

Validace klimatických modelů: výsledky mezinárodního projektu VALUE

Radan HUTH

Katedra fyzické geografie a geoekologie, Přírodovědecká
fakulta UK, Praha

Ústav fyziky atmosféry AV ČR, Praha

Klimatické modely

- globální klimatické modely (GCMs) → Earth's System Models
 - horiz. rozlišení: $\sim 1^\circ$
- regionální klimatické modely (RCMs)
 - horiz. rozlišení: ~ 10 km, pokusy o ~ 1 km
- statistický downscaling (SDS) – rozlišení: lokální
 - “klasický” downscaling (Perfect Prog)
 - stochastické generátory
 - bias-correction / quantile mapping / ... (Model Output Statistic) – fakticky „lokalizace výstupů modelů“ ... je to ještě downscaling?

Validace

- srovnání výstupů (klimatického) modelu s realitou
- úspěšná validace = nutná (ale ne postačující) podmínka pro použití modelu v jiných podmínkách (zejm. budoucí klima)
- ale:
 - co validovat?
 - každý si validuje, co se mu hodí
 - mnohé důležité vlastnosti (veličiny) jsou přehlíženy
 - co znamená „úspěšná“?

VALUE

- akce **COST** (European **C**ooperation in **S**cience and **T**echnology) ES1102
- = “Validating and Integrating Downscaling Methods for Climate Change Research“
- hlavní cíl: „to establish a network to systematically **validate** and **improve** downscaling methods for climate change research“
- vyjít přitom z požadavků koncových uživatelů
- soustředění na statistické metody; dynamické jako referenční
- 2011-2015
- předseda: Douglas Maraun (Kiel → Graz), místopředseda: Martin Widmann (Birmingham)
- 29 zemí (!) – chybělo snad jen Slovensko, Lotyšsko a Estonsko
- účast za ČR – národní zástupci v řídicím výboru: M.Dubrovský, R.Huth

VALUE - struktura

- 5 pracovních balíků (workpackages)
 1. Syntéza: koordinace, dialog se stakeholdery (ne steakholdery!), přehled požadavků koncových uživatelů (O.Rössler, CH)
 2. Data: vytvoření referenčních datových souborů, RCM simulace pro experimenty s pseudo-realitou (J.M.Gutiérrez, ES; S.Kotlarski, CH)
 3. Validace: validace prostorové a časové proměnlivosti a vztahů mezi proměnnými (R.Huth, CZ → M.Widmann, UK; R.Wilcke, AT → SE)
 4. Extrémy: validace extrémů a zlepšení metod jejich downscalingu (E.Hertig, DE)
 5. Sub-daily: downscaling v sub-denním měřítku (J.Wibig, PL)
- struktura ne moc efektivní, ale po bitvě...

VALUE - výsledky

- validační rámec – publikován v *Earth's Future* (Maraun et al. 2015)



Earth's Future

RESEARCH ARTICLE

10.1002/2014EF000259

Key Points:

- VALUE has developed a framework to validate and compare downscaling methods
- The experiments comprise different observed and pseudo-reality reference data
- The framework is the basis for a comprehensive downscaling comparison study

Corresponding author:

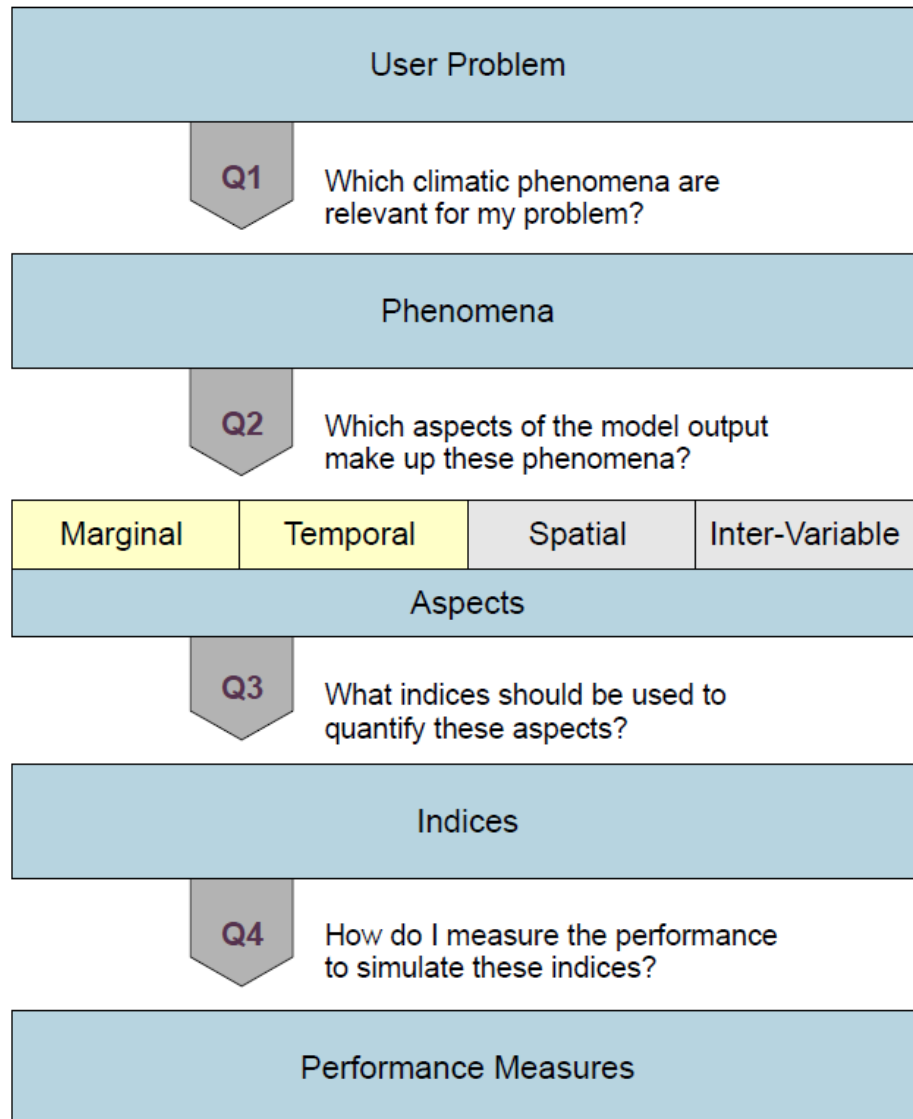
Douglas Maraun, dmaraun@geomar.de

VALUE: A framework to validate downscaling approaches for climate change studies

Douglas Maraun¹, Martin Widmann², José M. Gutiérrez³, Sven Kotlarski⁴, Richard E. Chandler⁵, Elke Hertig⁶, Joanna Wibig⁷, Radan Huth⁸, and Renate A.I. Wilcke⁹

¹GEOMAR Helmholtz Centre for Ocean Research Kiel, Kiel, Germany, ²School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, Birmingham, UK, ³Institute of Physics of Cantabria, IFCA, Santander, Spain, ⁴Institute for Atmospheric and Climate Science, ETH Zurich, Zurich, Switzerland, ⁵Department of Statistical Science, University College London, London, UK, ⁶Institute of Geography, University of Augsburg, Augsburg, Germany, ⁷Department of Meteorology and Climatology, University of Lodz, Lodz, Poland, ⁸Department of Physical Geography and Geoecology, Faculty of Science, Charles University and Institute of Atmospheric Physics, Academy of Sciences of the Czech Republic, Prague, Czech Republic, ⁹Rosby Centre, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, Norrköping, Sweden

Validační rámec



- „validační strom“

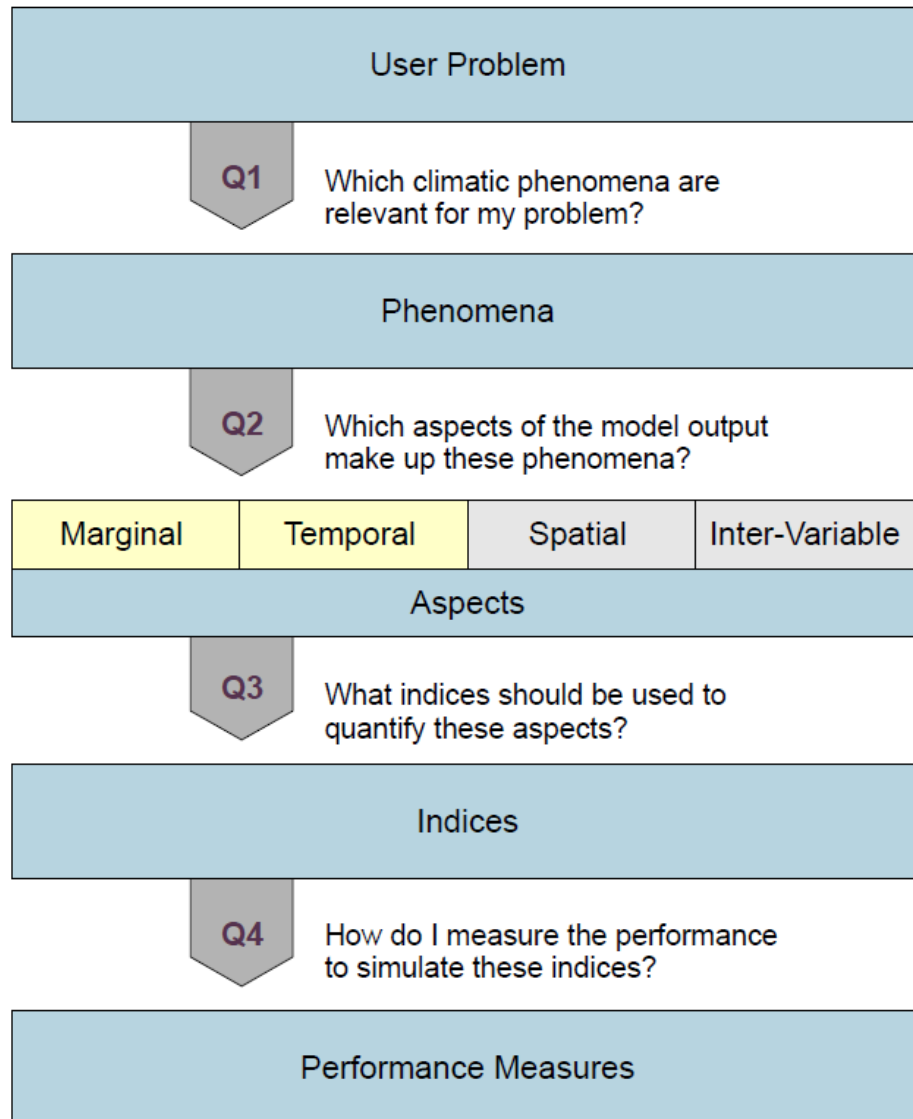
teplota

marginální (tj. týkající se rozdělení)

směrodatná odchylka denních hodnot

poměr model / skutečnost

Validační rámec



- „validační strom“

horké vlny

časový

střední doba trvání

rozdíl model minus skutečnost

Validační portál

- autor: Univerzita Santander
- download dat (prediktory i prediktandy)
- upload výsledků downscalingu (časové řady)
- výpočet validačních charakteristik

Validační portál

www.value-cost.eu/validationportal

The screenshot displays the VALUE Validation Portal interface. On the left is a dark sidebar menu with the following items: Home, Datasets, Experiments, Indices & measures, Processes, Methods, Upload, Validation (highlighted in blue), Jobs, and a Logout button. The main content area is titled "Results filtering" and includes a "Table" view option and a "Map" view option. Below this, the text reads "Validation results for prediction: douglas - Experiment_1a - precip - VGLMGAMMA". There are three rows of filter controls, each with a "Color" label and three dropdown menus for "Season", "Index or measure", and "Measure or index type". The first row is set to "DJF", "Mean - mean", and "Mean.bias". Below the filters is a map of Europe with numerous yellow circular data points. A color scale legend at the bottom of the map ranges from -0.1 (yellow) to 0.6 (dark red). The sidebar also features the "cost" logo and a "Logout" button.

Validační rámec

- soupis mnoha validačních kritérií
 - zcela běžných (průměr, roční chod)
 - málo používaných (mezidenní proměnlivost)
 - zcela opomíjených (prostorový počet stupňů volnosti)

VALUE - výsledky

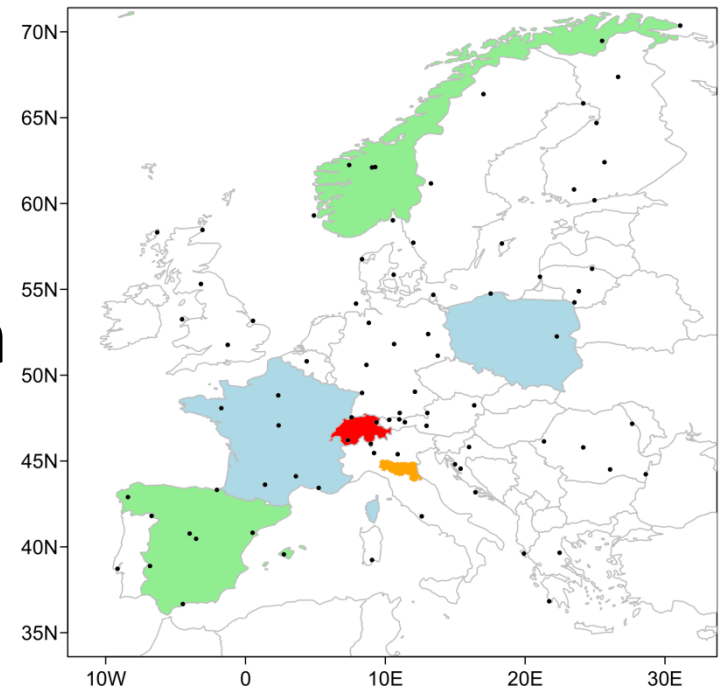
- vlastní výsledky – special issue v *Int. J. Climatol.* [hostující editoři E.Katragkou (GR), C.Jack (ZA)] – v současnosti se dokončují články (celkem ~ 10)
 - review of end user needs
 - data a datové soubory
 - popis použitých SDS metod
 - výsledky validačního experimentu
- další experimenty jsou naplánovány (např. s využitím pseudo-reality) ... ale dosažení výsledků je nejisté ...

Downscaleovací modely

- “klasické” SDS modely (PerfectProg)
- MOS SDS (bias correction; quantile mapping)
- stochastické generátory počasí
- RCM: RACMO

Validační experiment

- predictory / okrajové podmínky z
 - ERA-Interim (všechny metody vč. RCM)
 - RACMO RCM (metody MOS)
- 1979-2008
- 86 stanic z ECA&D
- proměnné s denním krokem
 - T_{min}, T_{prům}, T_{max}, srážky
- křížová validace (5-fold)



Validované charakteristiky

- rozdělení
 - průměr
 - průměrná denní intenzita srážek (průměr jen ze srážkových dní (≥ 1 mm))
 - směrodatná odchylka denních hodnot
 - podíl rozptylu v nízkofrekvenčních (ročních) a vysokofrekvenčních (měsíčních) složkách
 - šikmost
- charakteristické dny a hodnoty
 - četnost ledových, mrazových, letních, tropických dnů
 - četnost tropických nocí
 - počty dní se srážkami $\geq 1, 10, 20$ mm
 - % celkového úhrnu vypadlého ve dnech s $\geq 10, 20$ mm
- extrémny
 - 2. a 98. percentil ze všech hodnot i jen ze srážkových dní
 - 98. percentil jen ze srážkových dní (≥ 1 mm)
 - % celkového úhrnu srážek přesahujících 98. percentil
 - 20-leté návratové hodnoty (levý i pravý chvost)
 - suchá / vlhká / studená / teplá období ($< / \geq 1$ mm; 10. / 90. percentil)
 - 90. percentil délky
 - medián maximální roční délky

Validované charakteristiky

- časová struktura
 - krátká (mezidenní)
 - autokorelace se zpožděním 1, 2, 3 dny pro T
 - přechodové pravděpodobnosti (vlhký-vlhký, suchý-vlhký) pro P
 - charakteristická období (suchá / vlhká / studená / teplá)
 - medián a průměr délky
 - roční chod
 - minimum, maximum, amplituda (absolutní & relativní)
 - fáze maxima
 - nesymetrie (počet dní mezi ročním max a min)
 - dlouhodobá proměnlivost
 - rozptyl měsíčních hodnot
 - rozptyl ročních hodnot
- prostorová struktura
 - korelace: dekorelační vzdálenost (pro korelaci = 0,35 / 0,20 pro srážky / teplotu)
 - počet prostorových stupňů volnosti
 - regionalizace pomocí PCA
- vztahy mezi proměnnými
 - ještě se na tom pracuje (hlavní autorka je na mateřské)

Validované charakteristiky

- (některé) charakteristiky
 - zatím validovány zřídka či jen výjimečně
 - i když důležité pro (aspoň některé) impaktivní sektory
- trendy
 - zásadní pro úspěch downscalingu
 - dynam. i statist. downscaling má značné problémy s reprodukcí trendů
 - nevalidovali jsme
 - protože to nastavení experimentu (křížová validace) neumožňuje
 - úkol do budoucna

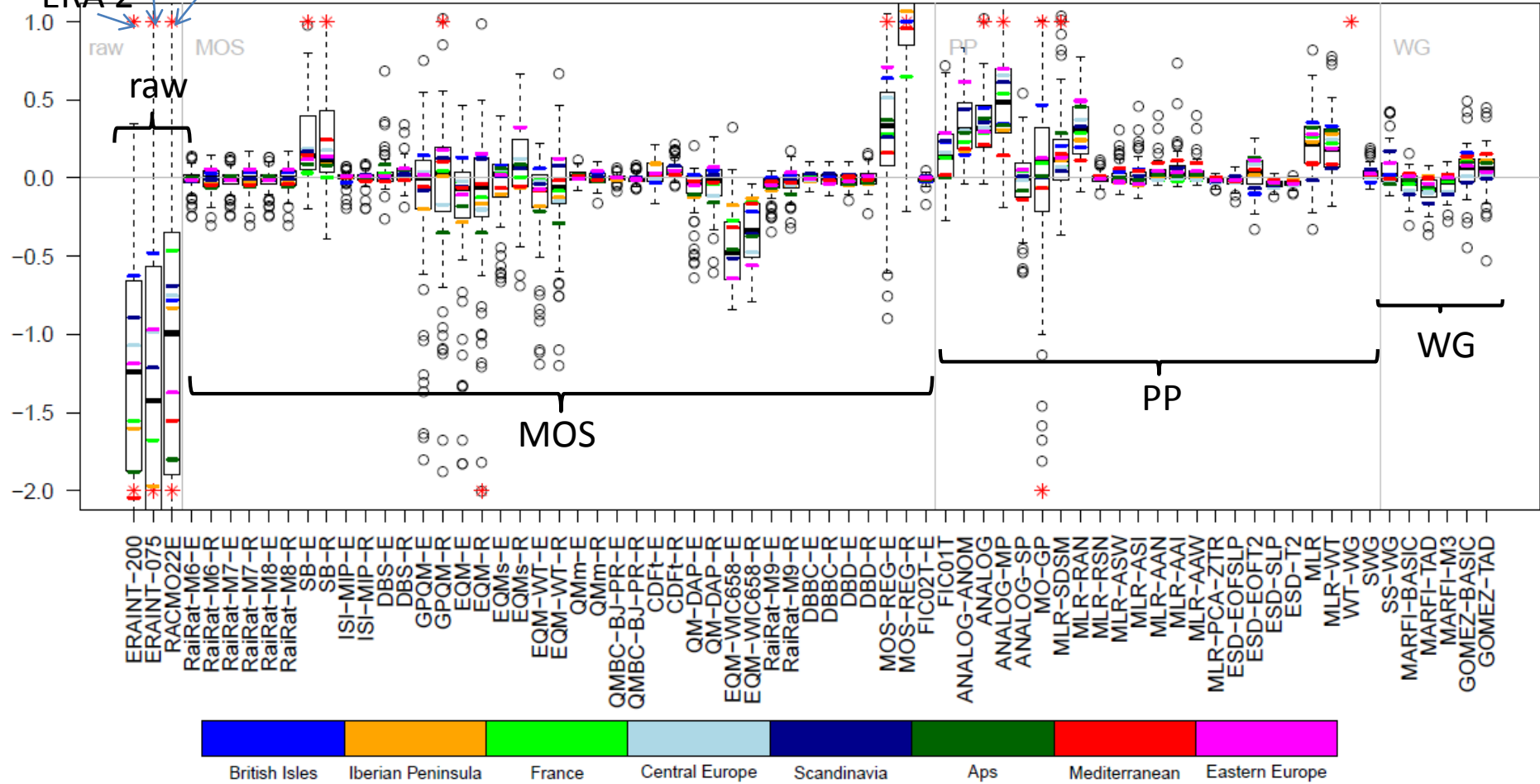


Tmax - mean, winter (DJF)

Biases across all stations [°C]

ERA .75° RACMO

ERA 2°

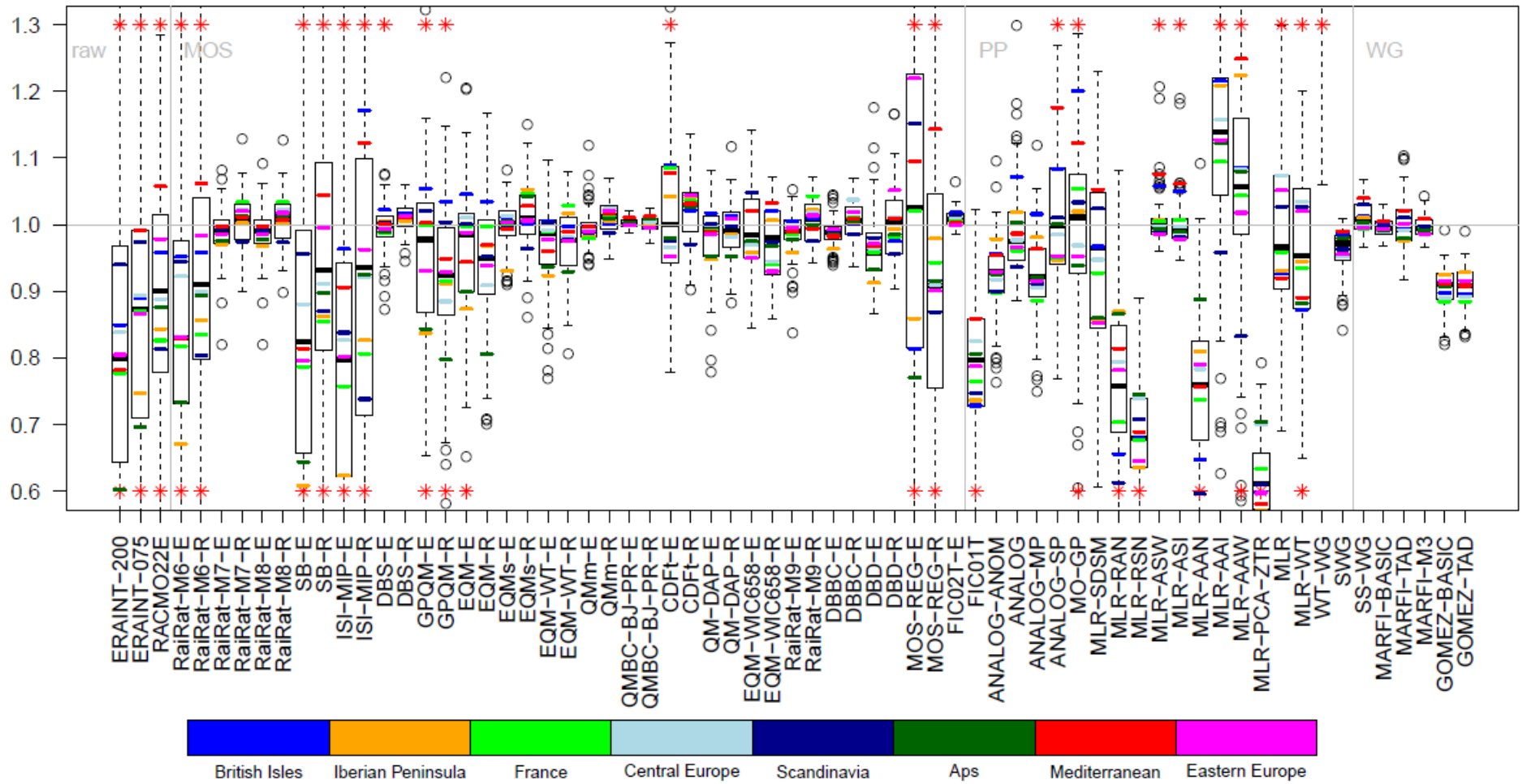


* values outside plotted range



Tmax - variance, winter (DJF)

Relative errors across all stations

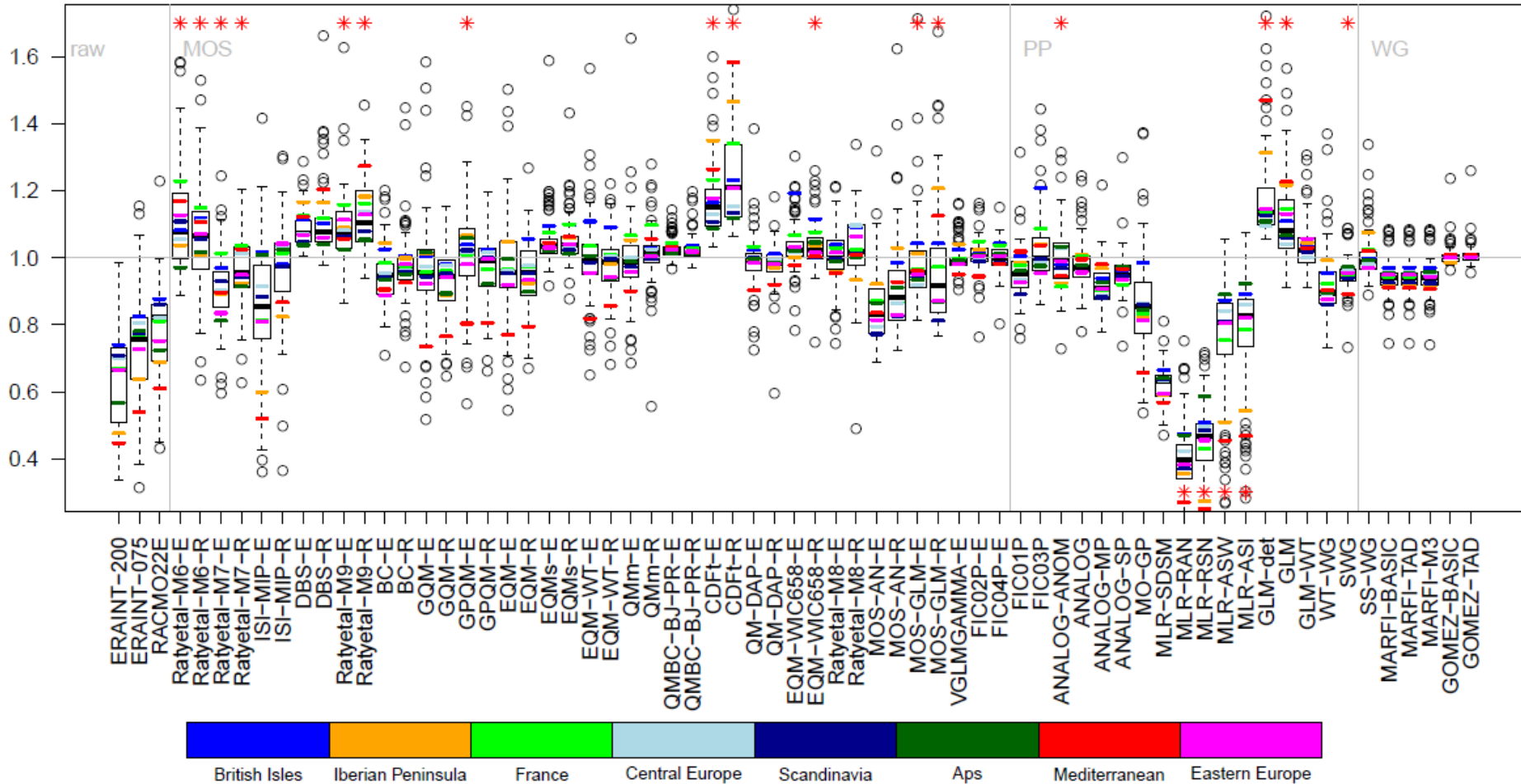


* values outside plotted range



Precipitation - intensity, summer (JJA)

Relative biases across all stations [mm/wet day]

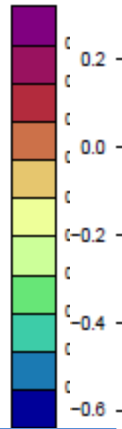
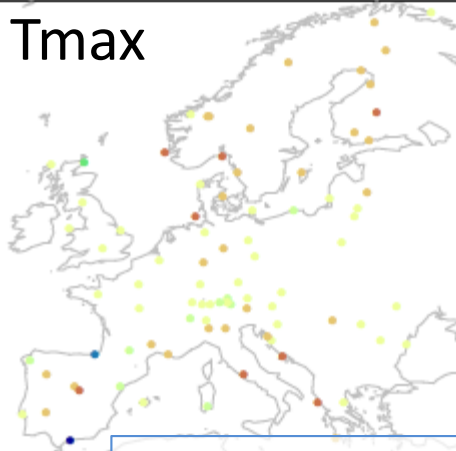


* values outside plotted range

lag-1 day autocorrelation, JJA

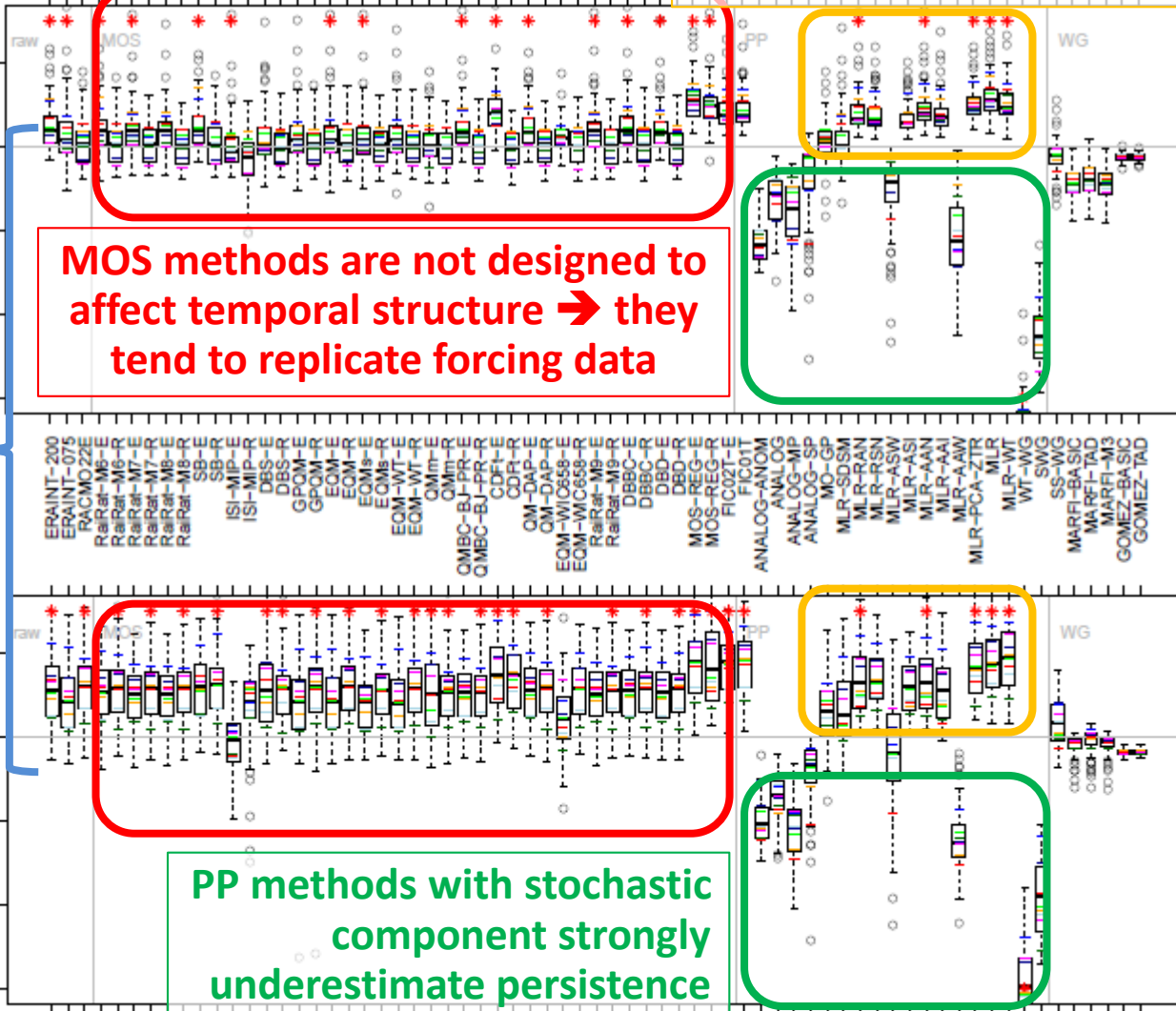
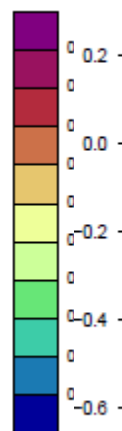
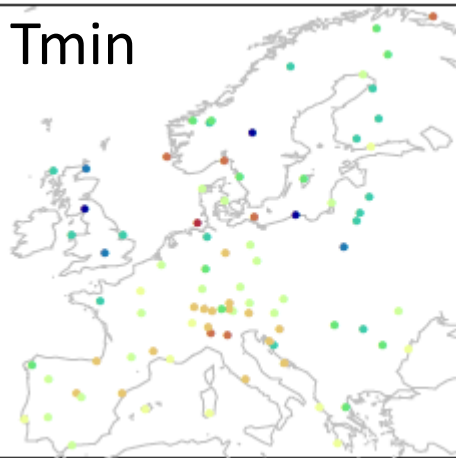
PP methods without stochastic component overestimate persistence

Tmax



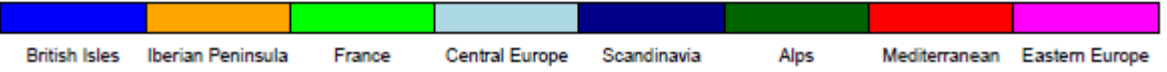
larger overestimation of Tmin persistence

Tmin



MOS methods are not designed to affect temporal structure → they tend to replicate forcing data

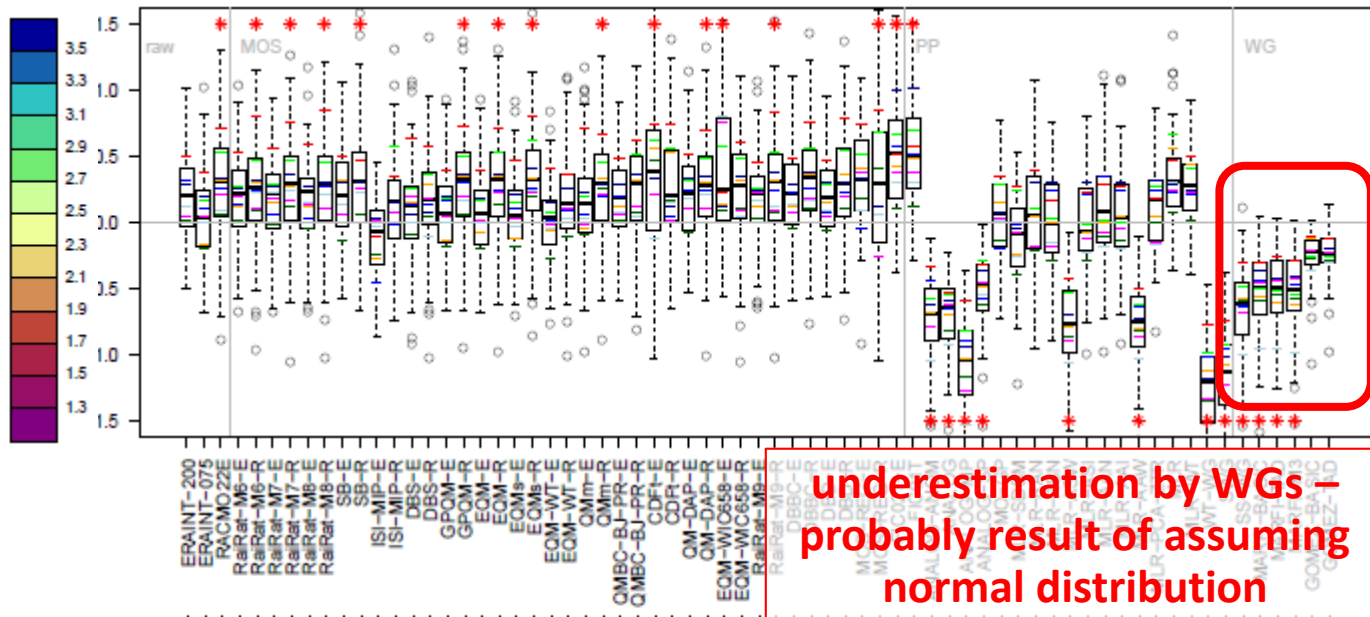
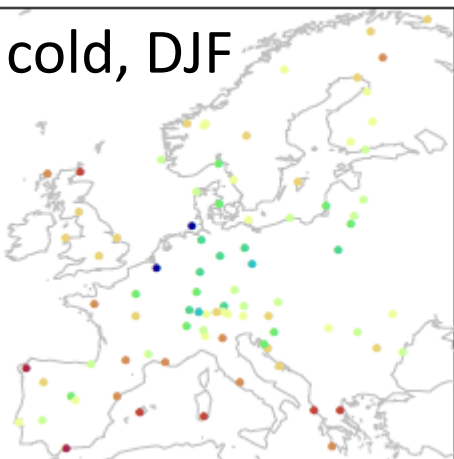
PP methods with stochastic component strongly underestimate persistence



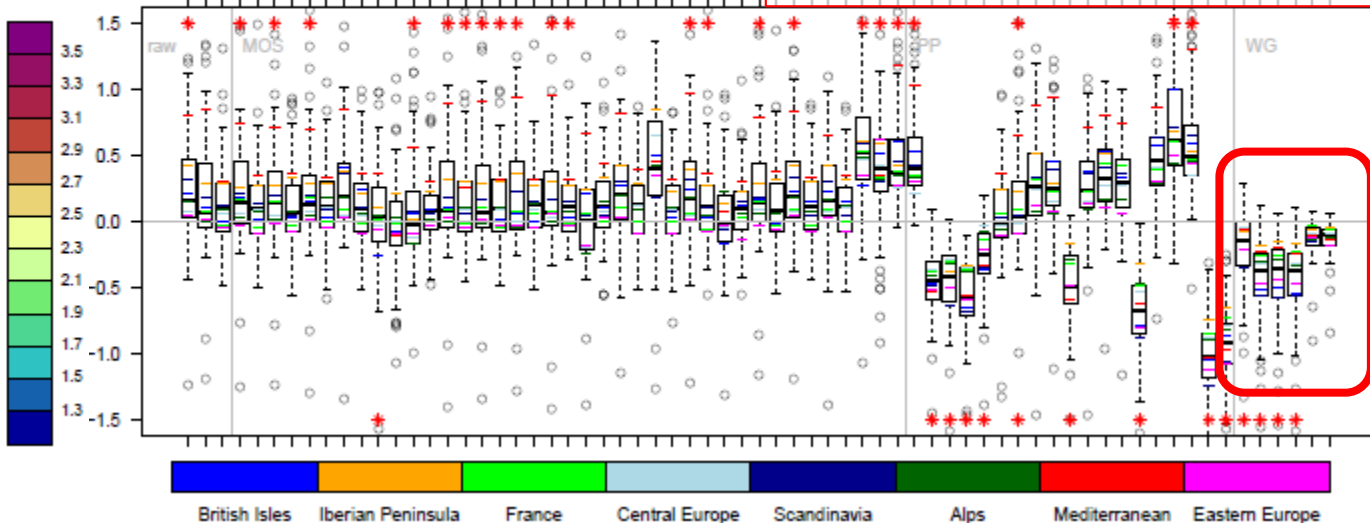
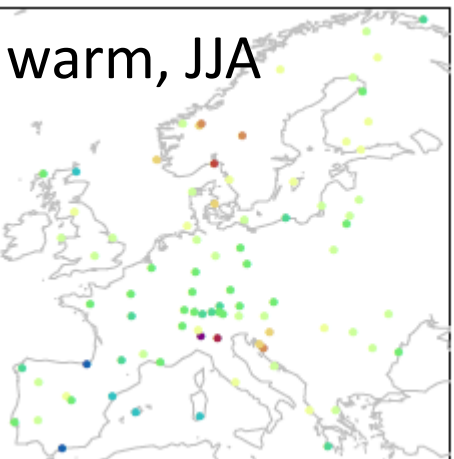
mean cold / warm spell length

reflects performance in persistence

cold, DJF



warm, JJA

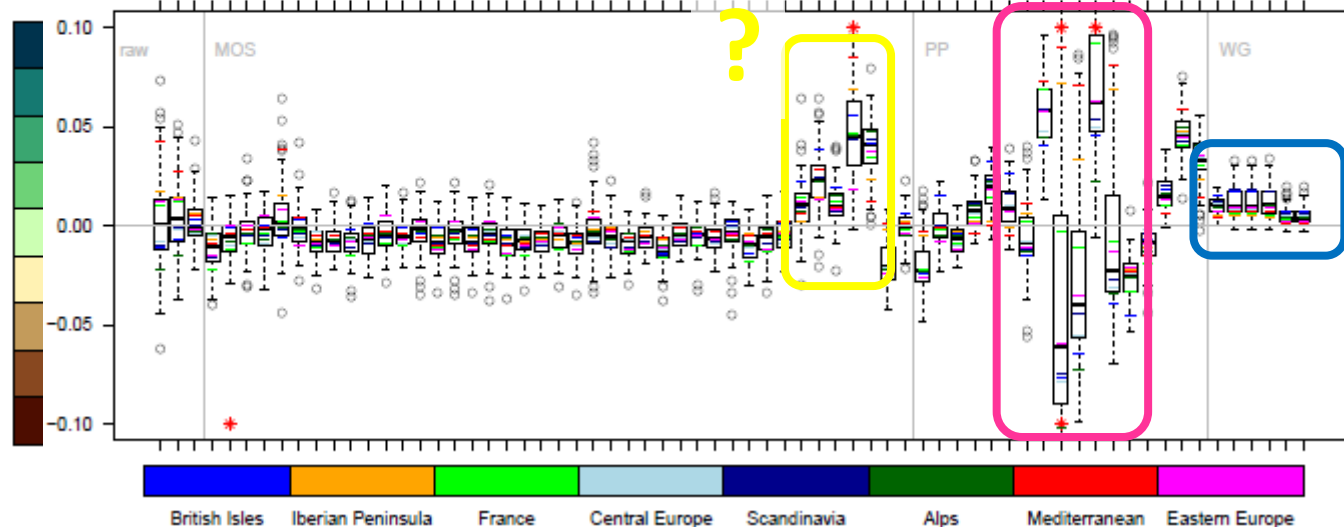
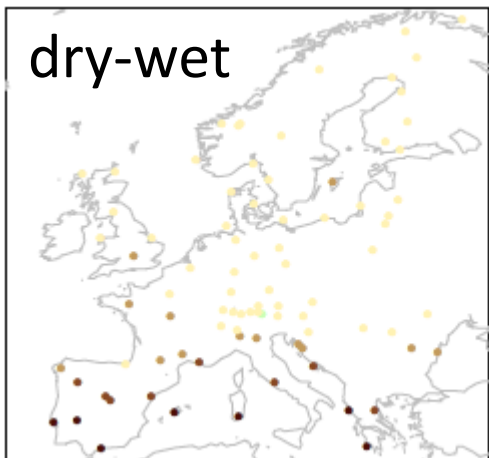
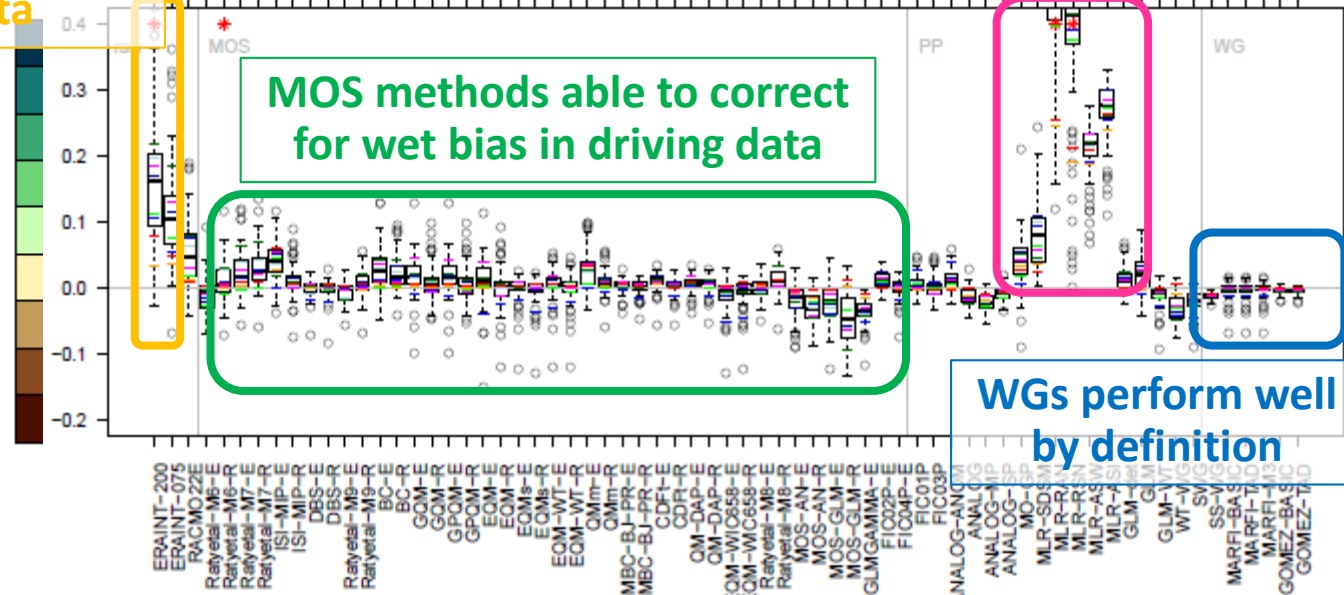
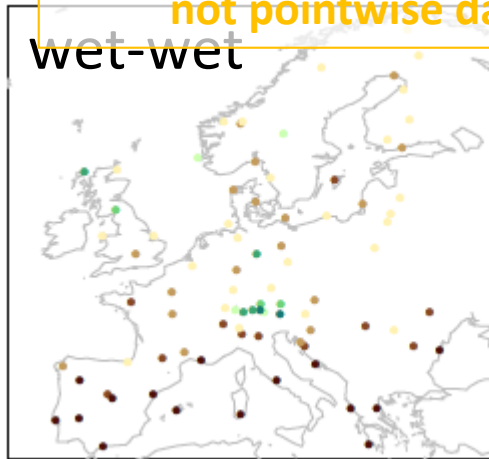


transition probability, JJA

too high in ERA ← reanalysis gives spatially aggregated, not pointwise data

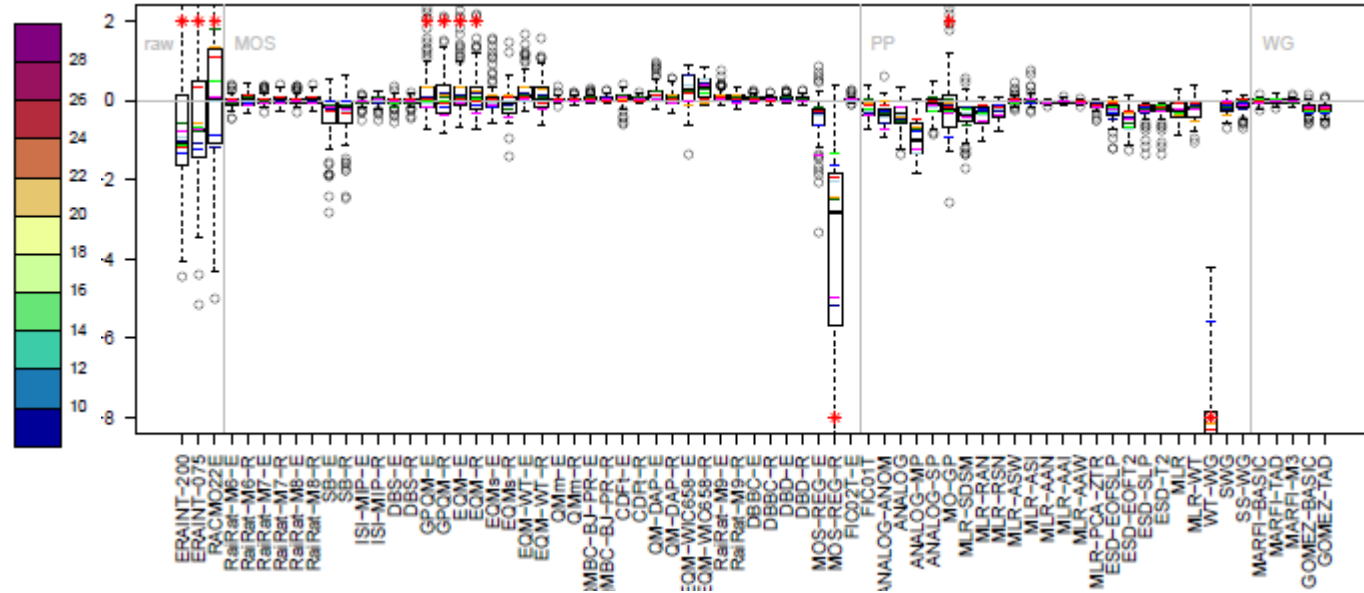
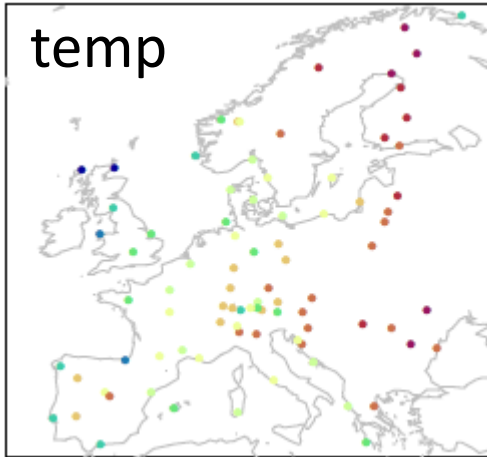
(DJF very similar)

some PP methods are not designed for precip downscaling

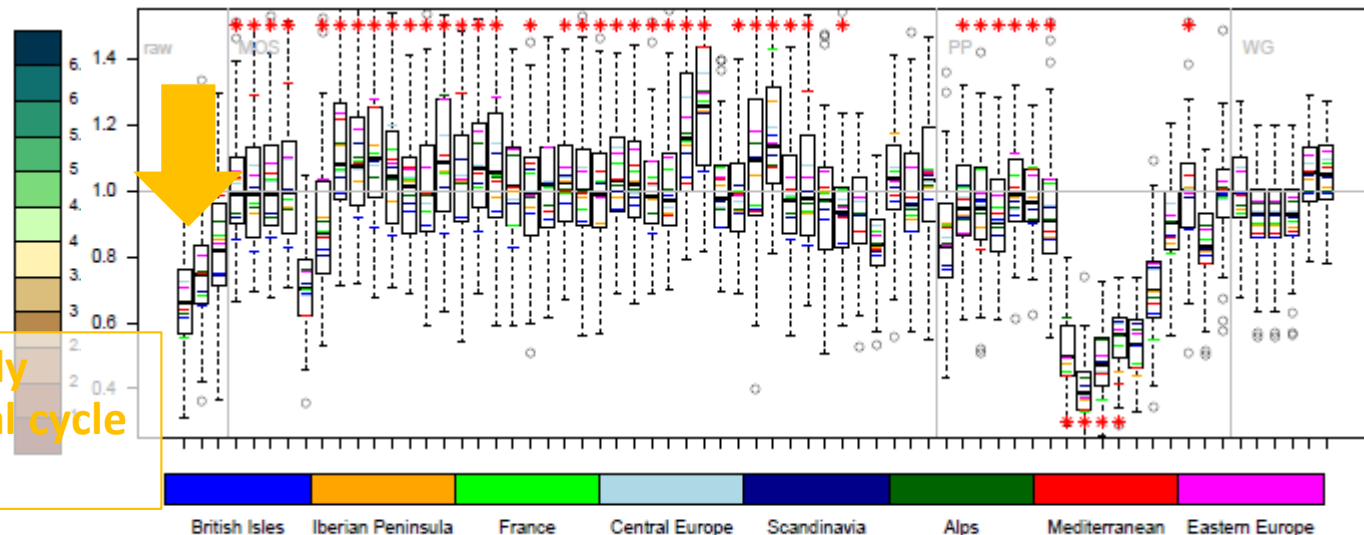
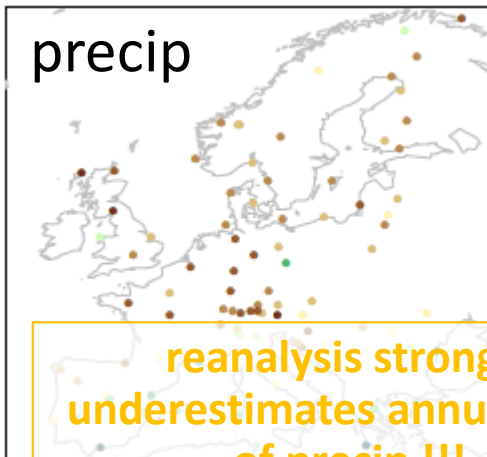


amplitude of annual cycle

temp

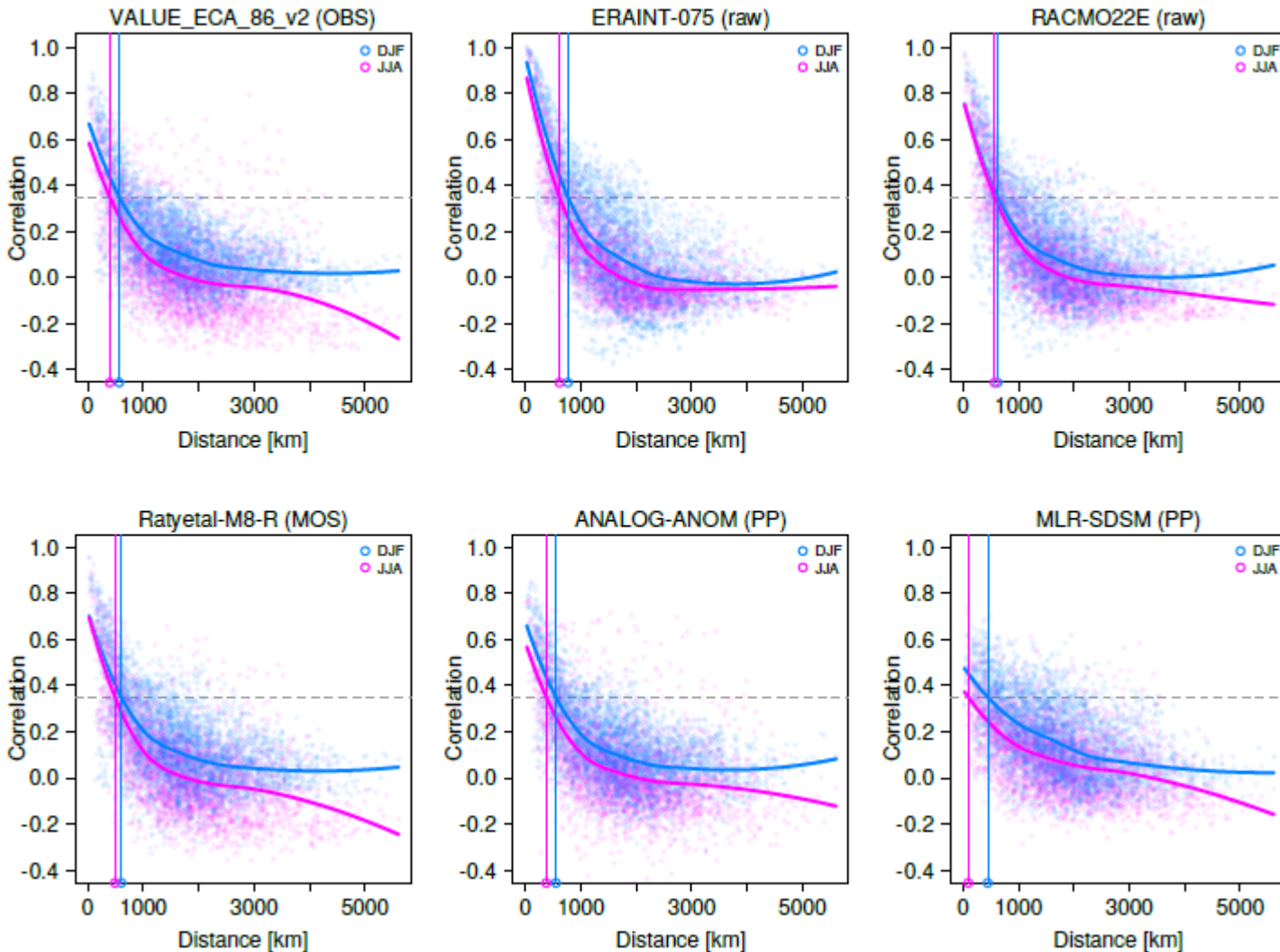


precip

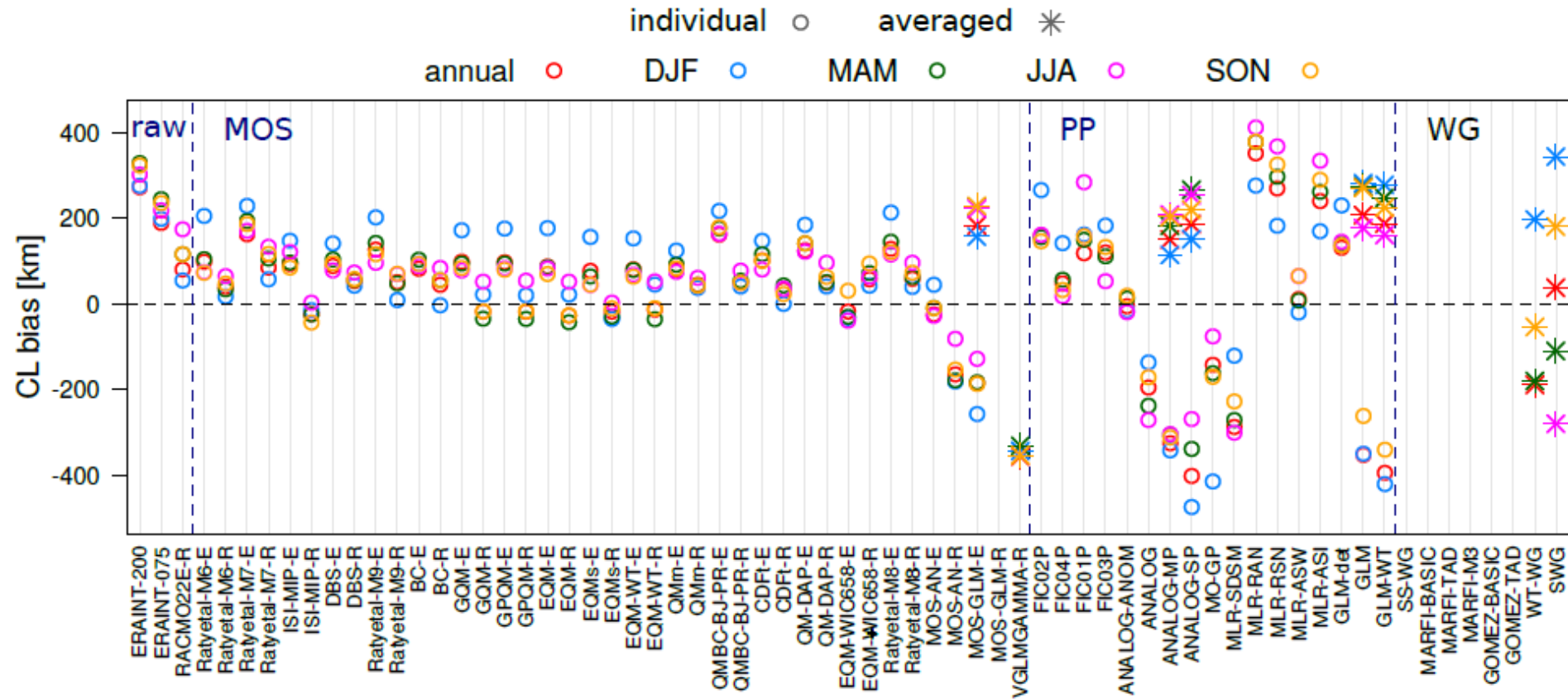


reanalysis strongly underestimates annual cycle of precip !!!

Station correlograms, precip



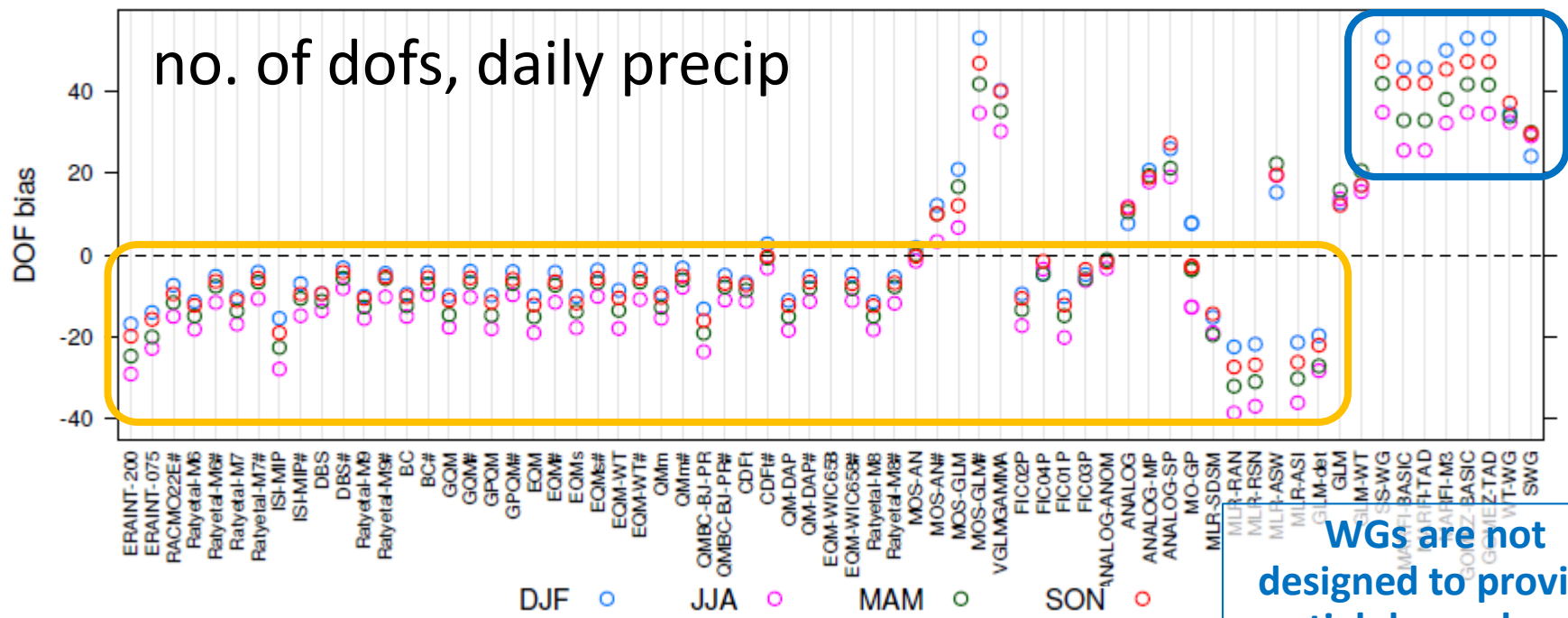
correlation length, precip



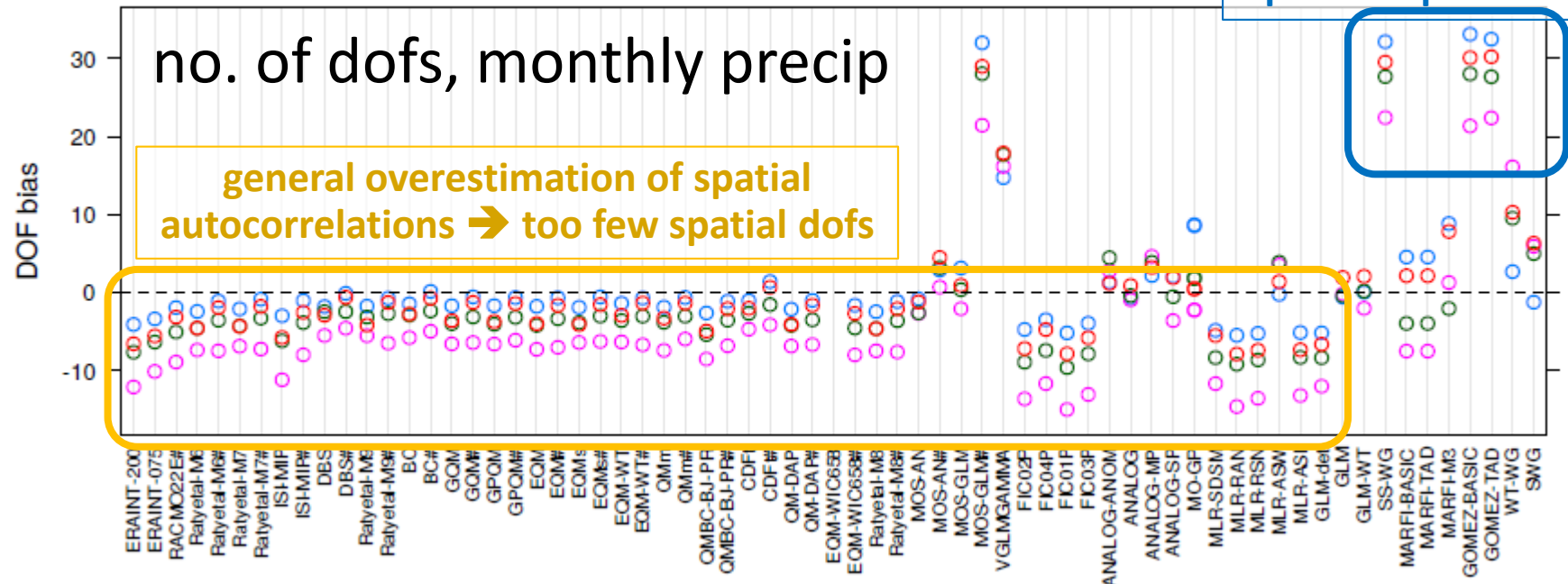
most methods tend to overestimate correlation length (even reanalysis)

bias is seasonally dependent

DJF ○ JJA ○ MAM ○ SON ○



WGs are not designed to provide spatial dependencies



Závěry

- různé typy SDS modelů & jednotlivé DS modely se chovají odlišně
- žádná jasná preference pro nějaký typ SDS / jeden SDS model
- volba SDS modelu se musí odvíjet od účelu SDS cvičení – různé účely upřednostňují různé metody
- použití jediného SDS modelu obvykle nestačí
- současné použití více SDS modelů (i různých typů) je výhodné a doporučuje se
- použití na výstupy GCMs:
 - chyby glob. modelů se přičítají k chybám SDS metod
 - nebo je SDS modely mohou do určité míry opravit
- komplexní porovnání dynamického a statistického downscalingu je ještě třeba udělat

List of DS methods

Type	Code	Tech	ST	AC	SE						
MOS	RaiRat-M6	S	no	no	yes	MLR-SDSM	TF	no	no	no	
	RaiRat-M7	S	no	no	yes	MLR-RAN	TF	no	no	no	
	RaiRat-M8	S	no	no	yes	MLR-RSN	TF	no	no	yes	
	SB	S	no	no	yes	MLR-ASW	TF	yes	no	yes	
	ISI-MIP	S/PM	no	no	yes	MLR-ASI	TF	no	no	yes	
	DBS	PM	no	no	yes	MLR-AAN	TF	no	no	yes	
	GPQM	PM	no	no	no	MLR-AAI	TF	no	no	yes	
	EQM	QM	no	no	no	MLR-AAW	TF	yes	no	yes	
	EQMs	QM	no	no	yes	MLR-PCA-ZTR	TF	no	no	yes	
	EQM-WT	QM/WT	no	no	no	ESD-EOFSLP	TF/WT	no	no	yes	
	QMm	QM	no	no	yes	ESD-EOFT2	TF/WT	no	no	yes	
	QMBC-BJ-PR	QM	no	no	yes	ESD-SLP	TF/WT	no	no	yes	
	CDFt	QM	no	no	yes	ESD-T2	TF/WT	no	no	yes	
	QM-DAP	QM	no	no	yes	MLR-WT	TF/WT	yes	no	yes	
	EQM-WIC658	QM	no	no	yes	WT-WG	WT/WG	yes	no	no	
	RaiRat-M9	QM	no	no	yes	SWG	TF/WG	yes	no	yes	
	DBBC	QM	no	no	yes	WG	SS-WG	WG	yes	yes	yes
	DBD	QM	no	no	yes		MARFI-BASIC	WG	yes	yes	yes
	MOS-REG	TF	yes	no	no		MARFI-TAD	WG	yes	yes	yes
	FIC02T	PM/A/TF	no	no	yes		MARFI-M3	WG	yes	yes	yes
					GOMEZ-BASIC		WG	yes	yes	yes	
PP	FIC01T	A/TF	no	no	yes	GOMEZ-TAD	WG	yes	yes	yes	
	ANALOG-ANOM	A	no	no	yes						
	ANALOG	A	no	no	no						
	ANALOG-MP	A	no	no	yes						
	ANALOG-SP	A	no	no	yes						
	MO-GP	TF	no	no	no						

Table 2: Participating methods for temperature. Techniques: S: additive correction; PM: parametric quantile mapping; QM: empirical quantile mapping; TF: regression-like transfer function; WT: weather typing; WG: weather generator. Explicitly modelled: ST: stochastic noise, AC: autocorrelation, SE: seasonality. For details see ?, in this issue, or <http://www.value-cost.eu/validationportal/app#!downscalingmethod>.