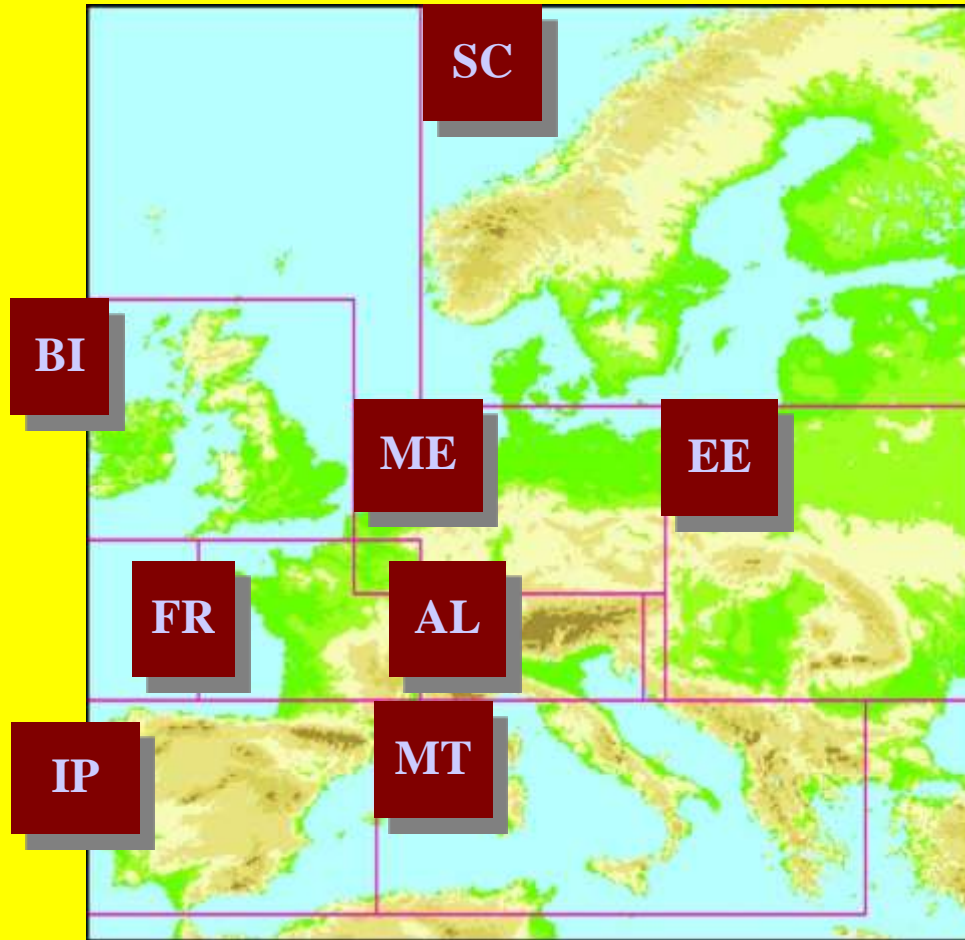
- rcp45, rcp85 (focus)
- rcp26

Simulations analysed

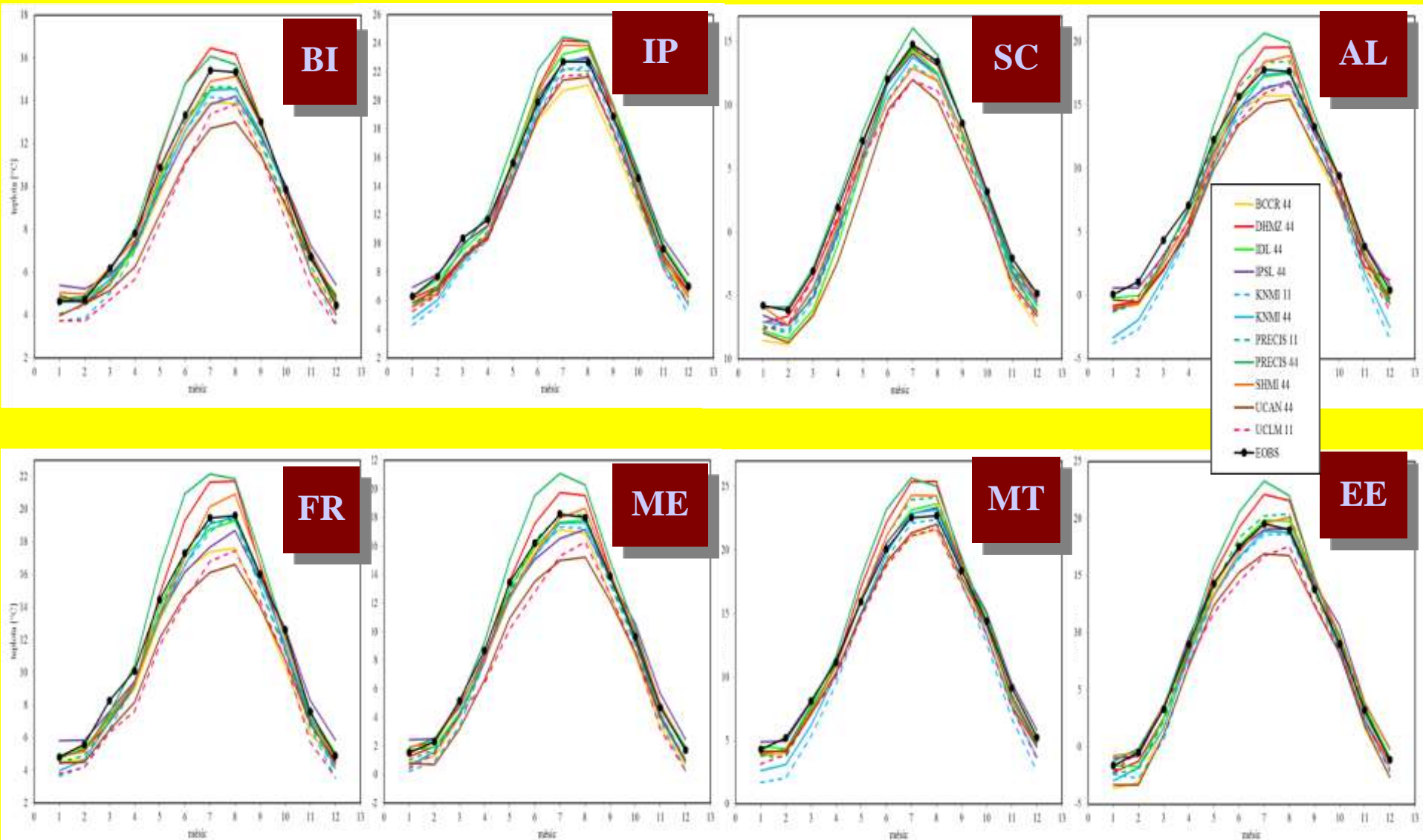
- ENSEMBLES – ERA 40 driven, 0.22°
- EURO-CORDEX – ERA Interim driven, 0.11° and 0.44°
- EURO-CORDEX – historical, 0.11° and 0.44°
- CMIP5 – historical

Compared with E-OBS data

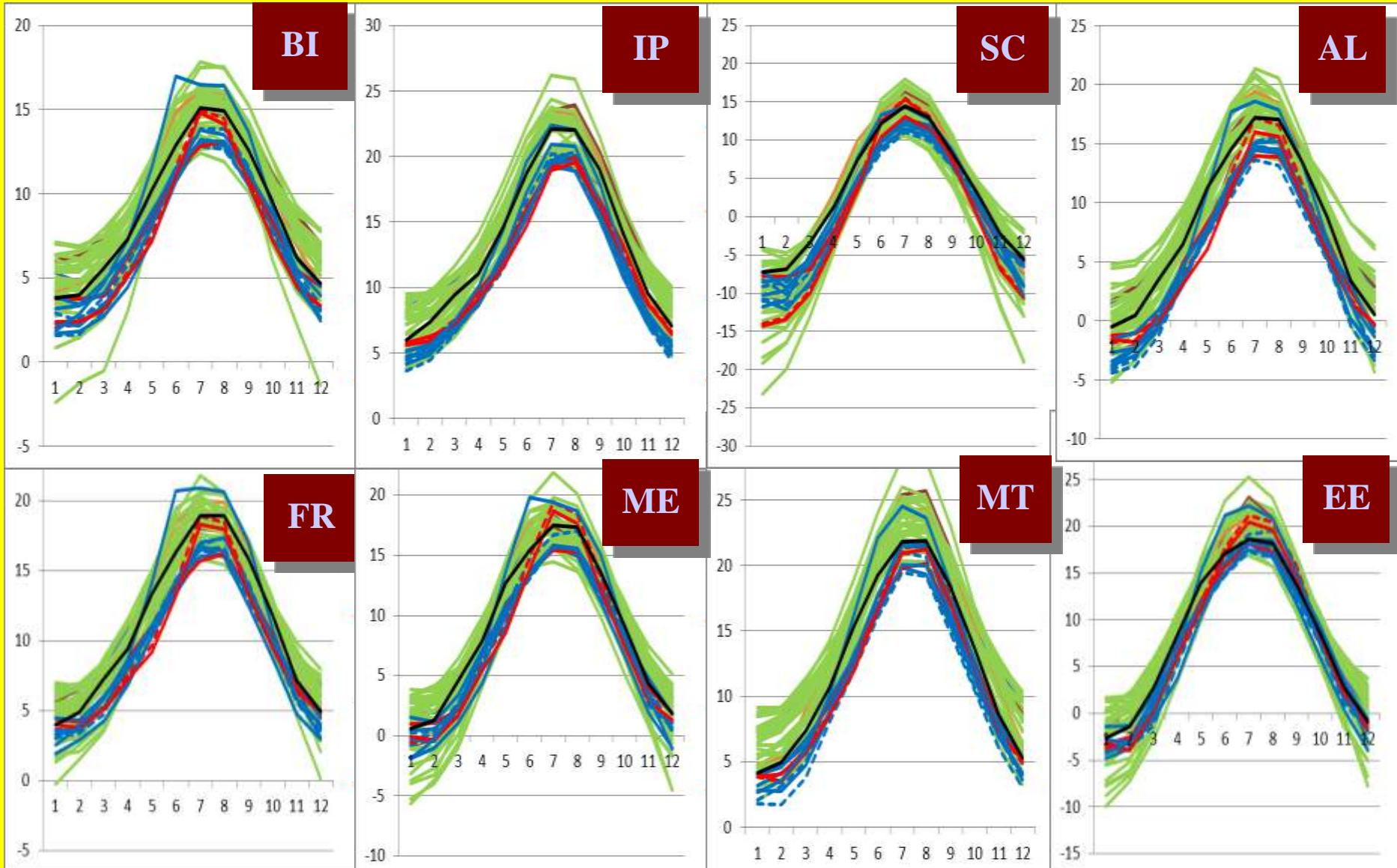
PRUDENCE domains



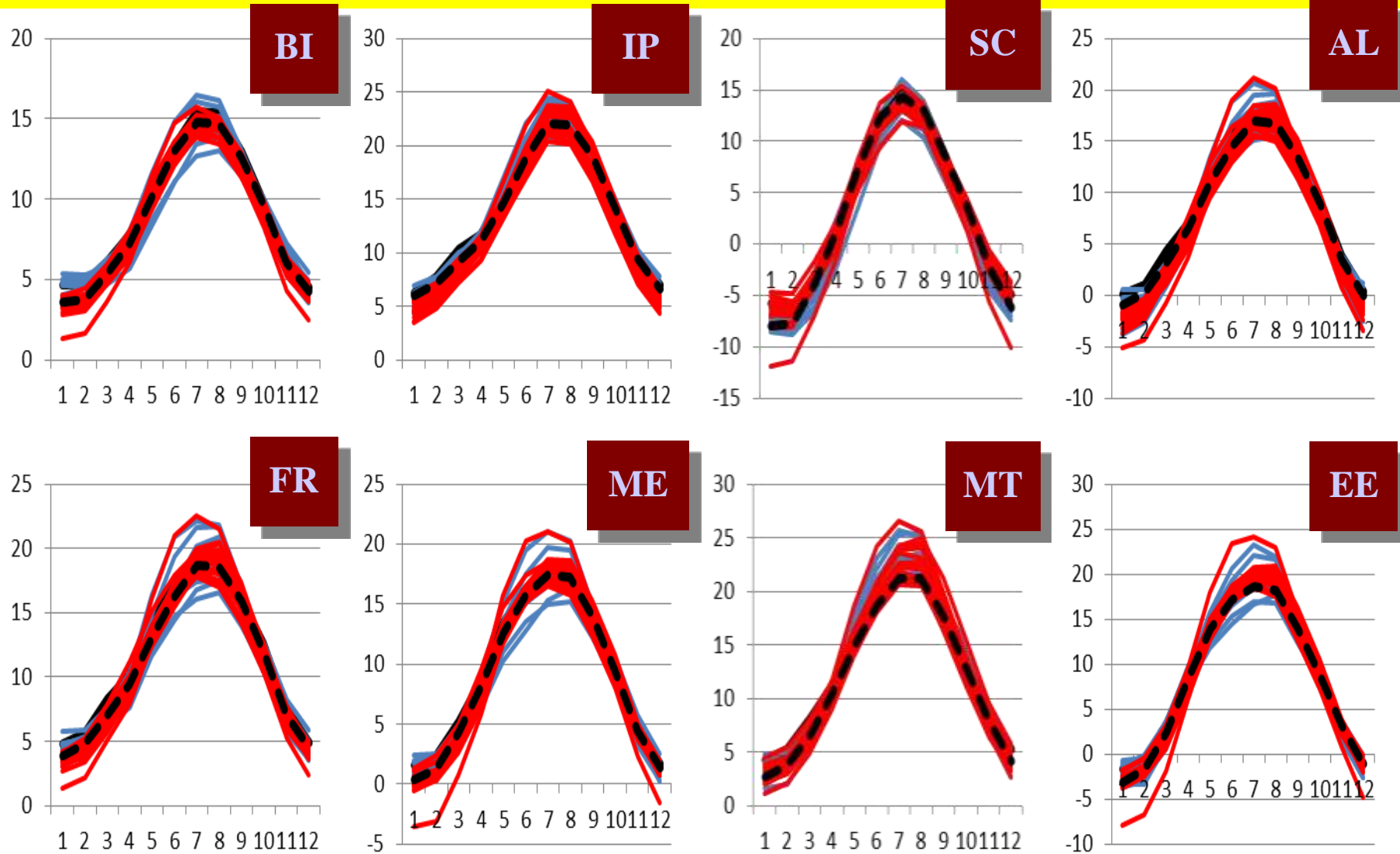
Temperature – CORDEX ERA-Interim



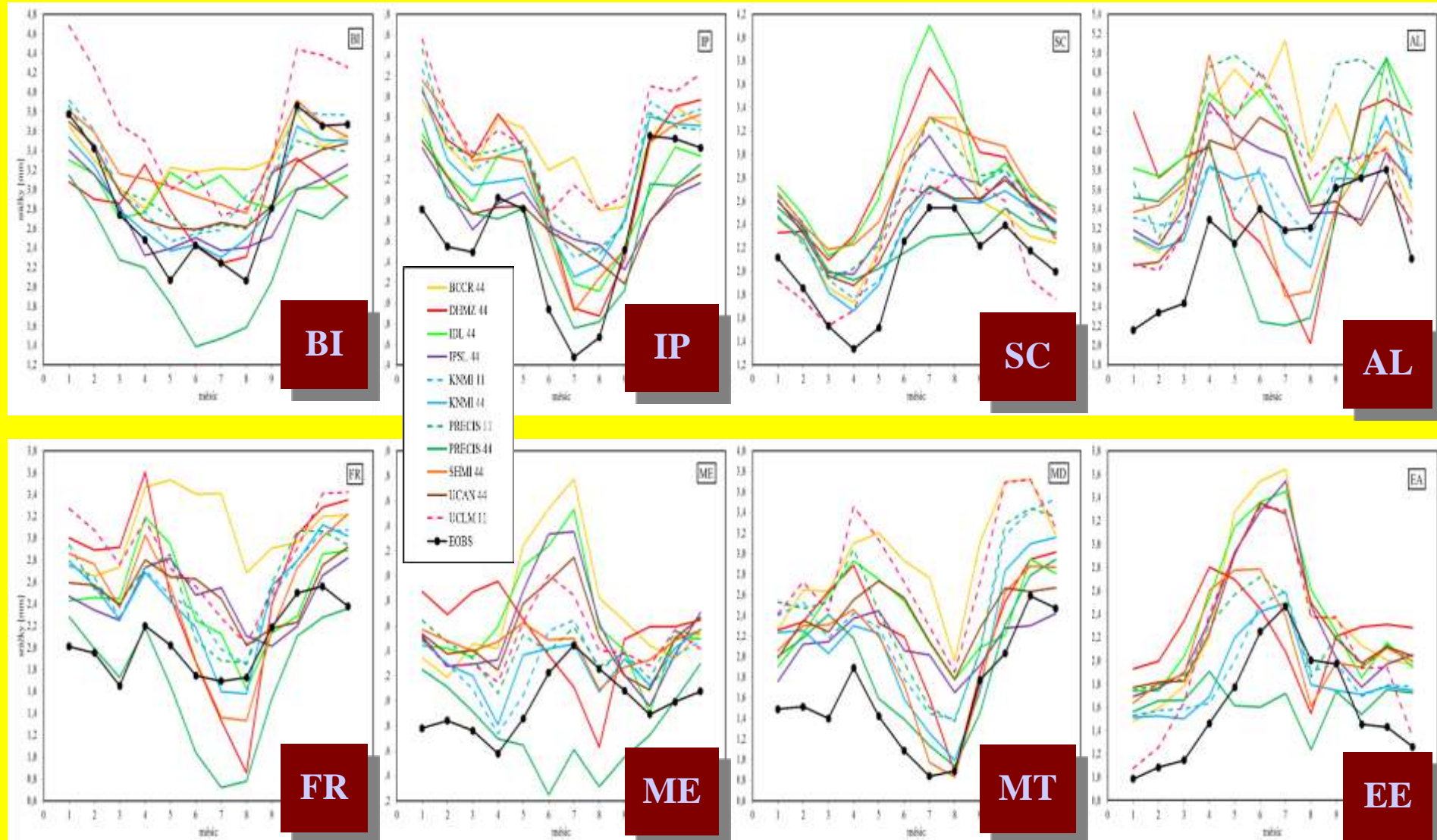
Temperature – CORDEX historical



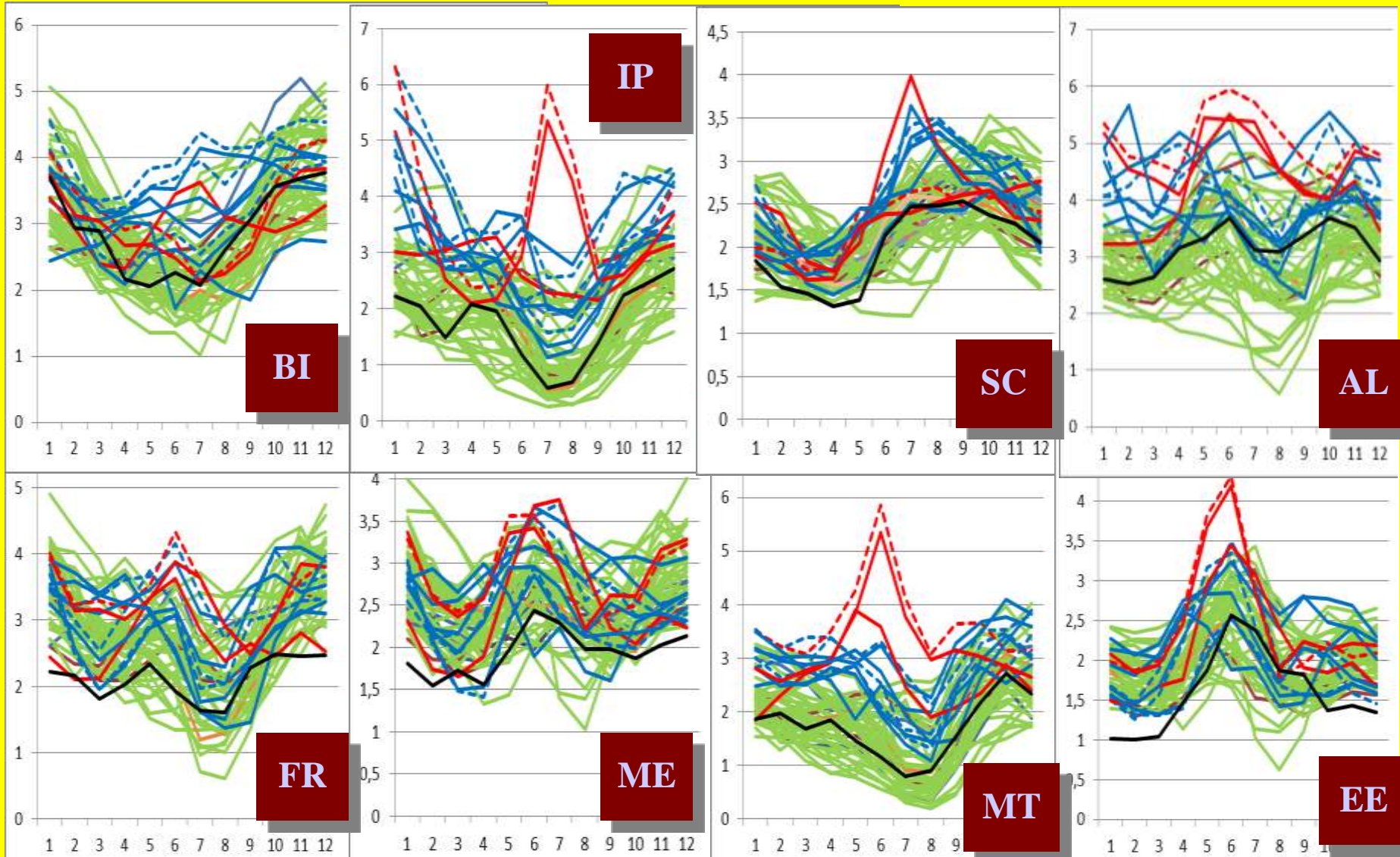
Temperature – comparison to ENS



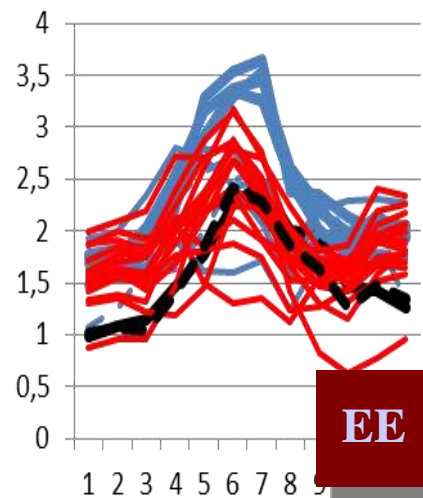
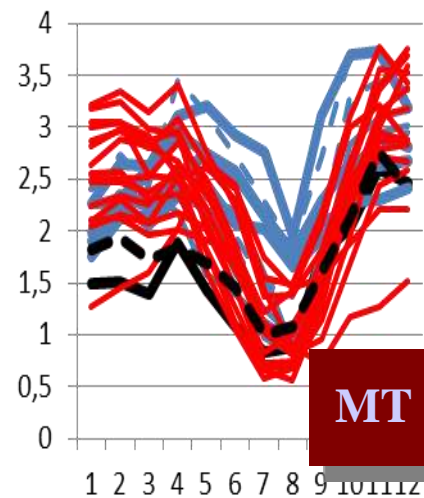
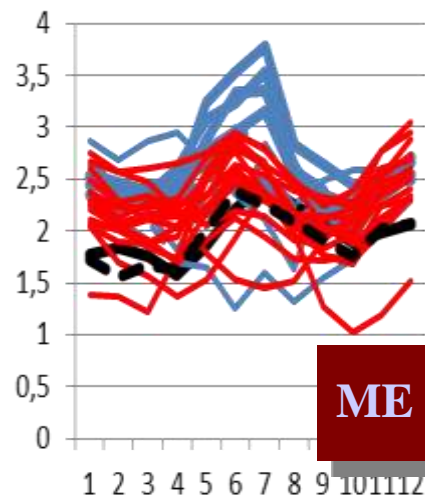
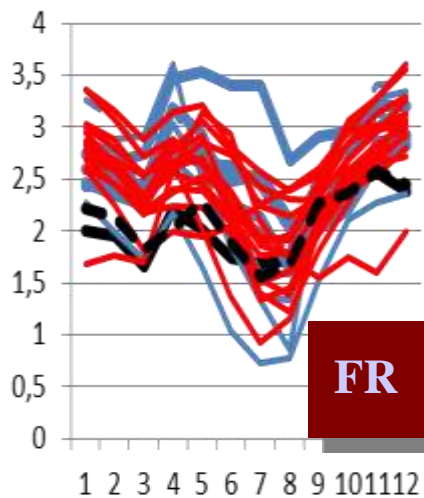
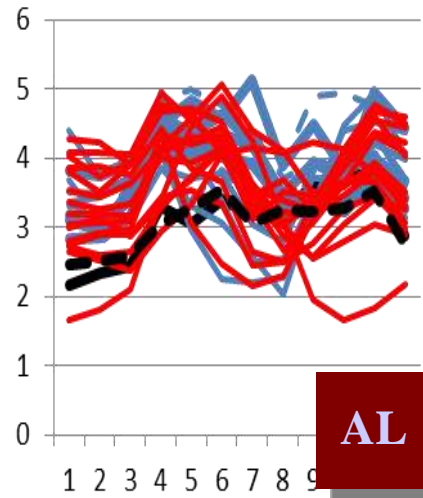
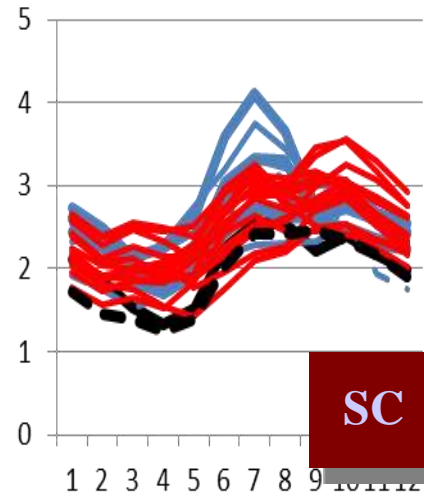
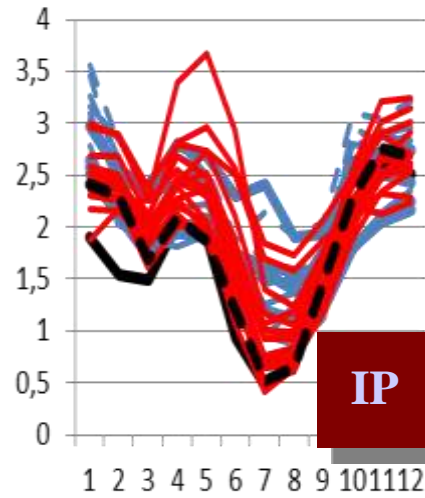
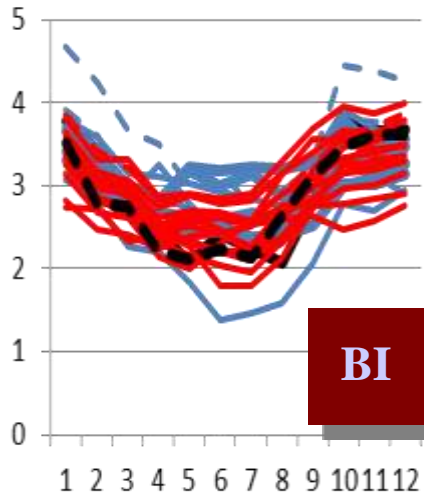
Precipitation – CORDEX ERA-Interim



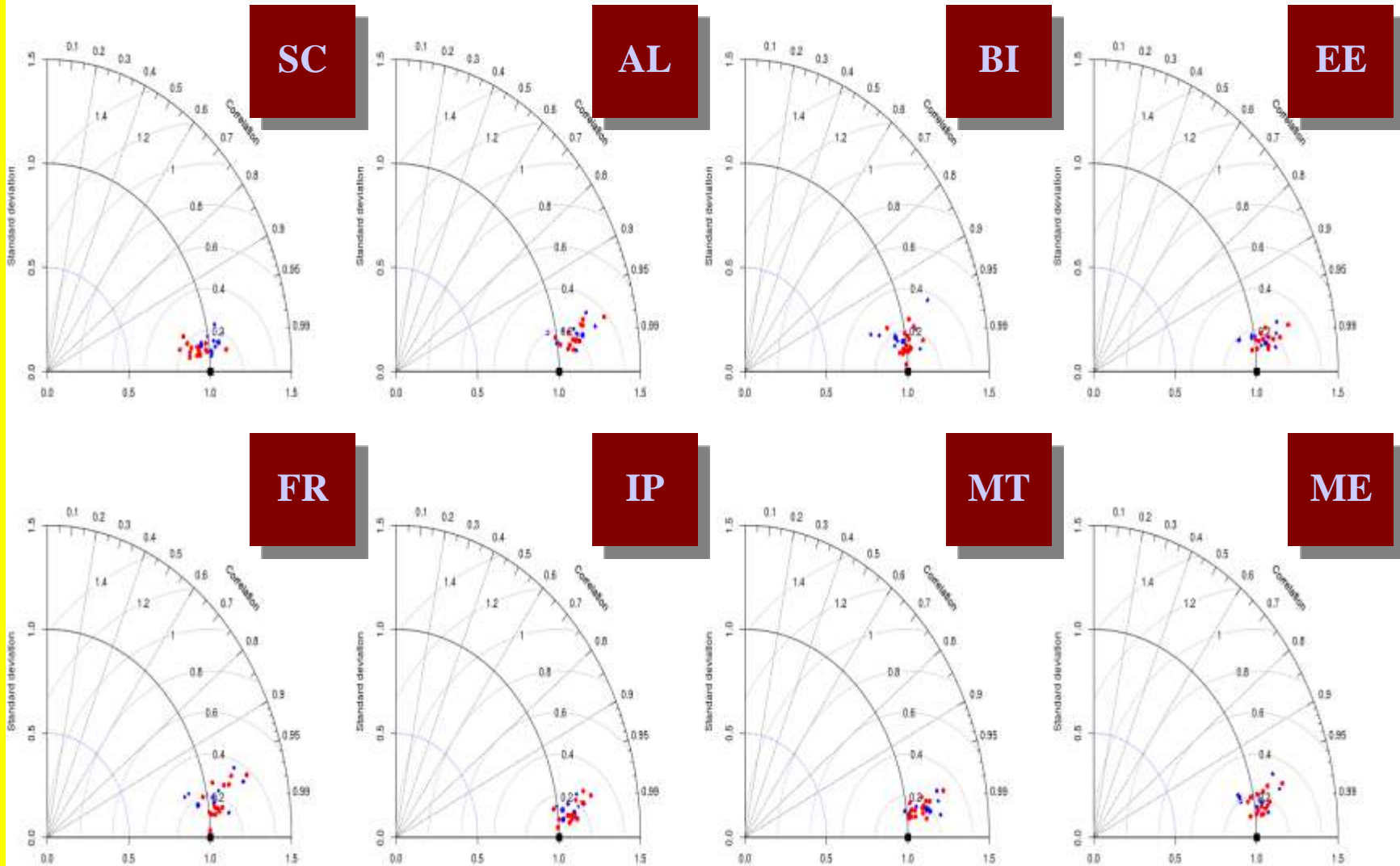
Precipitation – CORDEX historical



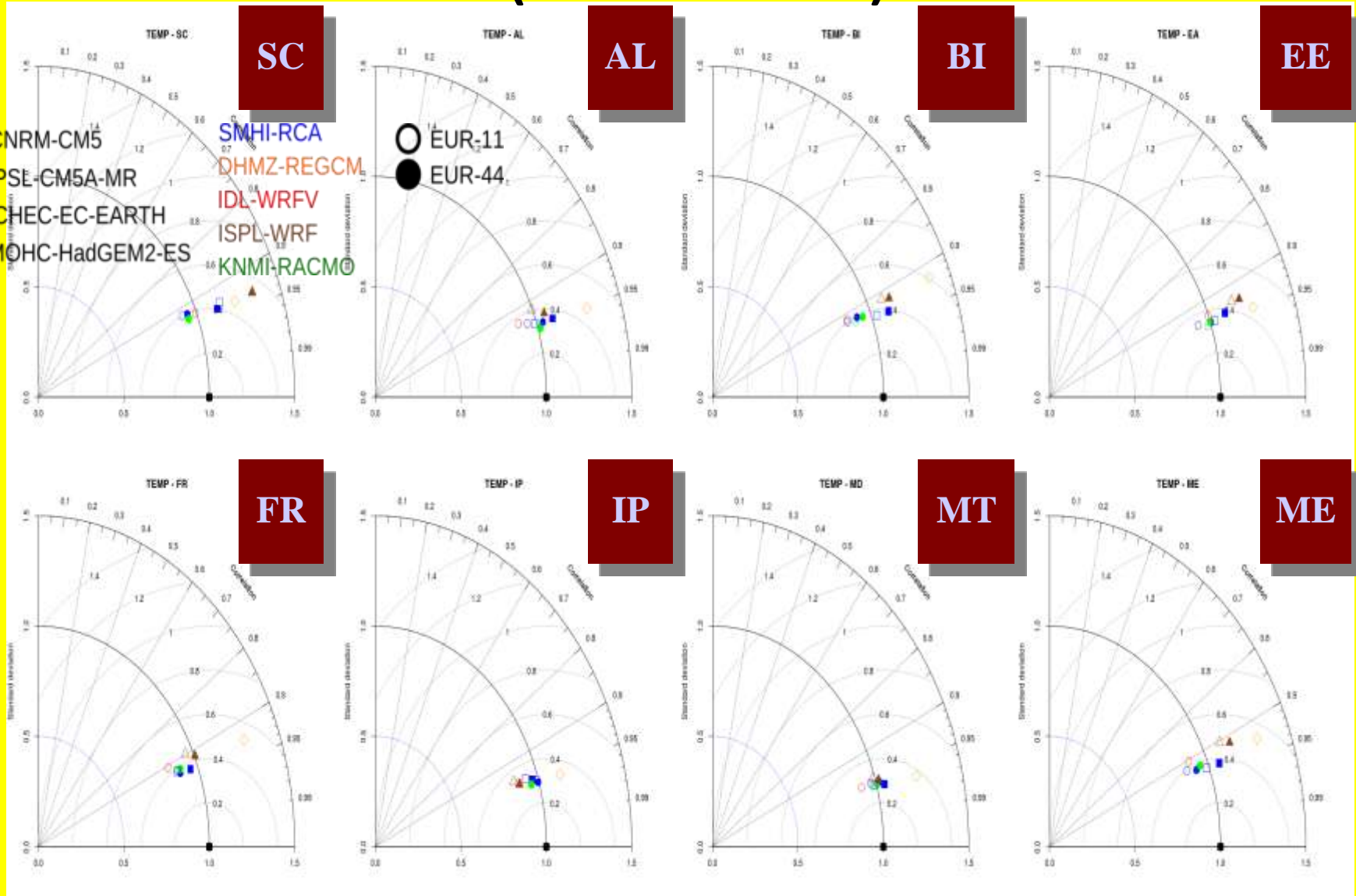
Precipitation – comparison to ENS



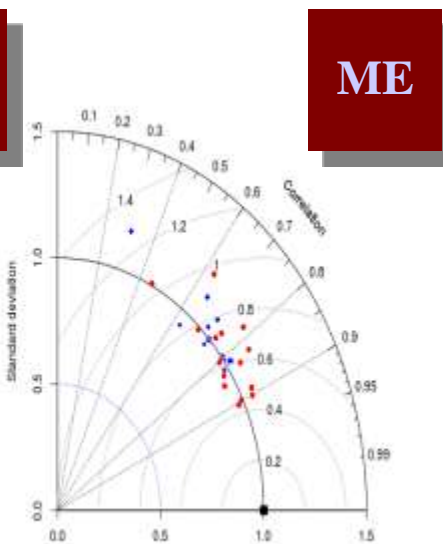
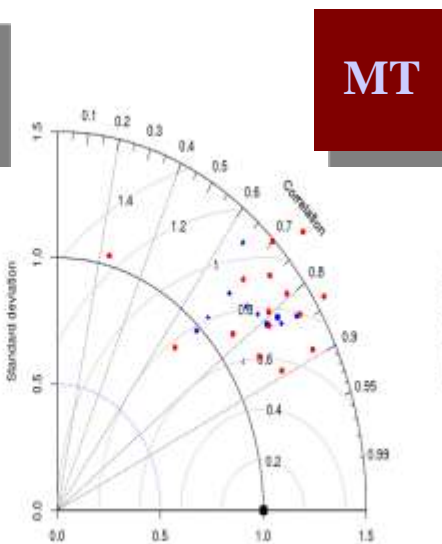
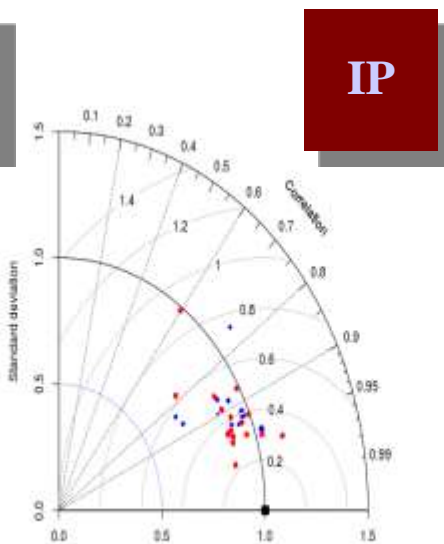
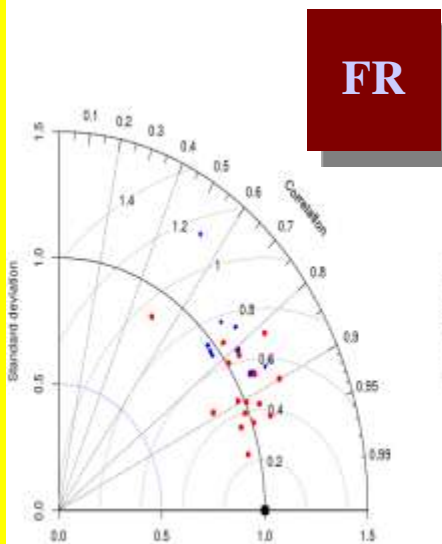
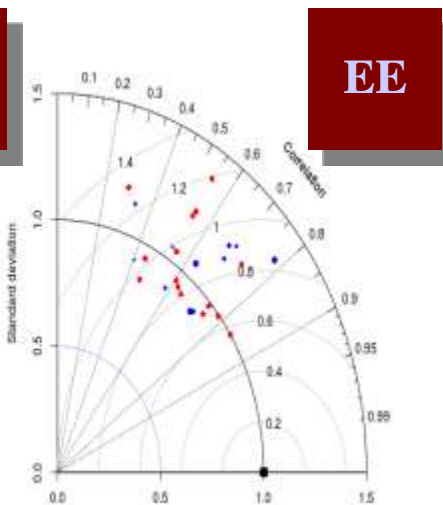
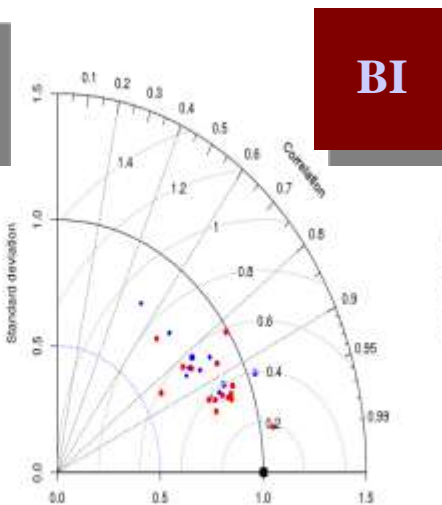
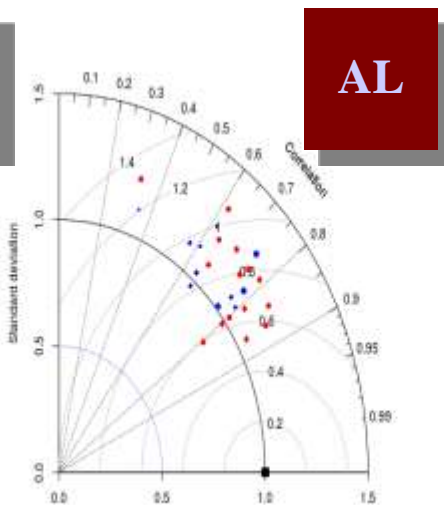
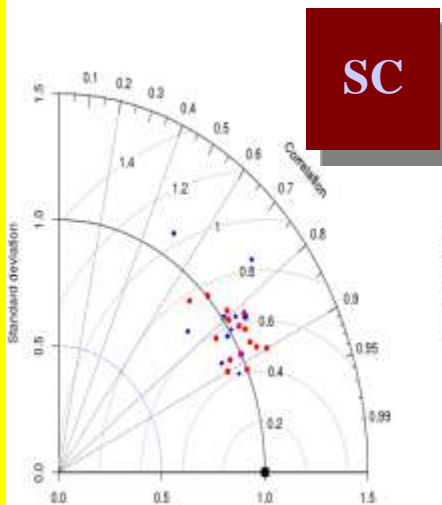
TEMP EuroCORDEX ENS monthly (ERA-Interim)



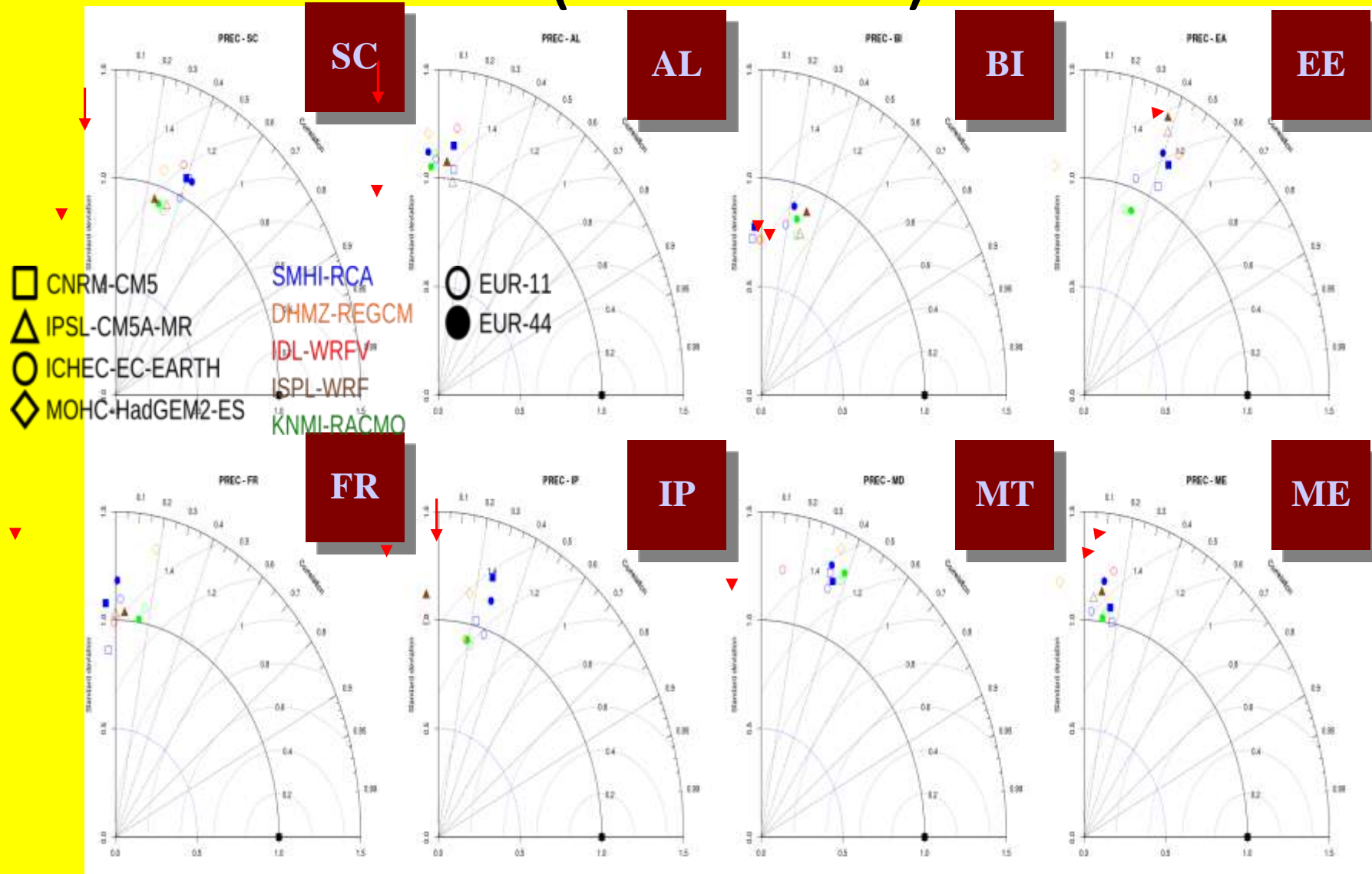
TEMP EuroCORDEX monthly (historical)



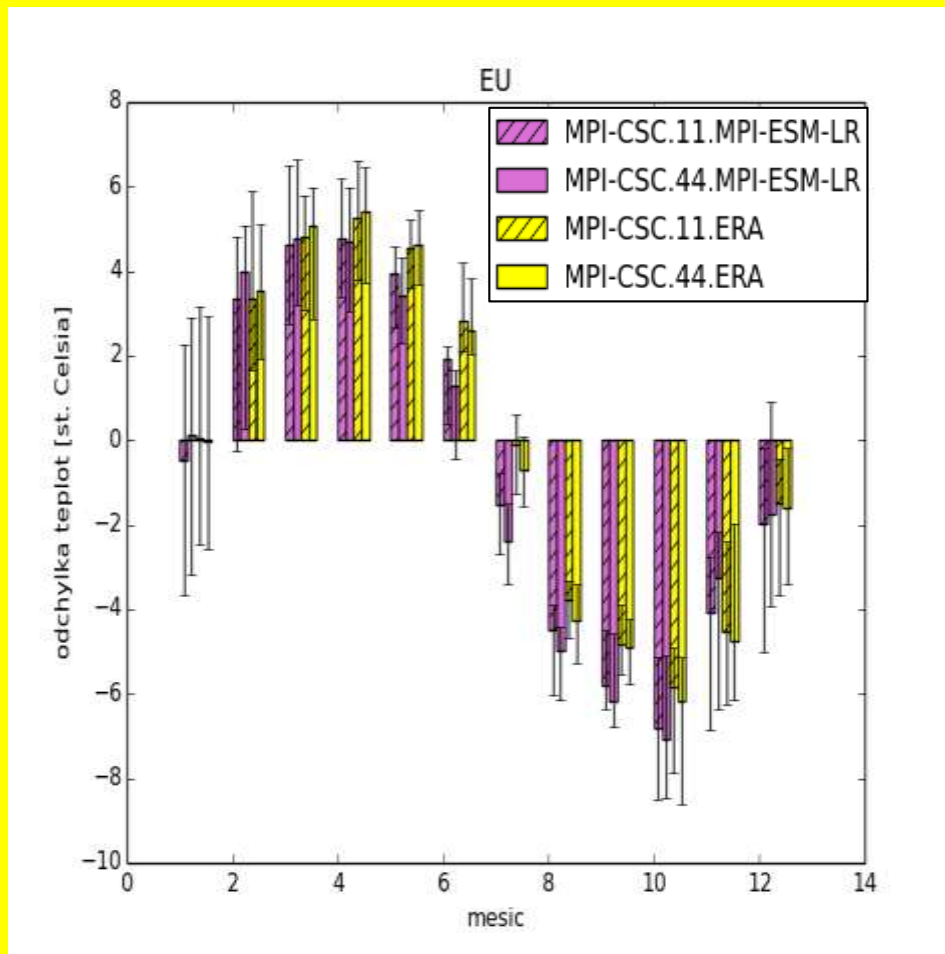
PREC EuroCORDEX monthly (ERA-Interim)



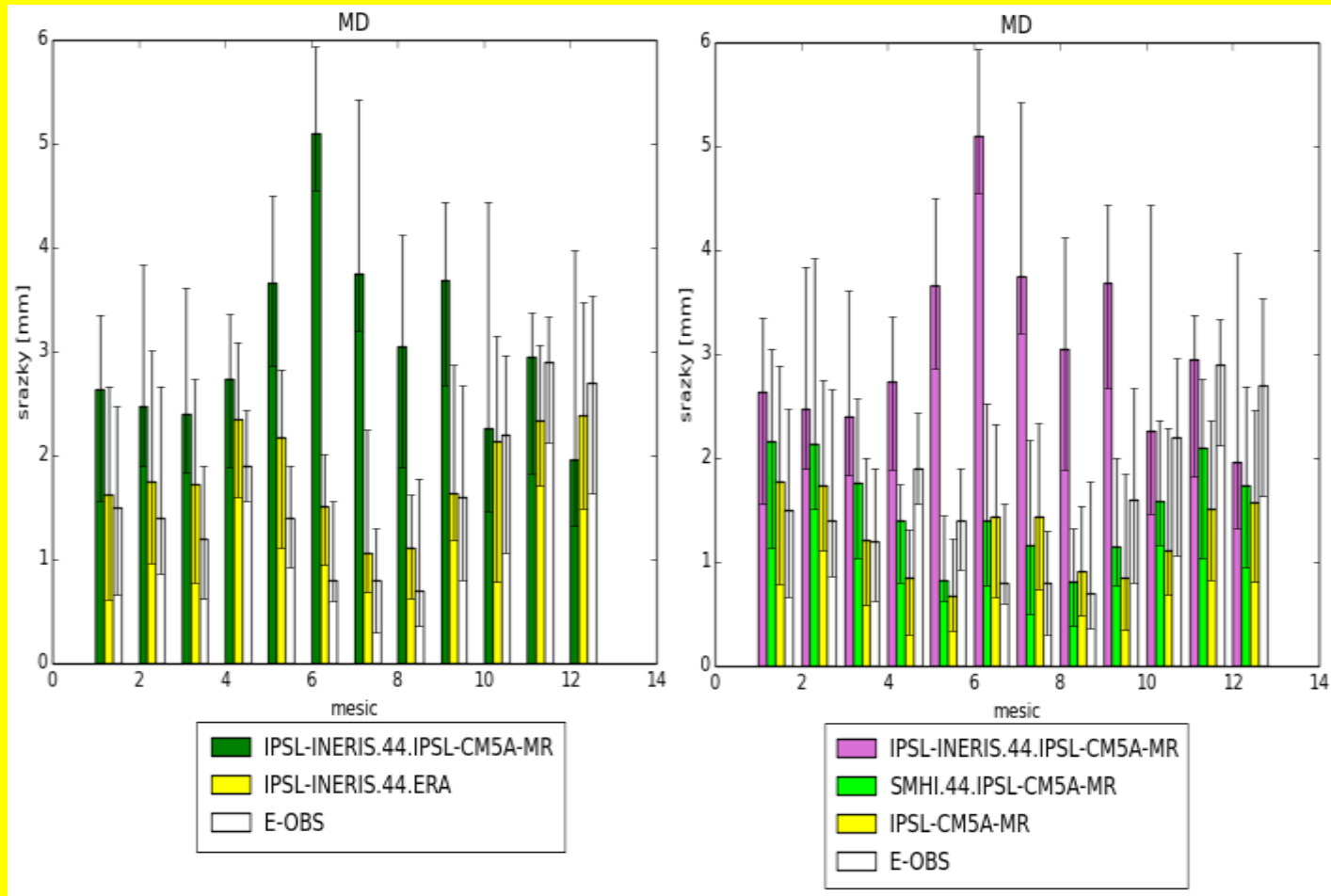
PREC EuroCORDEX monthly (historical)



Temperature monthly bias



Precipitation



Conclusions

- Mostly negative bias in winter for temperature
- Scattered +/- bias larger in summer for temperature
- Annual course well represented for temperature
- Despite of quite reasonable agreement in a few regions and seasons rather more scattered and biased for precipitation
- Mostly overestimating precipitation, especially in winter
- For some regions large uncertainty in annual cycle – not captured well for precipitation in both ensembles
- in some cases newcomers (WRF) better shape of the annual cycle, but biased
- For some regions GCMs looks even better than RCMs
- RCM mostly connected to driving GCM, but exceptions

Obsah

- COP 21 Paříž
- COP a IPCC
- CMIP6
- Aktivita CORDEX
- Euro-CORDEX
- **Závěry**

Shrnutí, plány

Příspěvek CORDEXu:

- ČHMÚ – ALADIN/Climate (50, 12 km) pro Euro-CORDEX ?????
- KFA MFF UK – RegCM (50 km) pro CORDEX-Afrika, pro Euro-CORDEX (50, 25 km?)
- ÚFA AV ČR - statistický downscaling ???
- ?????
- Zpracování, analýza výsledků, vč. nově doplněné matice

CORDEX data

- Specification <http://cordex.dmi.dk>
- Monthly, daily – NetCDF4, compressed
- Distributed archives

- Zatím není volně k dispozici (alespoň pro EURO-CORDEX)

GCMs

- Distributed archives, ESGF
- Specification <http://cmip-pcmdi.llnl.gov/cmip5>
- CORDEX as close as possible
- CMOR file writing software – adaptation for CORDEX

RCP scénáře (Representative Concentration Pathways)

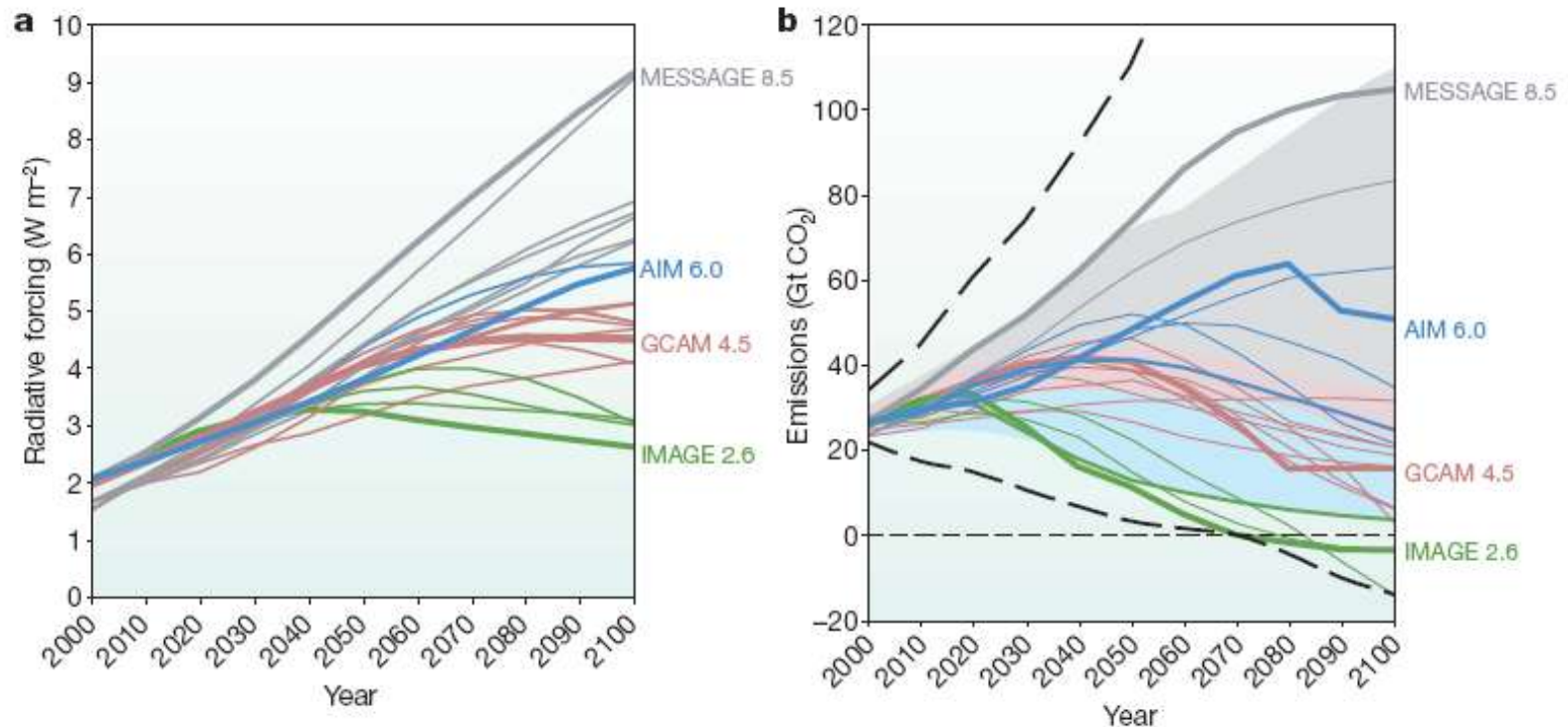


Figure 5 | Representative concentration pathways. a, Changes in radiative forcing relative to pre-industrial conditions. Bold coloured lines show the four RCPs; thin lines show individual scenarios from approximately 30 candidate RCP scenarios that provide information on all key factors affecting radiative forcing from ref. 47 and the larger set analysed by IPCC Working Group III during development of the Fourth Assessment Report⁴⁹.

b, Energy and industry CO_2 emissions for the RCP candidates. The range of emissions in the post-SRES literature is presented for the maximum and minimum (thick dashed curve) and 10th to 90th percentile (shaded area). Blue shaded area corresponds to mitigation scenarios; grey shaded area corresponds to reference scenarios; pink area represents the overlap between reference and mitigation scenarios.