

CMCC–SPS3: Il Sistema operativo di previsioni stagionali del CMCC

Antonella Sanna, Andrea Borrelli, Enrico Minguzzi, Antonio Cantelli,
Stefano Tibaldi, Stefano Materia, Panos Athanasiadis, Antonio Navarra, +
colleghi CMCC e Silvio Gualdi



2019 1^a Conferenza Nazionali
Previsioni Meteorologiche
17-18 giugno 2019 / Bologna

Introduzione

CMCC nel panorama delle previsioni stagionali

- CMCC e' **attivo nel campo delle previsioni stagionali a livello sperimentale da 20 anni** (es., EU Projects DEMETER 1999-2003; MERSEA 2003-2007; ENSEMBLES 2004-2009; CLIMAFRICA 2010-2014).
- da gennaio 2013, CMCC produce **seasonal forecasts operativamente**: ogni mese viene emessa una previsione per i sei mesi successive.
- da giugno 2013, CMCC fa parte del **Mediterranean Outlook Forum** (MedCOF, quale membro del Governing Board).
- da aprile 2014, CMCC contribuisce all' **APCC multi-model ensemble seasonal forecasting** (<http://www.apcc21.org/eng/index.jsp>).
- nel gennaio 2016, il CMCC e' entrato a far parte della **Pre-Operational Phase of the Copernicus C3S multi-model ensemble seasonal forecast system**.
- da aprile 2018, CMCC e' parte della **Operational Phase of the Copernicus C3S multi-model ensemble seasonal forecast system** (climate.copernicus.eu/seasonal-forecasts).



Introduzione

Evoluzione del CMCC-SPS

	SPS.v0 1999 (DEMETER)	SPS.v1 2006 (ENSEMBLES)	SPS.v2 2012 (CLIMAFIRCA)	SPS.v3 2016 (Copernicus)
Ocean	OPA-ORCA2 2°x2°–30 levs	OPA-ORCA2 2°x2°–30 levs	OPA-ORCA2 2°x2° – 30 levs	NEMO 1/4° x 1/4° – 50 levs
Atmosph.	ECHAM-4 2°x2°–19 levs no stratosphere	ECHAM-4 2°x2°–19 levs no stratosph.	ECHAM-5 2°x2° – 19 levs no stratosph.	CAM5 1°x1° – 46 levs with stratosph.
Land	land scheme in atmosph. model	land scheme in atmosph. model	SILVA model	CLM + River routing scheme
Ensemble size	9	9	9	50
Initial Conditions	Forced integrations	Ocean Analyses (CMCC)	Ocean Analyses (CMCC) Atmosphere Analyses (ECMWF)	Ocean Analysis (CMCC) Atmosphere Analysis (ECMWF) Land Surface Analysis (CMCC)

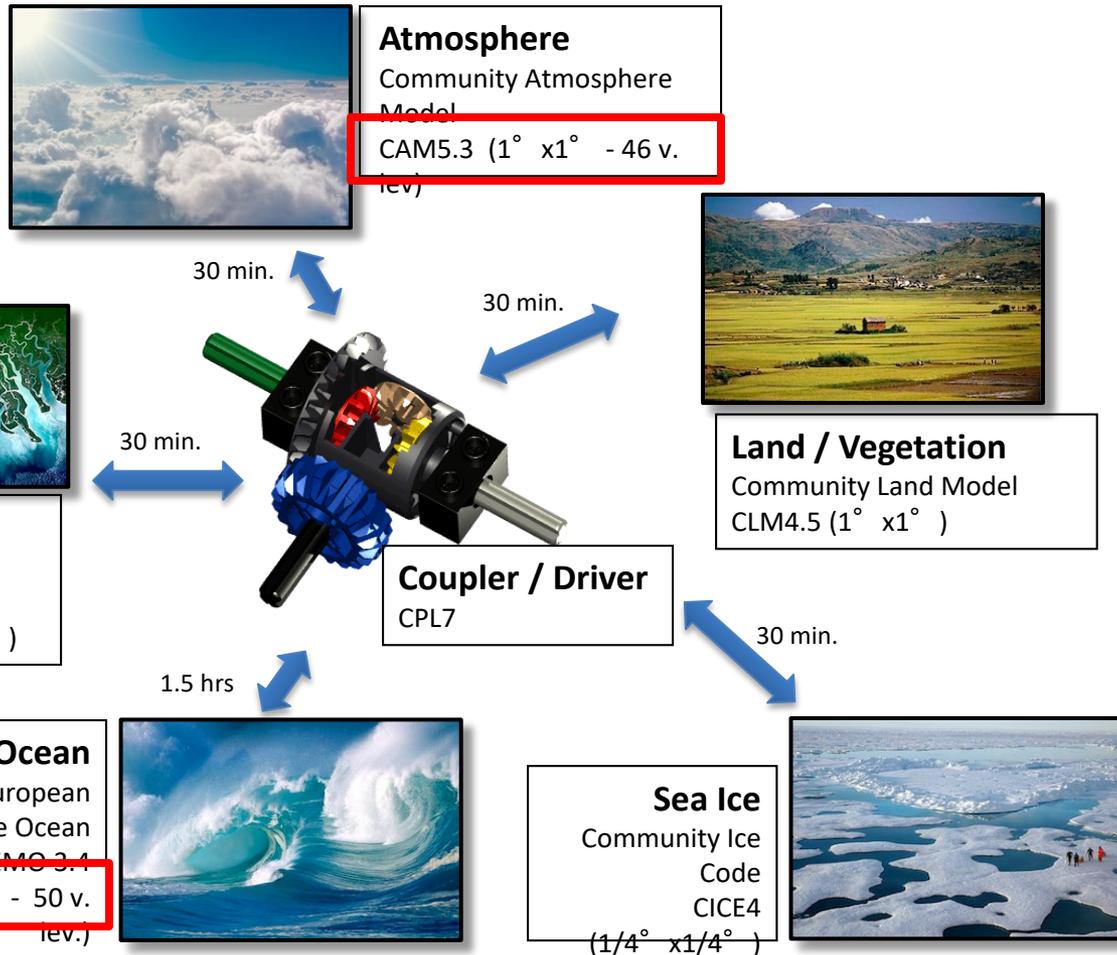
Dal CMCC-SPSv2 al CMCC-SPSv3:

- 1. Miglioramento del modello climatico**
- 2. Miglioramento delle strategie di inizializzazione**
- 3. Aumento del numero degli ensemble members**



Il Nuovo SPSv3

Il Nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico



Principali novità:

- Nuove componenti modellistiche
- aumentata risoluzione atmosferica (sia orizzontale che verticale)
- aumentata risoluzione oceanica (sia orizzontale che verticale)

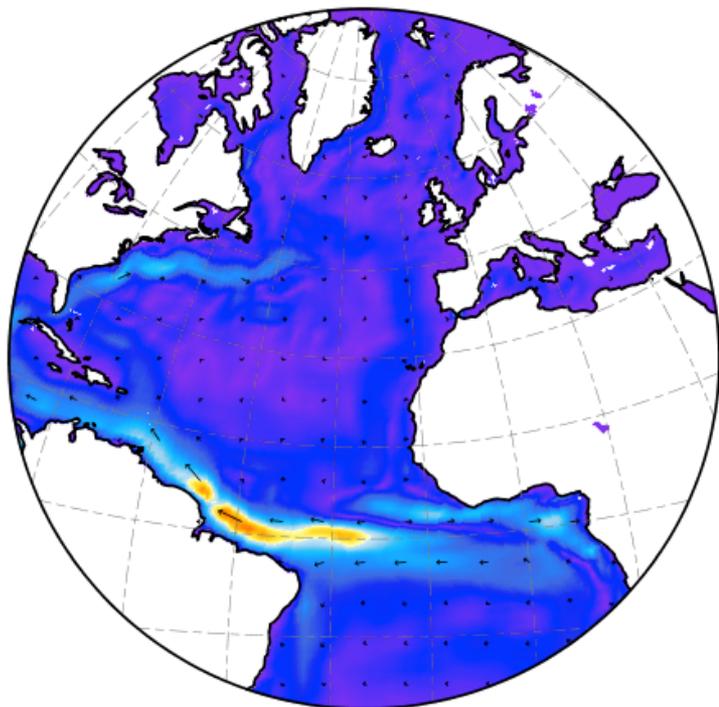


Il nuovo SPSv3

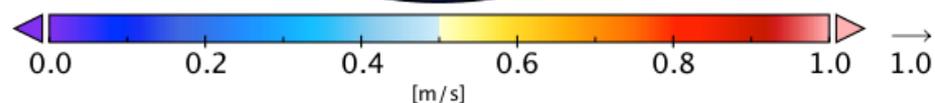
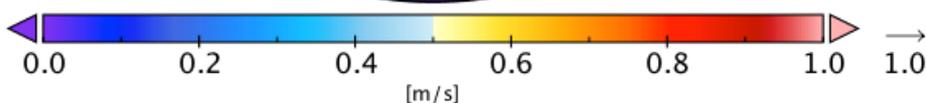
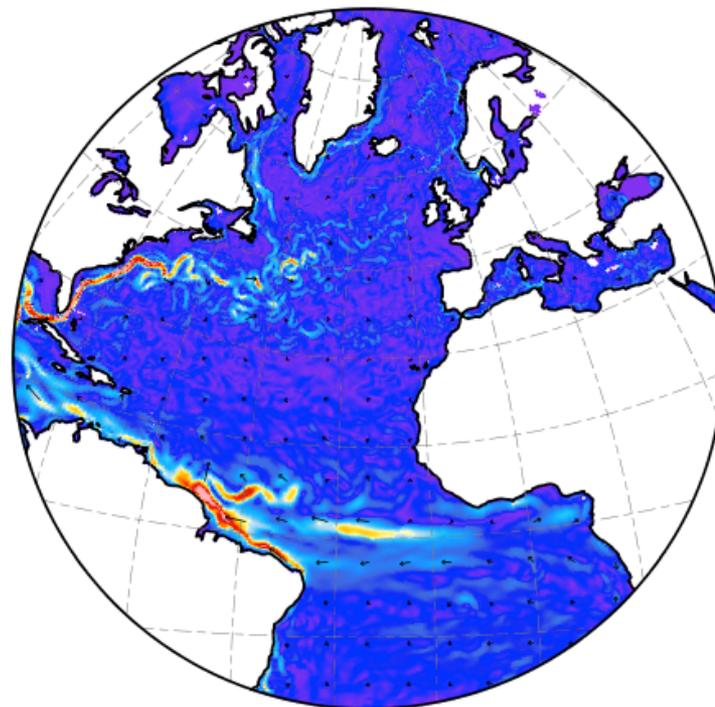
Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico

Ocean: OPA (2°) → NEMO (1/4°)

Ocean Surface Currents
ORCA2 - 201501 Monthly Mean



Ocean Surface Currents
ORCA025 - 201501 Monthly Mean



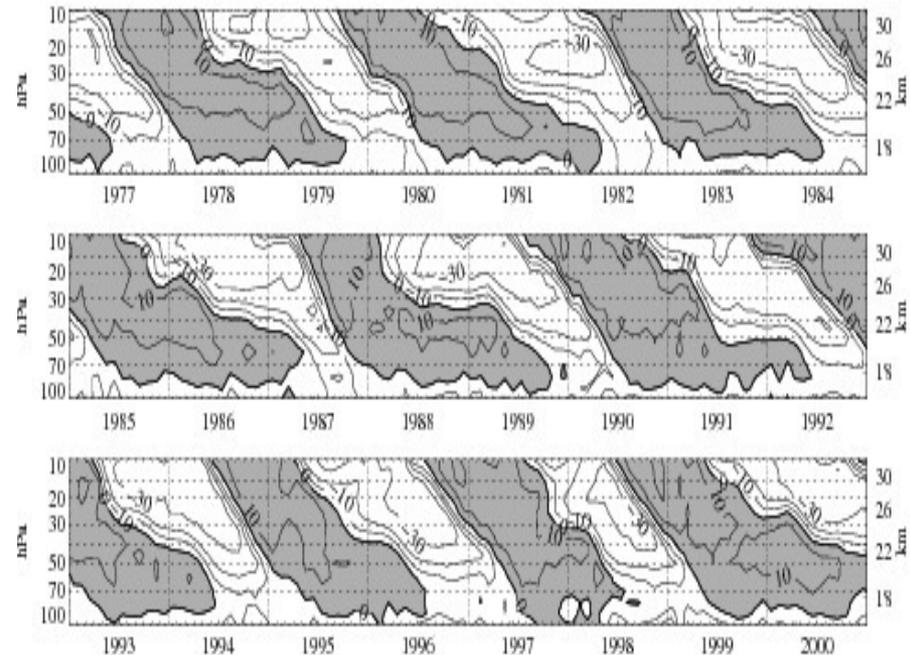
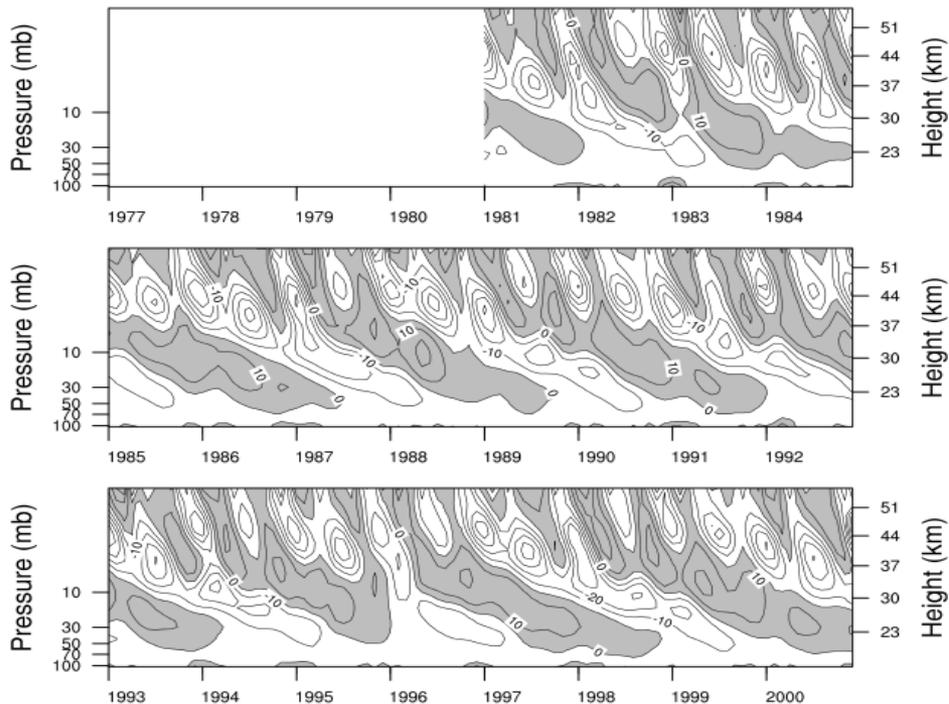
Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorato modello climatico

Atmosfera: la versione di CAM5 usata ha una griglia verticale modificata con 46 e model top a 0.3 hPa. Questo consente di riprodurre una **QBO con periodo simile a quello delle osservazioni nella bassa stratosfera.**

Modello

Osservazioni



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorata tecnica di inizializzazione

Atmosfera:

- Viene inizializzata con **analisi operative dell'ECMWF** (nel periodo di re-forecast 1993-2016 rianalisi ERA-Interim).
- I campi atmosferici sono interpolati sia orizzontalmente che verticalmente dalla griglia dell'analisi operativa ECMWF (o ERA-Interim nel periodo di re-forecast) a quella del modello CAM.

Land surface:

- Viene adottata la strategia di Land Data Assimilation di Koster, R. D , J. Climate 2009, ovvero **si utilizzano analisi di land ottenute con lo stesso modello di land-surface, forzato con campi meteo** (4 volte al giorno) provenienti da **analisi NCEP/NCAR e ECMWF**. Il restart dell'ultimo giorno della simulazione (ore 00:00 del primo giorno del mese successivo) viene usato come IC per la componente land del SPSv3.
- Sia per forecast che per re-forecast (1993-2016) vengono prodotte **3 condizioni iniziali** usando le analisi atmosferiche NCEP/NCAR e ECMWF e una loro combinazione lineare. In questo modo forniamo al sistema un campionamento dell'**incertezza dello stato iniziale della componente land**.



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: migliorata tecnica di inizializzazione

Oceano (e ghiaccio marino)

- le IC dell'oceano e del sea-ice sono prodotte dal **sistema di analisi globale eddy-permitting sviluppato dal CMCC**, C-GLORS (Storto et al. QJRMS 2015), con NEMO a $\frac{1}{4}$ di gradi di risoluzione, 50 livelli verticali (31 nei rimi 500m), accoppiato al modello di sea-ice LIM2.
- uno schema di analisi **3D-VAR** (variazionale a 3-dimensioni) (OceanVarthat, Storto A. et al. JAOT 2014) assimila **profili idrografici** dell'Hadley Centre U.K. MetOffice (EN3 and EN4 dataset) e **osservazioni altimetriche** along-track provenienti da satellite AVISO;
- uno schema **nudging** che assimila **osservazioni satellitari di SST** (NOAA), **dati di concentrazione di ghiaccio marino** (NSIDC-National Snow and Ice Data Centre) e **spessore del ghiaccio** (PIOMAS - Pan-Arctic Ice Ocean Modeling and Assimilation System);
- uno **schema di large-scale bias-correction** che corregge le tendenze del modello al fine di limitare i bias di larga scale prodotti dal modello e dalle forzanti atmosferiche.
- C-GLORS è forzato sia con **ECMWF ERA-Interim re-analyses** che con **NCEP Reanalyses v1**, usando le bulk formula di Large e Yeager.



Il nuovo SPSv3

Il nuovo CMCC-SPSv3: aumento del numero di ensemble members

Perturbazione della condizione iniziale → Ensemble Forecasts

- Le condizioni iniziali (IC) dei forecasts sono create a partire da un insieme di **IC ottenute combinando diversi stati iniziali di oceano, atmosfera e land**.
- **Otto IC oceaniche provengono da altrettante rianalisi** ottenute perturbando le osservazioni oceaniche, le forzanti atmosferiche e introducendo delle perturbazioni casuali nella fisica del modello, durante l'analisi.
- **Dieci (10) IC atmosferiche** sono ottenute dall'analisi operativa ECMWF, utilizzando, oltre allo stato dell'atmosfera relativo alla data di inizio del forecast (ore 00:00 del primo del mese), stati precedenti, intervallati di 12 ore uno dall'altro (fino al giorno -5).
- **Tre (3) land IC** provengono da analisi di land ottenute girando il modello di land CLM in modalità stand-alone per tutto il mese precedente alla start-date, usando come forzanti atmosferiche differenti analisi (ECMWF, NCEP, F(ECMWF,NCEP))

Si ottengono così **240 (= $8 \cdot 10 \cdot 3$)** stati iniziali da cui vengono selezionati in modo casuale 50 ICs

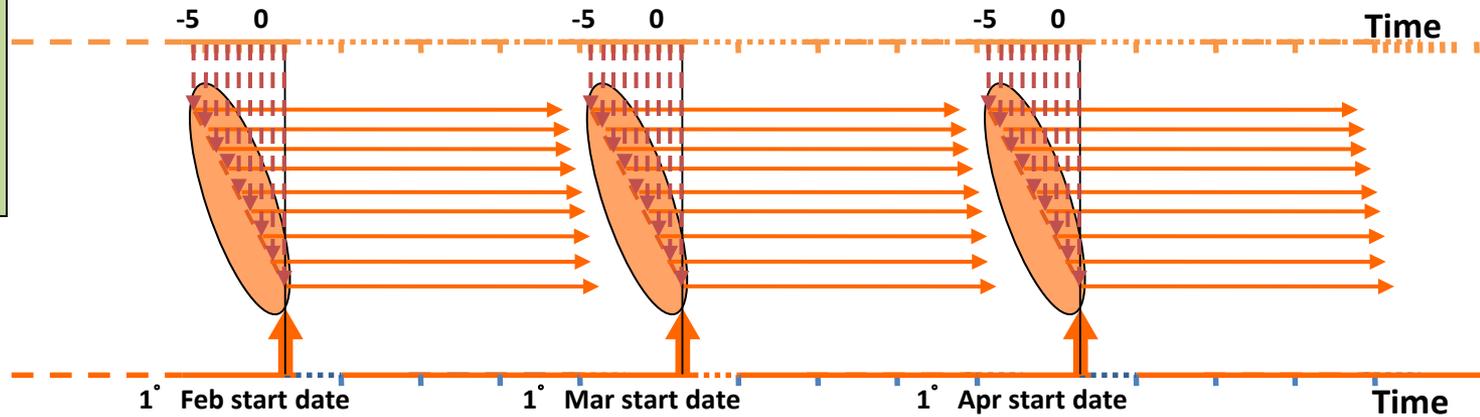


La produzione dell'ensemble forecast

Day lag every 12 hours

OFF LINE interpolated
Atmosphere IC from ECMWF
(ERA interim) operational analysis

OFF LINE CLM4.5
forced with **ECMWF**
and **NCEP**
atmospheric forcing
to Land Surface



OFF LINE assimilated
OCEAN ANALYSIS

- 3 perturbazioni per la **land**
- 10 perturbazioni per l'**atmosfera**
- 8 perturbazioni per l'**oceano**



240 IC



50 forecast members

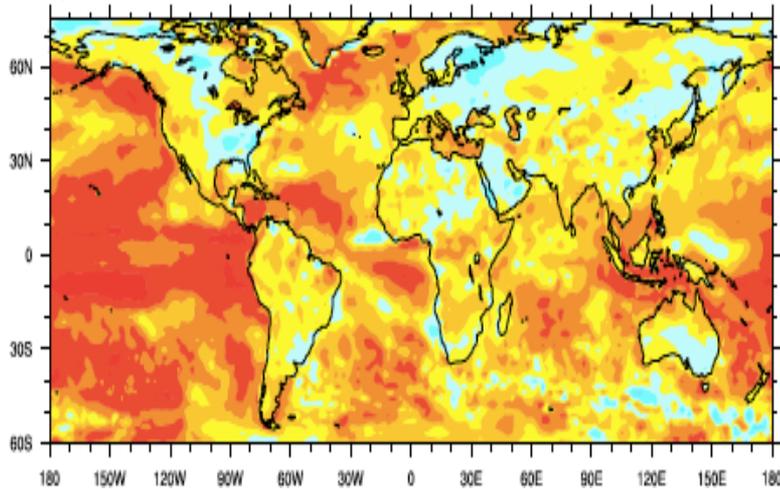


Il nuovo SPS.v3

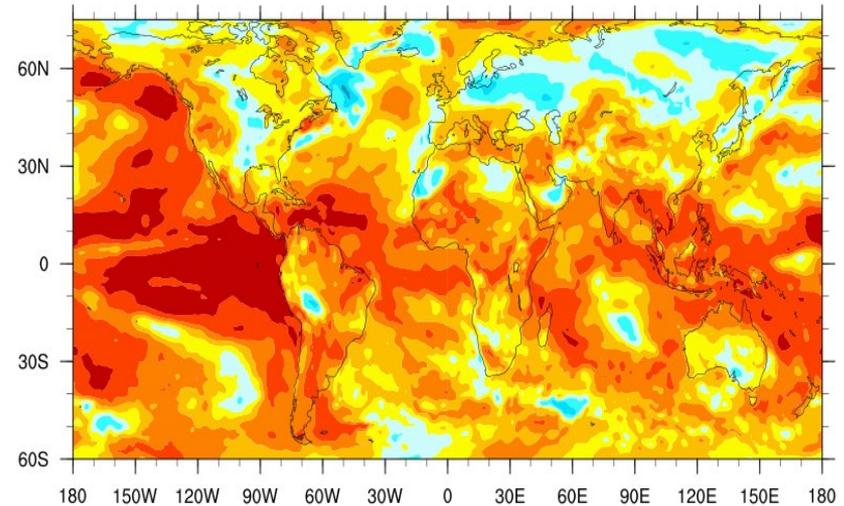
T2m (ACC) - lead season 1 (1993-2016) Forecast / ERA-Interim

SPS.v2

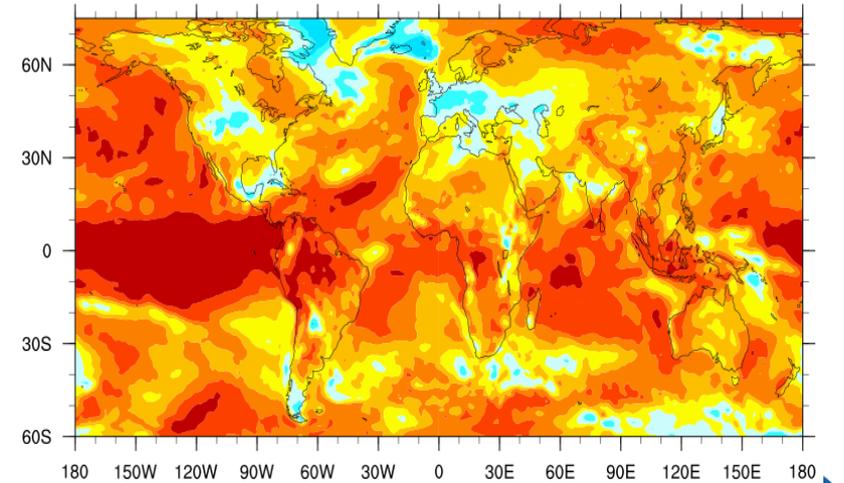
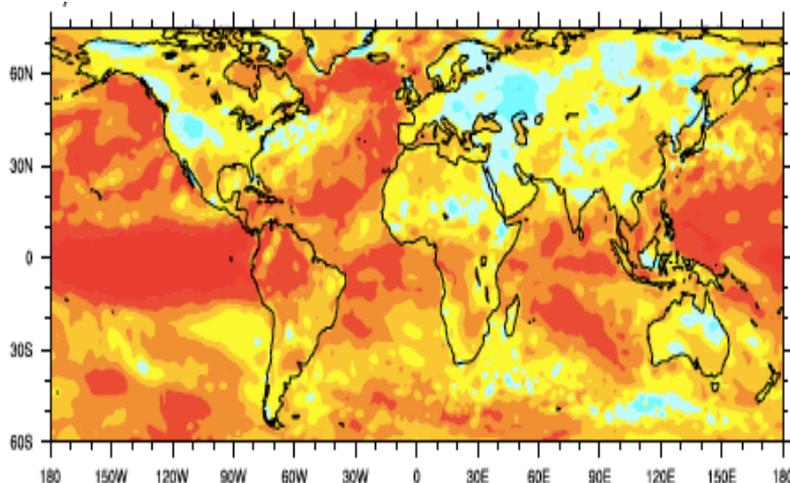
Start date maggio – lead season 1



SPS.v3



Start date novembre – lead season 1



Il nuovo SPSv3

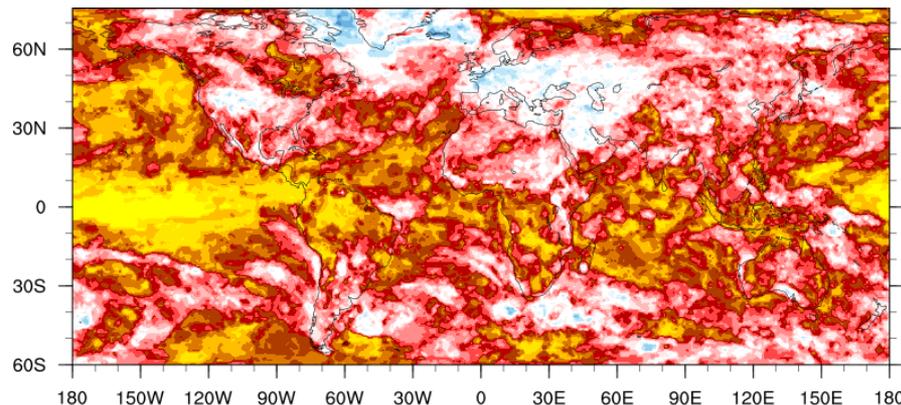
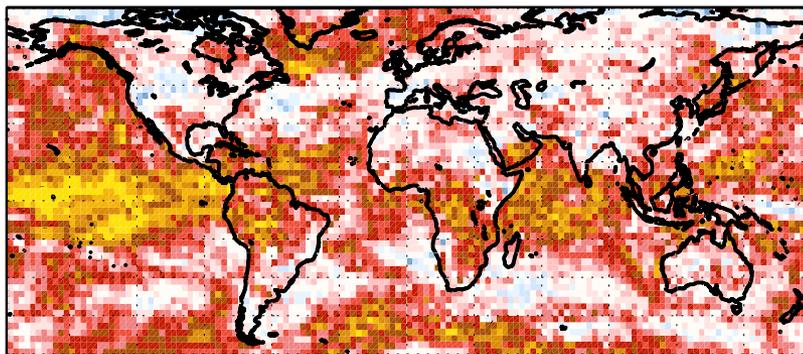
T2m ROC score - start date di novembre, lead season 1

SPSv2

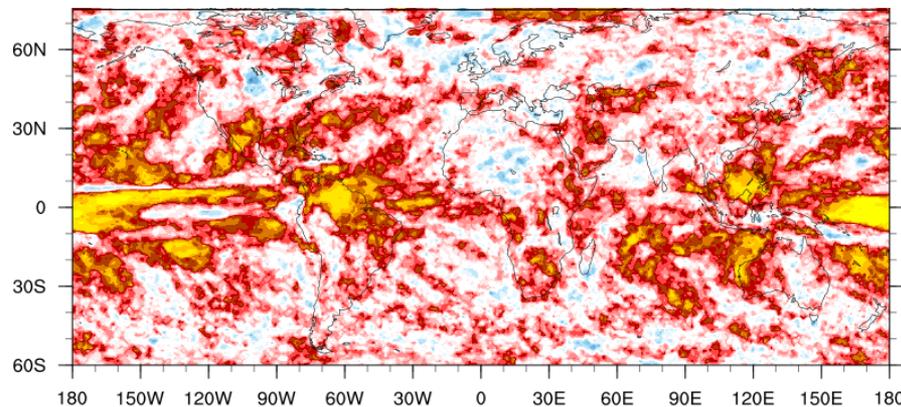
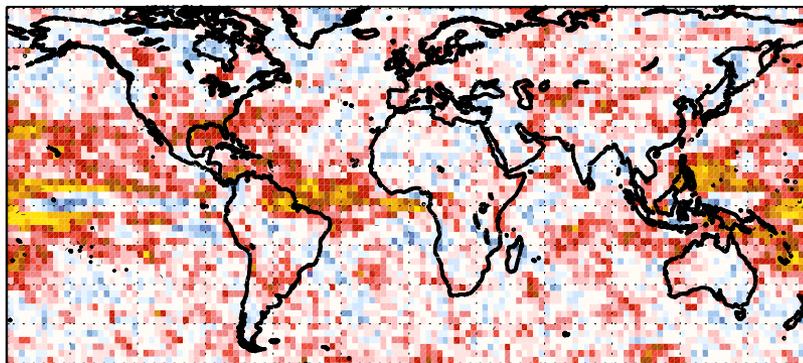
Sotto il terzile inferiore

SPSv3

temperatura 2m



Precipitazione



Il nuovo SPSv3

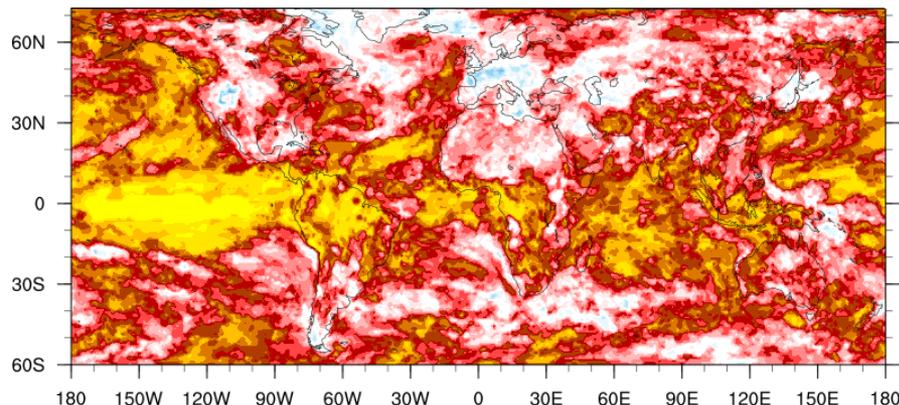
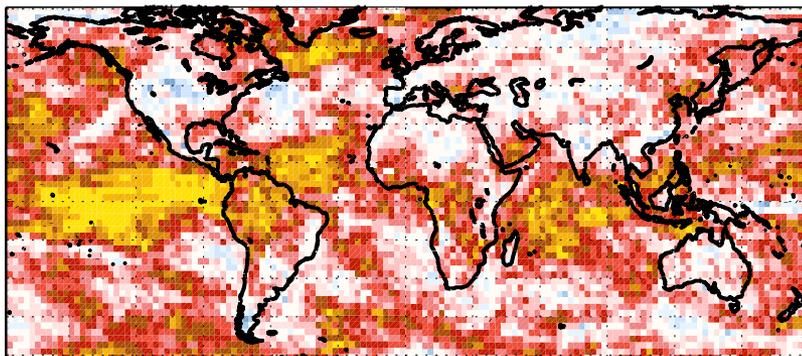
T2m ROC score - start date di novembre, lead season 1

SPSv2

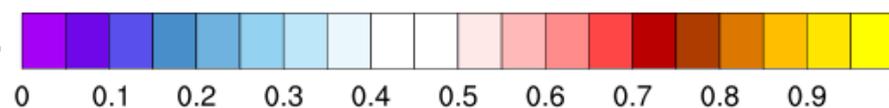
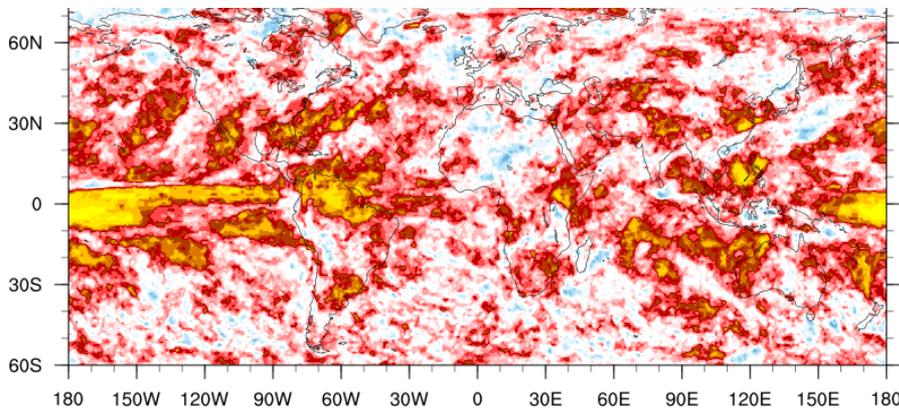
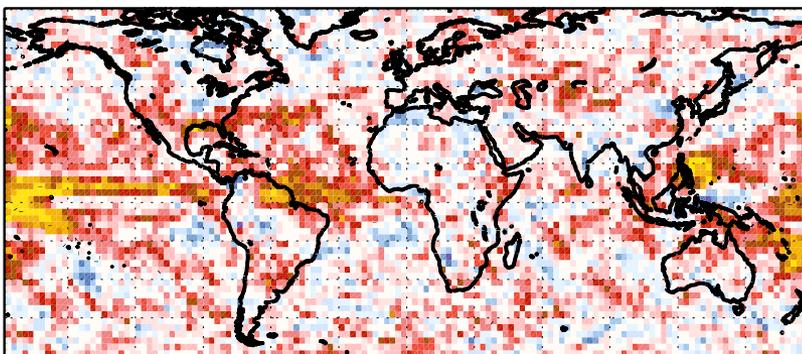
Sopra il terzile superiore

SPSv3

temperatura 2m

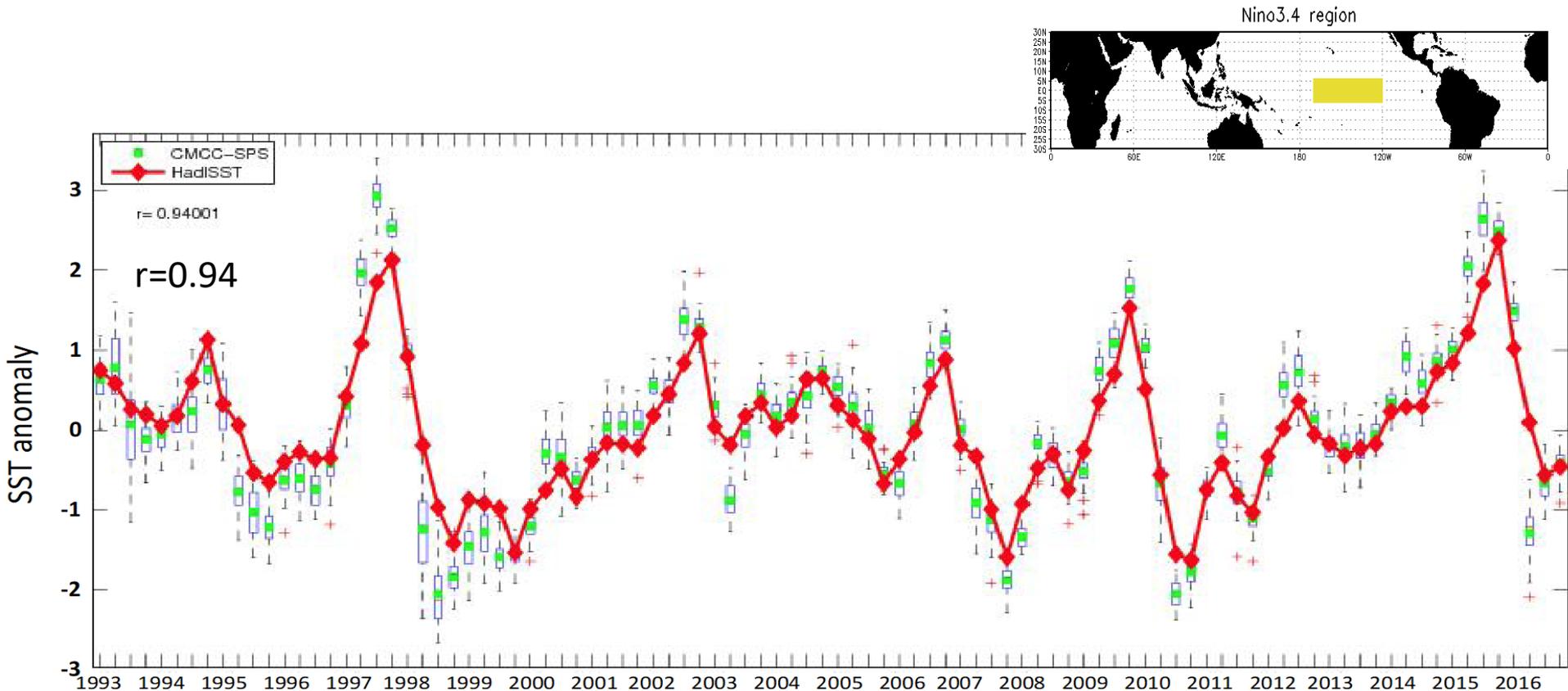


Precipitazione



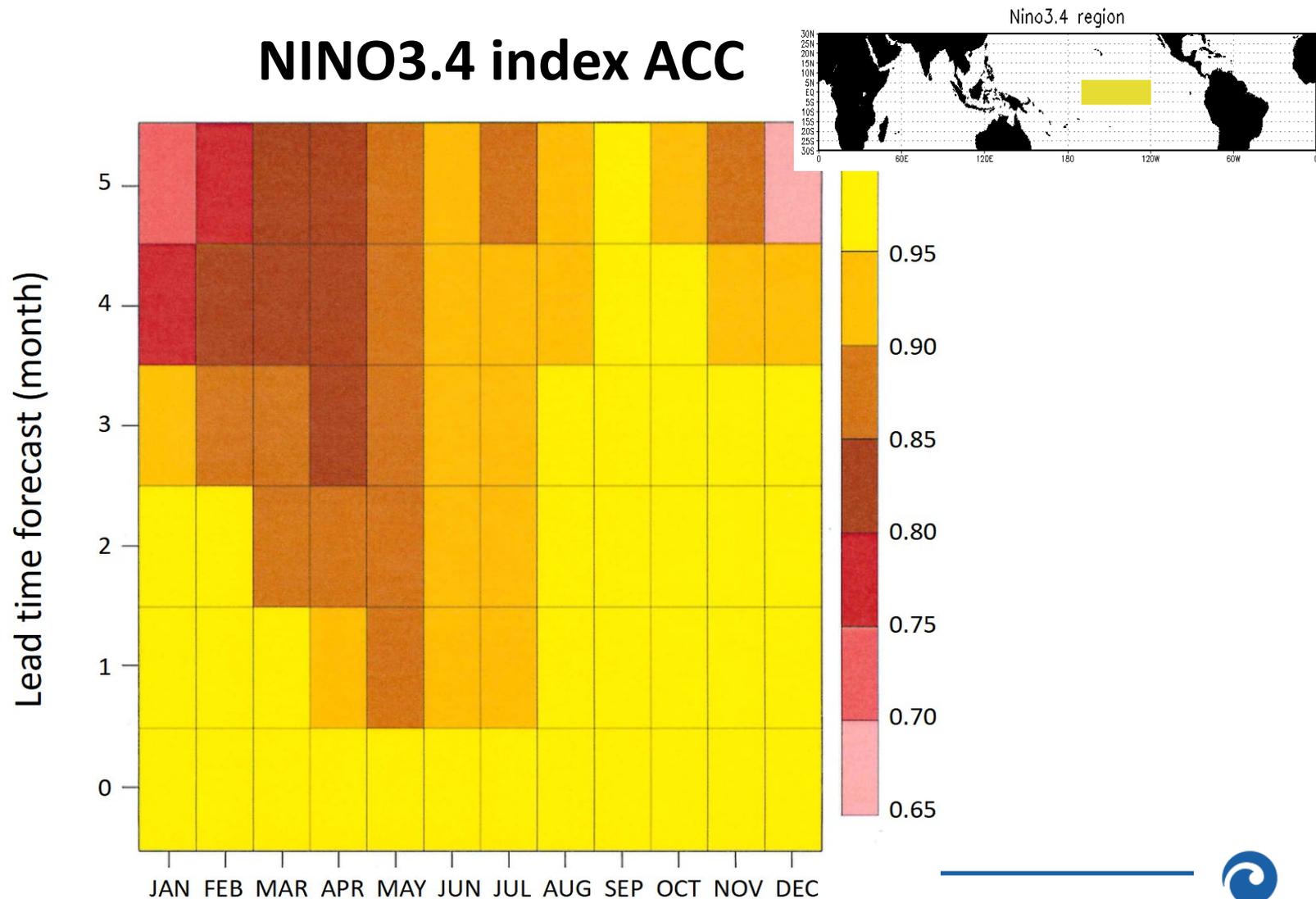
Il nuovo SPSv3: validazione

anomalie di SST nella regione NINO 3.4



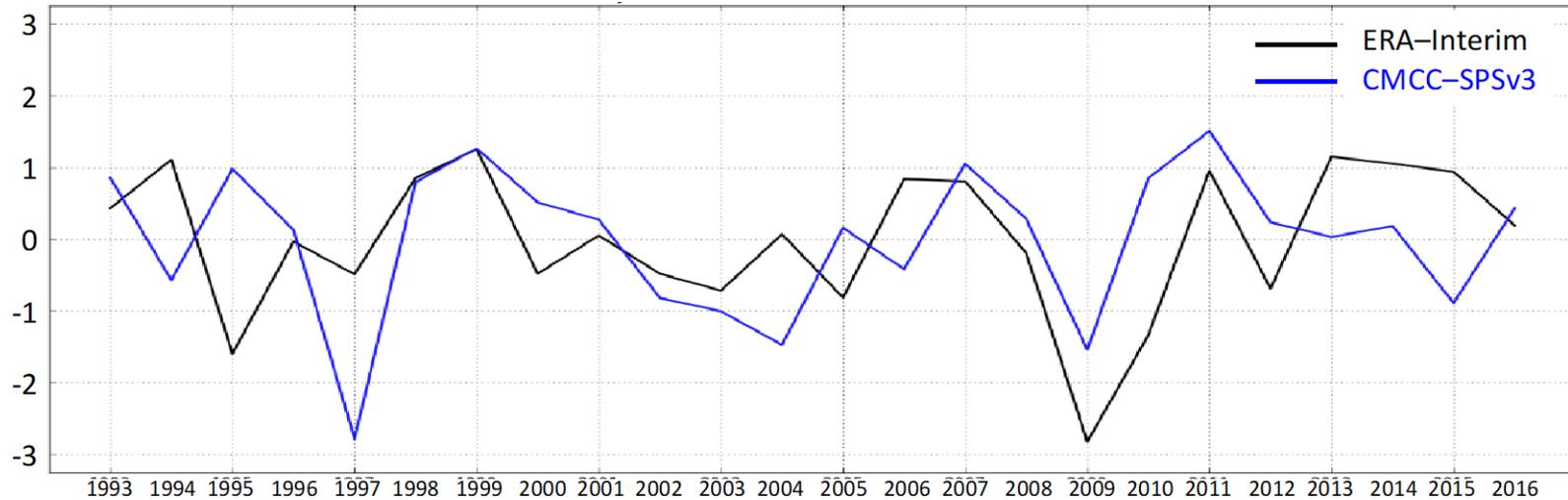
Il nuovo SPSv3: validazione

anomalie di SST nella regione NINO 3.4

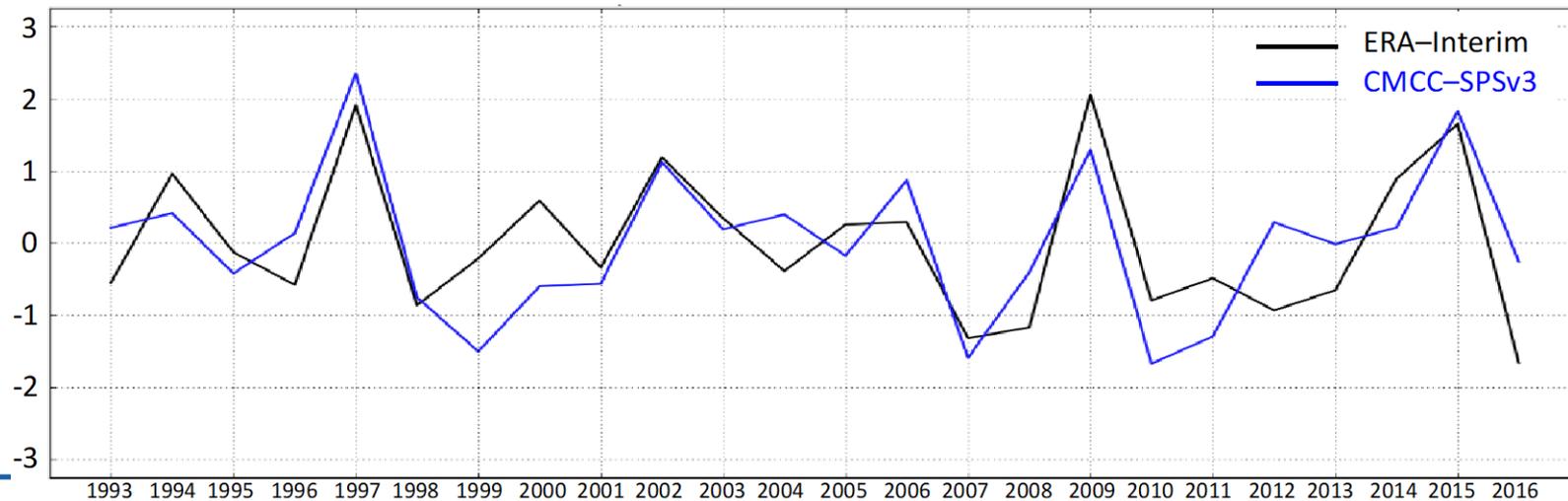


Il nuovo SPSv3: validazione

a) **NAO** for DJF anomalies, November start date $r = 0.3$ (0.5 1996 – 2011)



b) **PNA** for DJF anomalies, November start date $r = 0.7$ (0.8 1996 – 2011)



Sommario e conclusioni

- Abbiamo presentato il nuovo sistema di previsioni stagionali del CMCC (SPSv3) e illustrato e brevemente discusso le sue performance.
- La valutazione del sistema è basata sul periodo di “re-forecasts” di 24-anni, utilizzando un ensemble di 40-membri forecast di 6-mesi dal 1993 al 2016.
- Lo skill del sistema previsionale è stato misurato oggettivamente in termini metriche quali ACC e ROC score e presentato per T2m e precipitazione
- Il sistema dimostra una particolare skill nella previsione dell'ENSO.
- CMCC–SPSv3 si dimostra un sistema previsionale avanzato, in grado di produrre forecast operativi con skill oggettivamente misurabile sia ai Tropics che alle medie latitudini.
- CMCC–SPS3.5 è attualmente in fase di realizzazione: la principale differenza è la nuova risoluzione dell’atmosfera 0.5 x 0.5.
- CMCC–SPS4 è in fase di sviluppo : un sistema senza soluzione di continuità da sub-seasonal a seasonal a decadali.

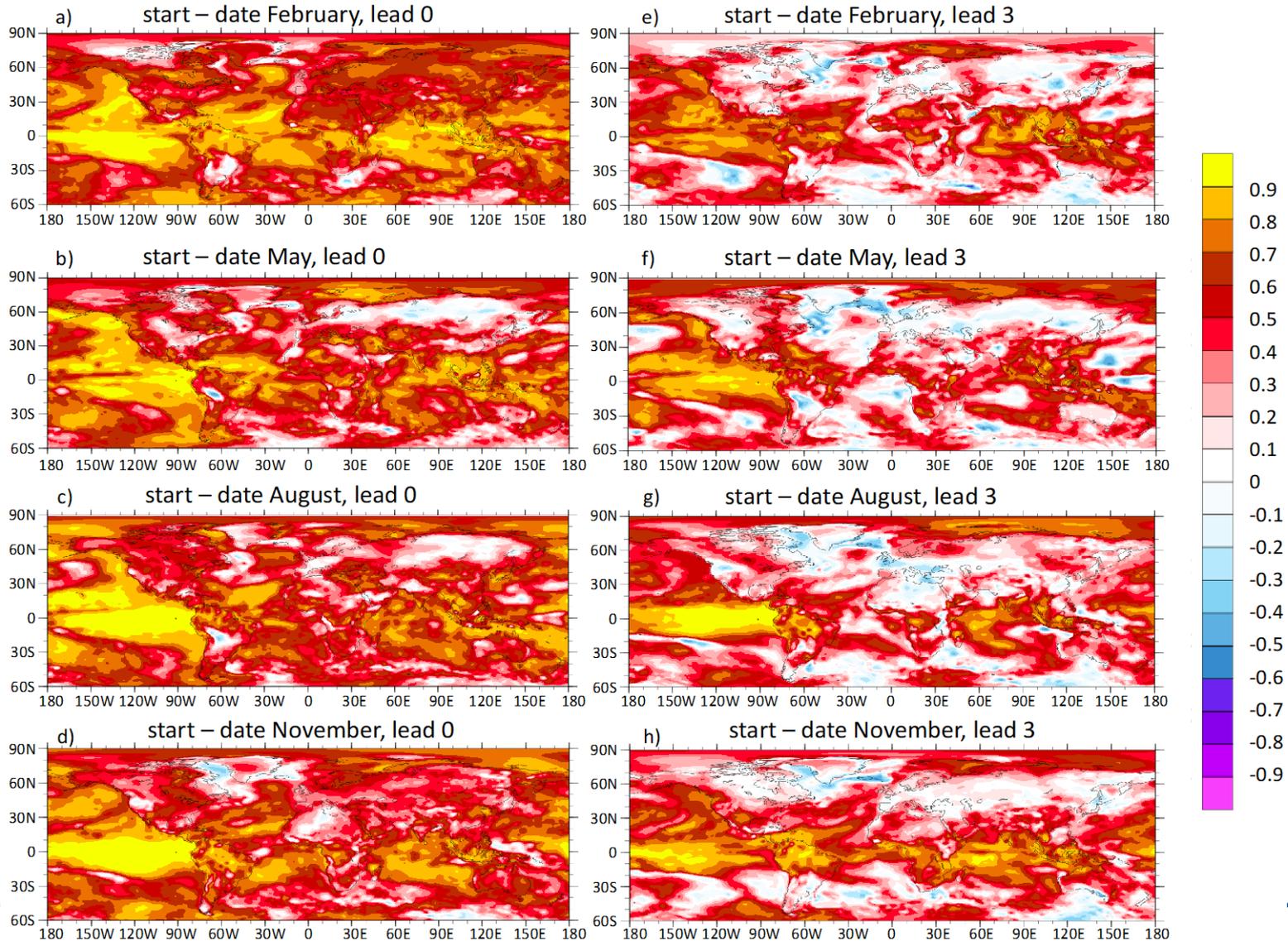


Grazie



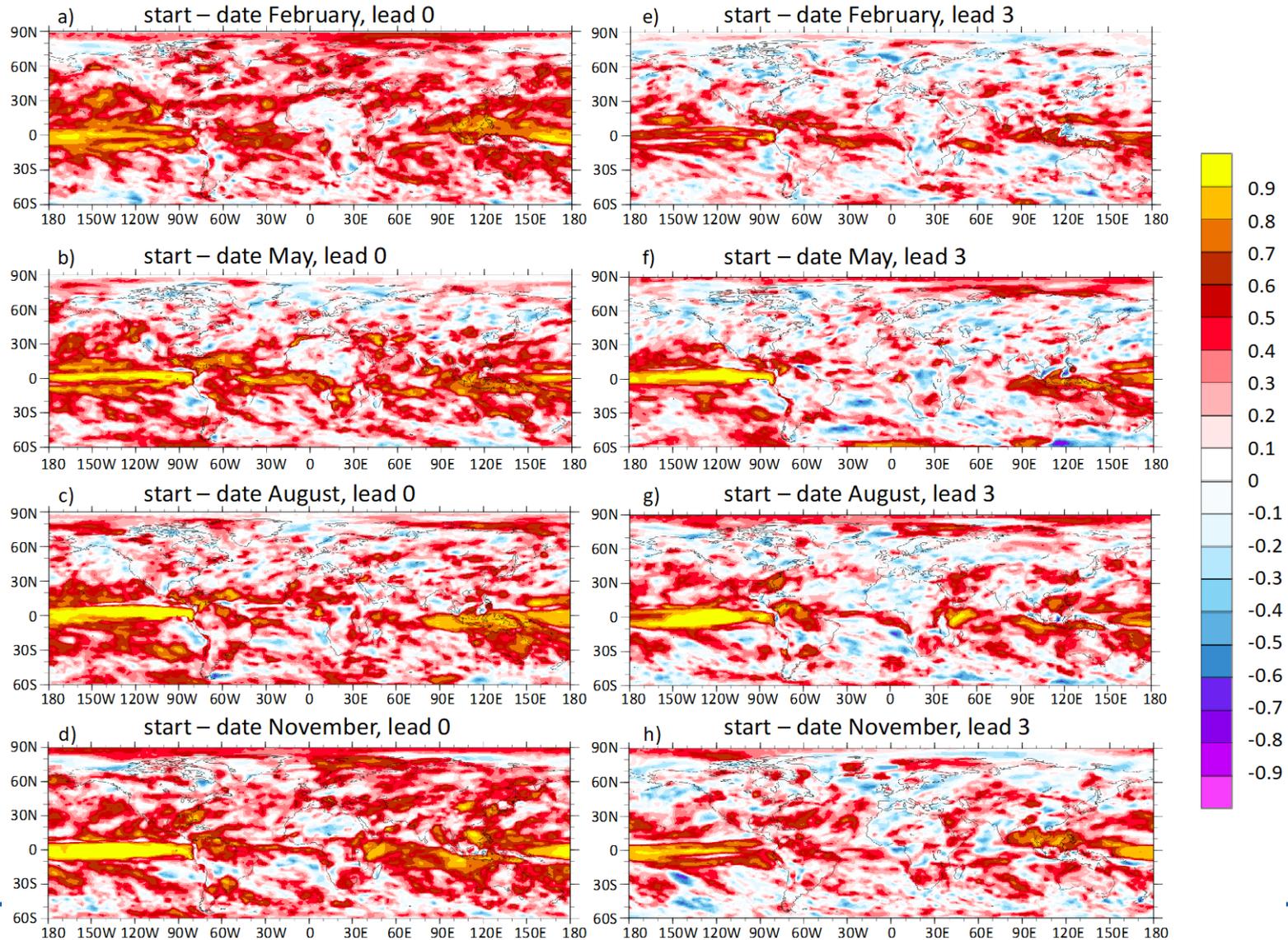
The new SPS.v3: evaluation

T2m Anomaly Correlation (predicted and observed anomalies 1993–2016)



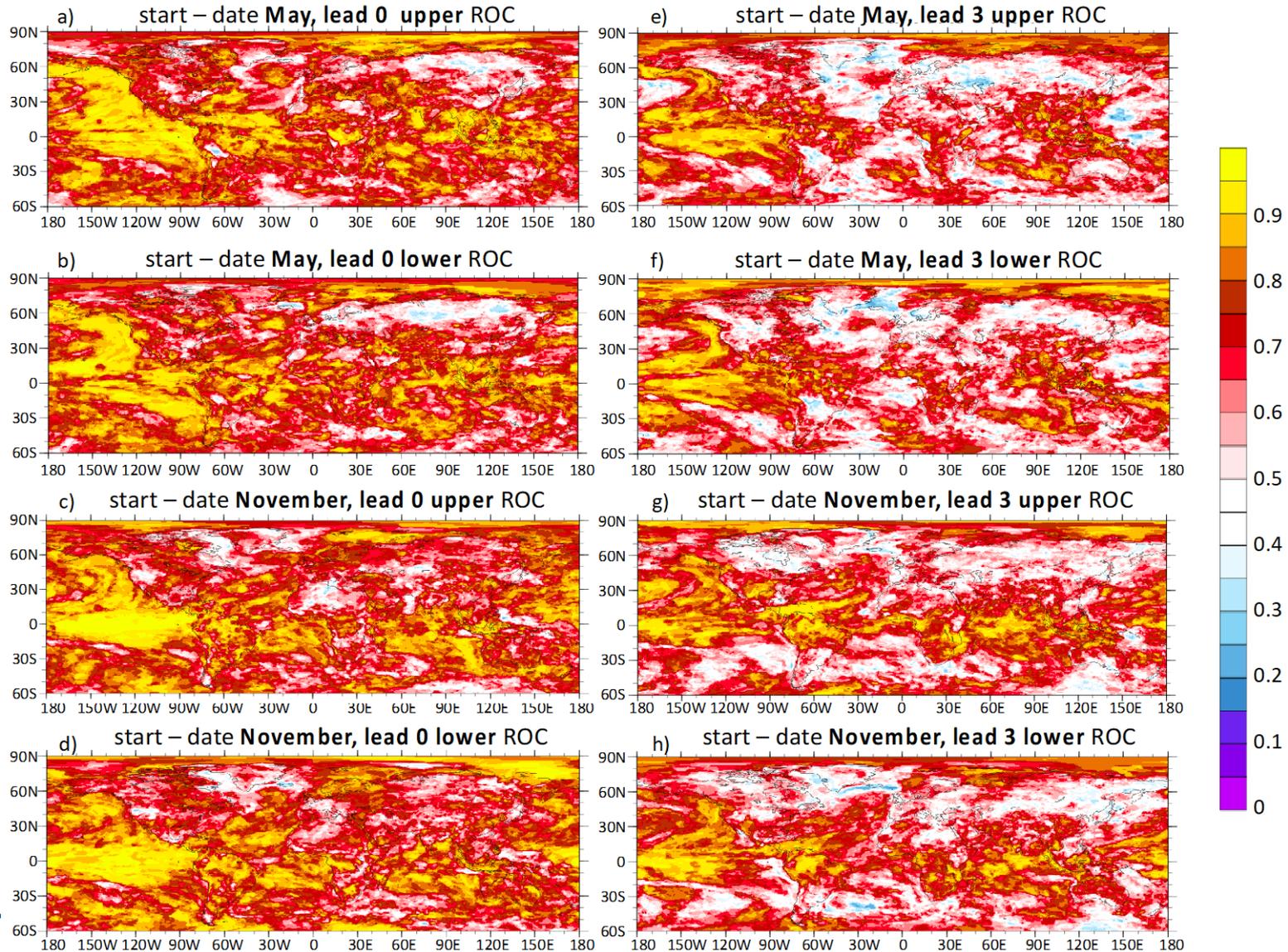
The new SPS.v3: evaluation

Prec Anomaly Correlation (predicted and observed anomalies 1993–2016)



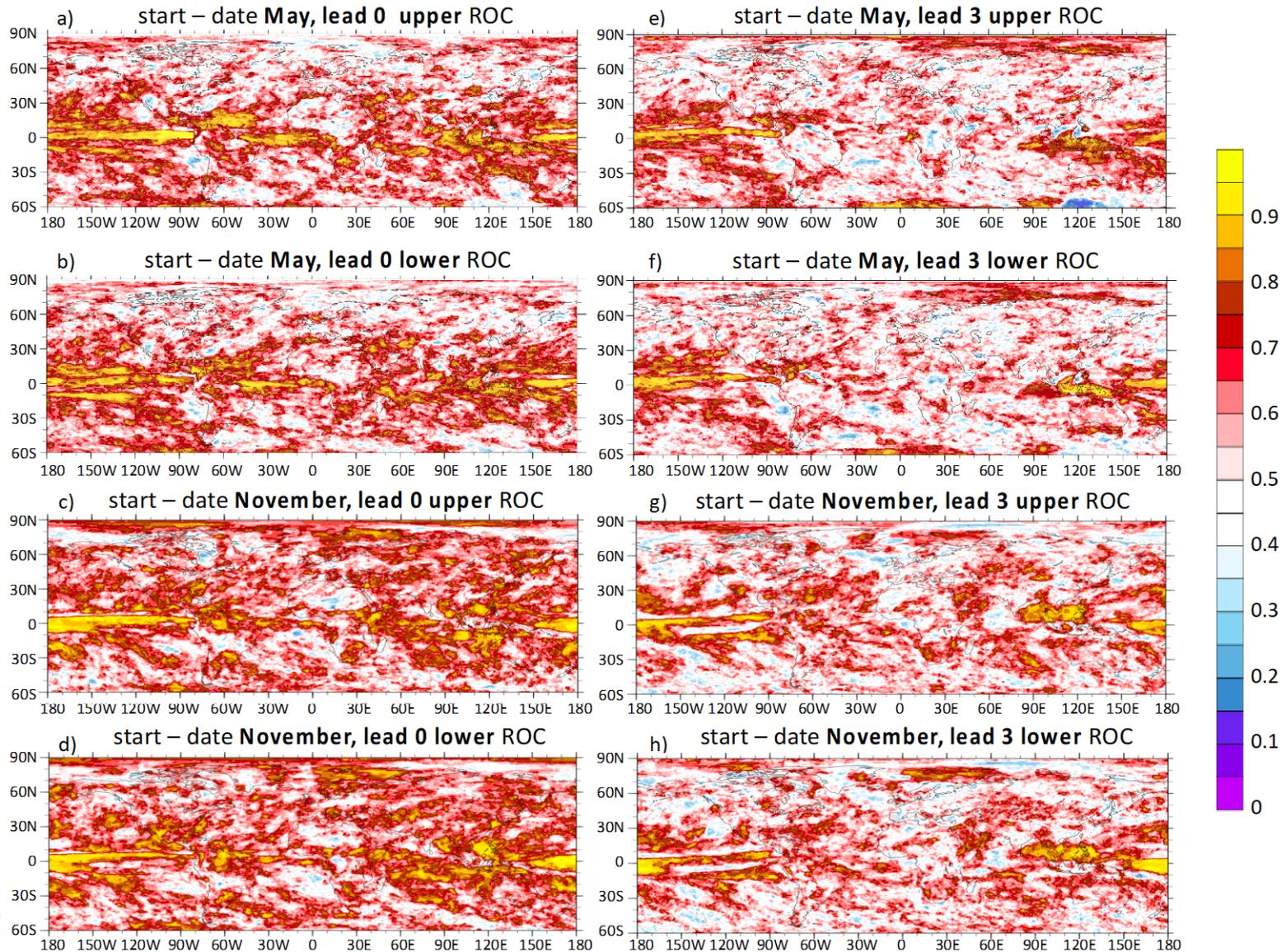
The new SPS.v3: evaluation

T2m Relative Operating Characteristics (ROC) Score 1993–2016



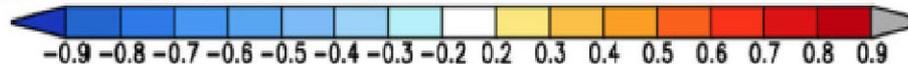
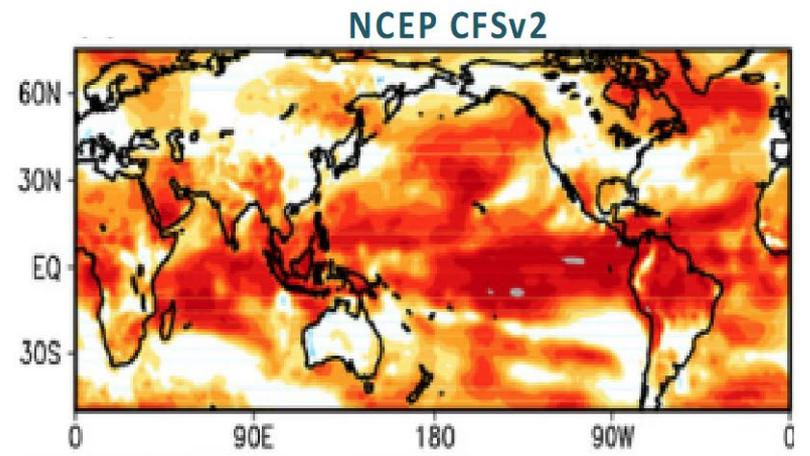
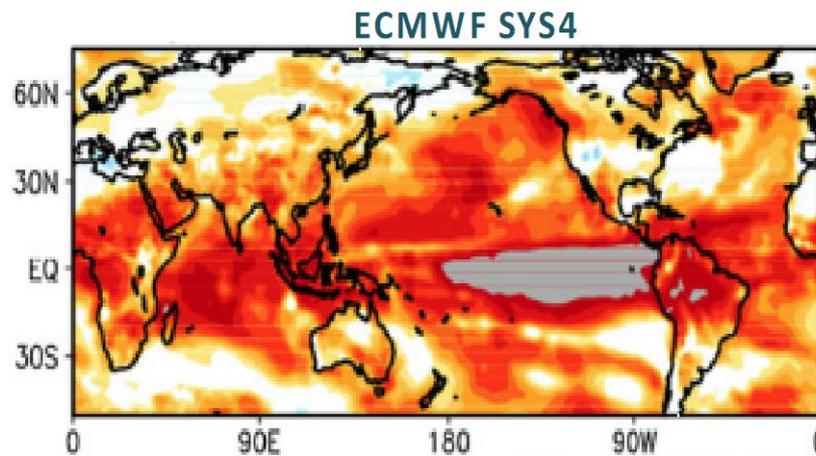
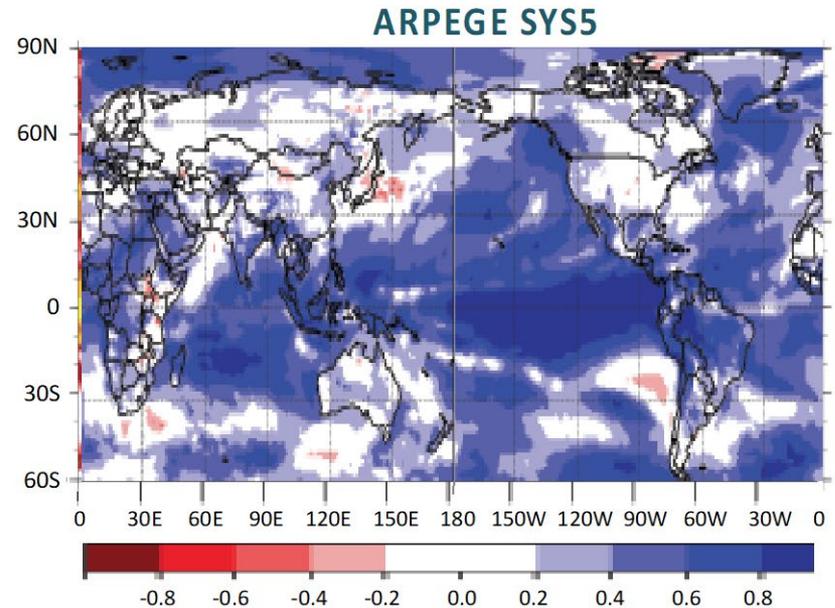
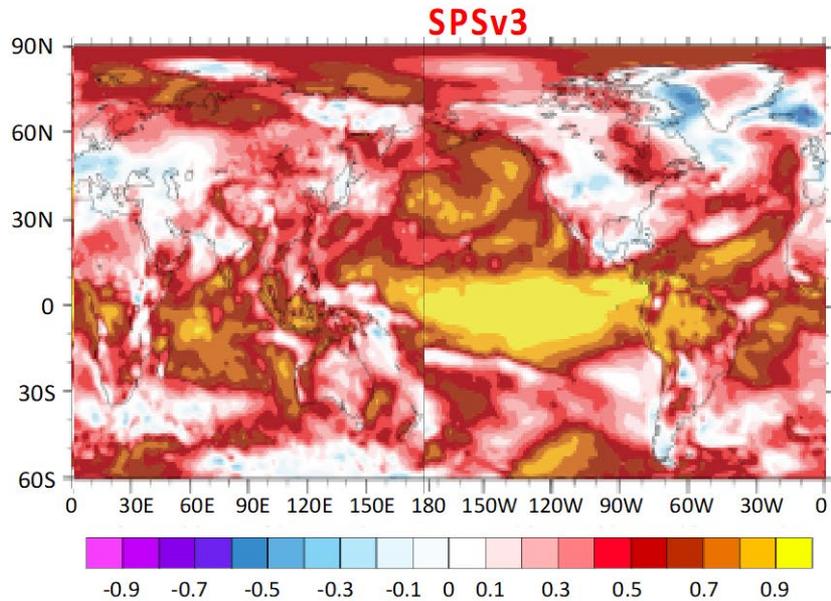
The new SPS.v3: evaluation

Prec Relative Operating Characteristics (ROC) Score 1993–2016



The new SPS.v3: evaluation

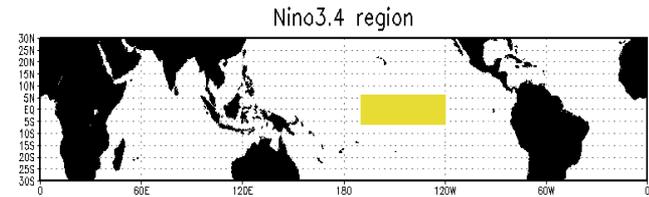
ACC for three-monthly mean T2m, November start date, lead 1



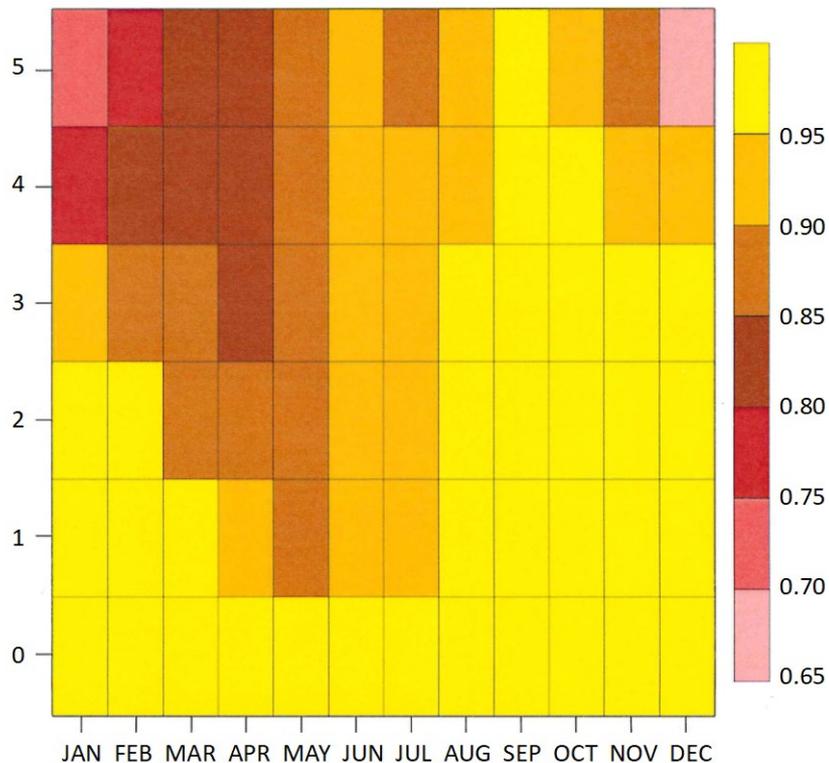
The new SPS.v3: evaluation

SST anomalies in the NINO 3.4 region

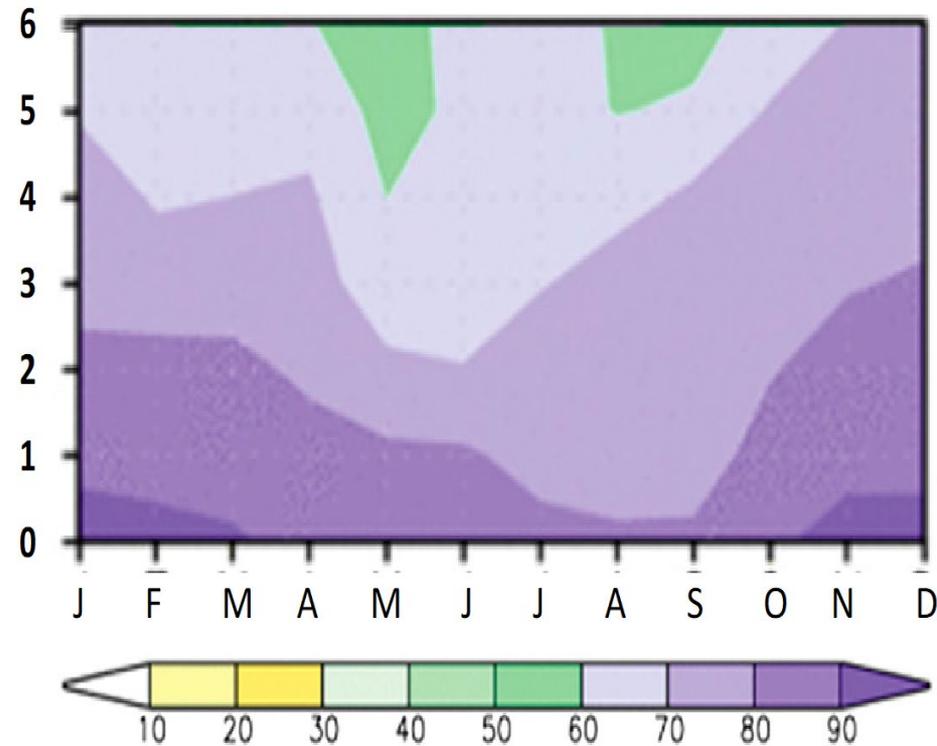
NINO3.4 index ACC



SPSv3

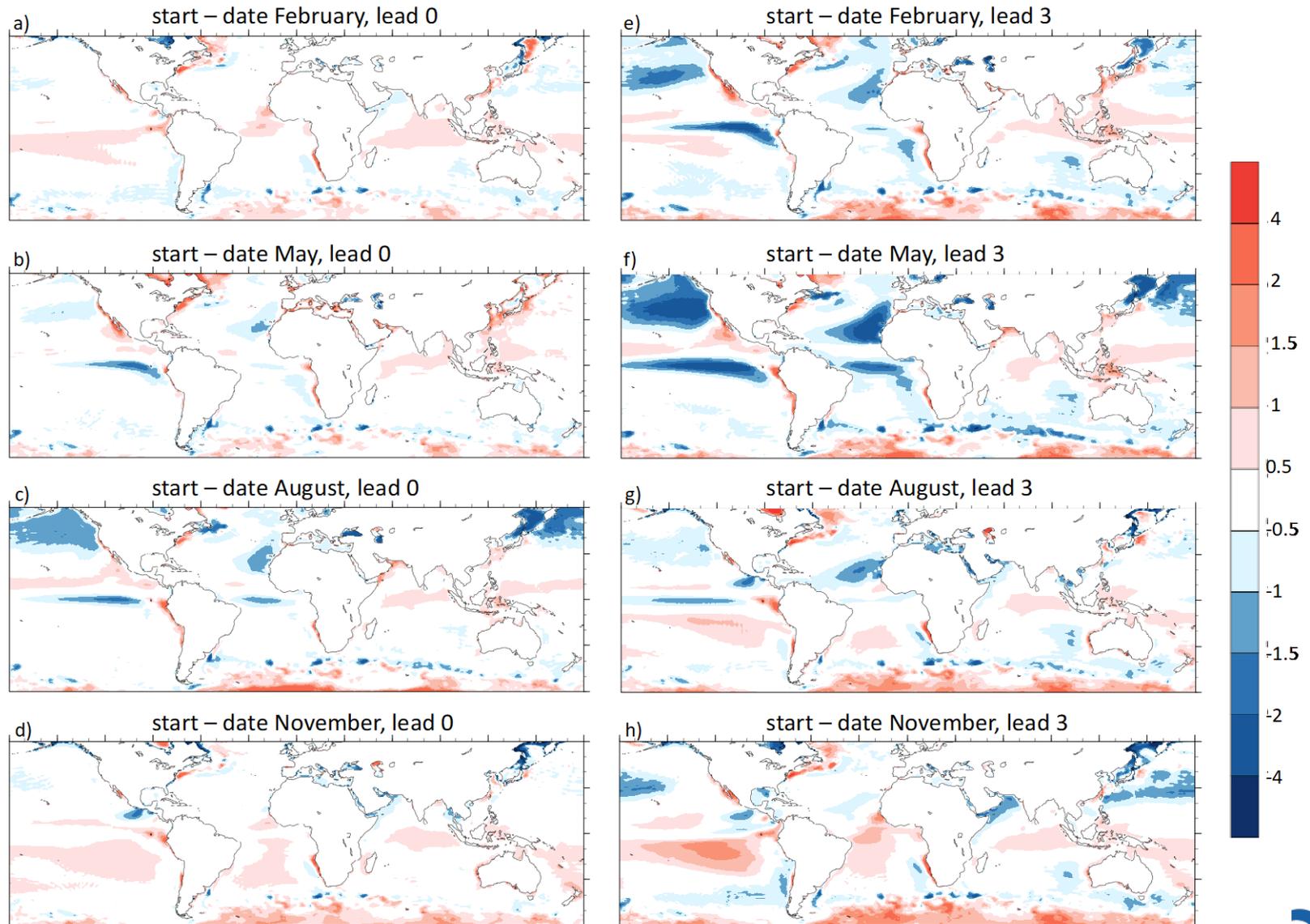


CFSv2



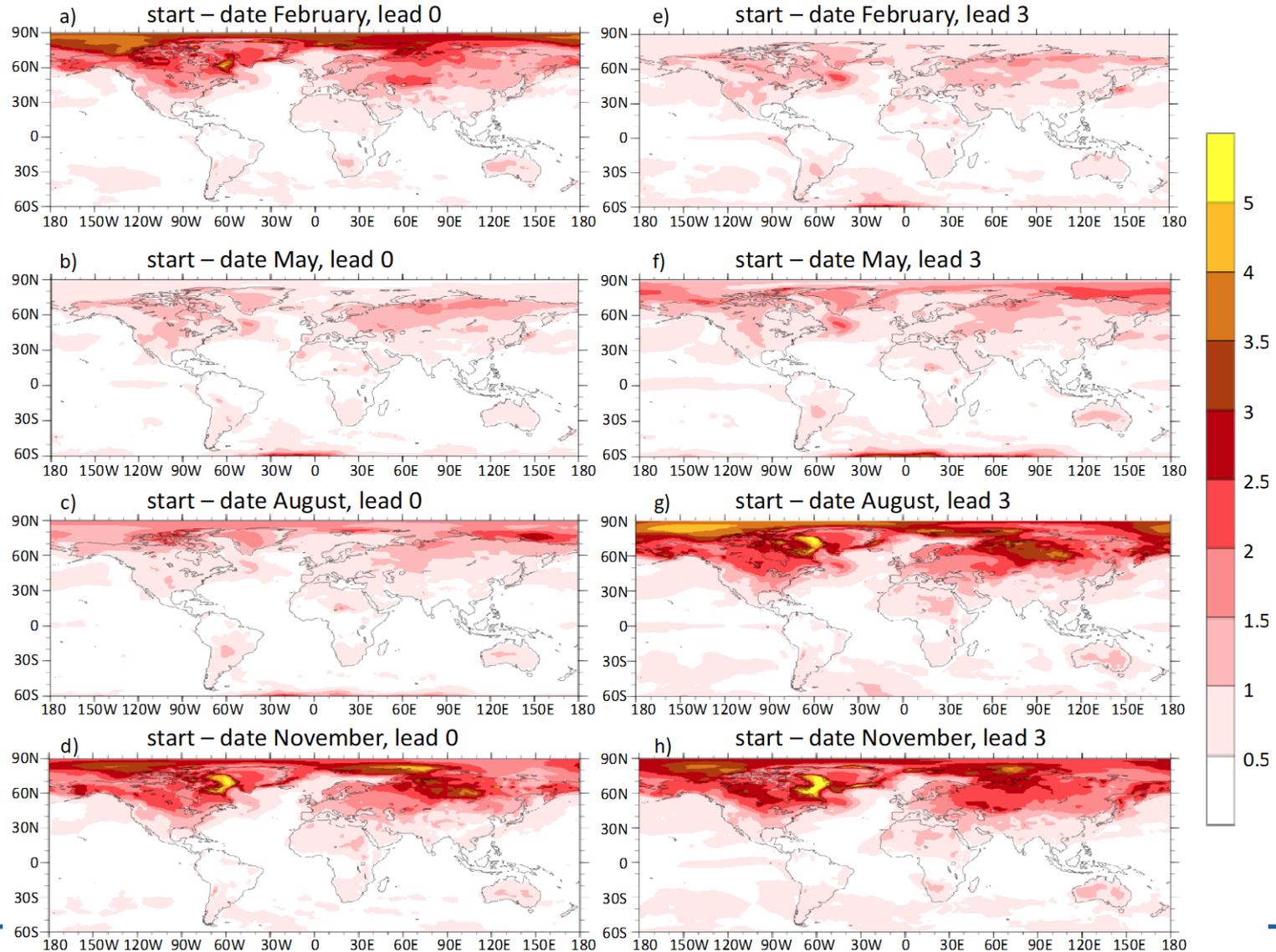
The new SPS.v3: evaluation

SST bias: SPSv3 – ERAI



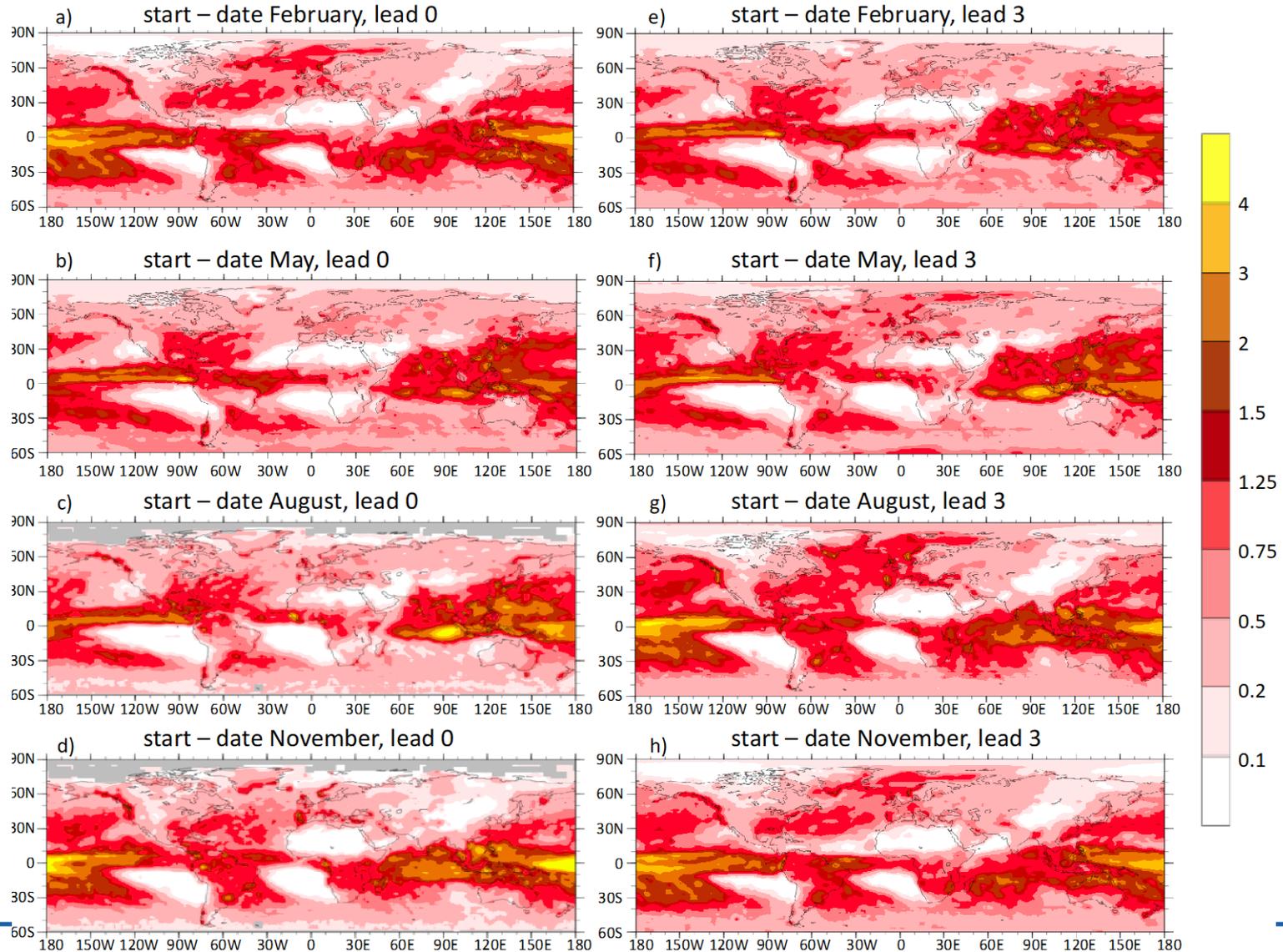
The new SPS.v3: evaluation

2mT RMSE



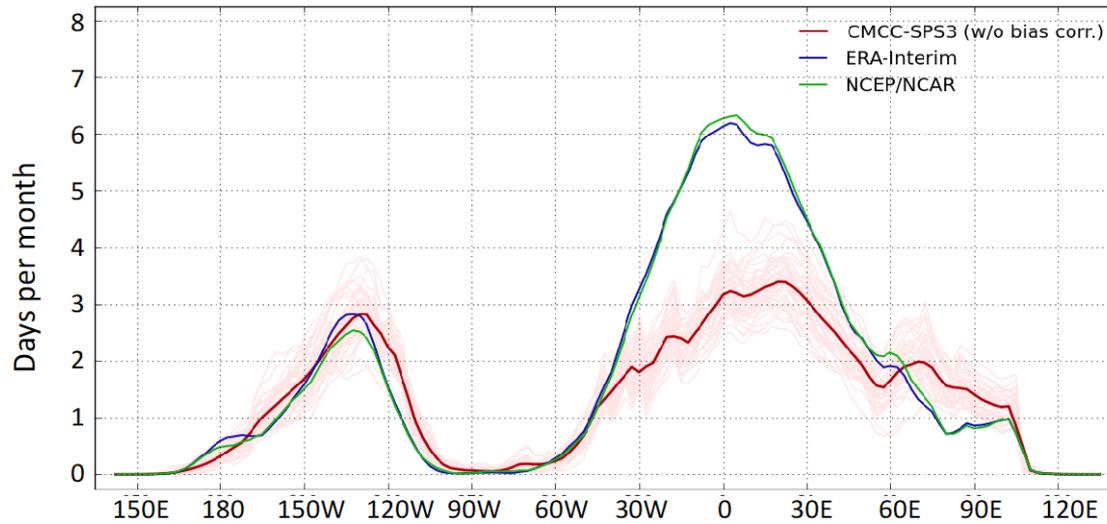
The new SPS.v3: evaluation

Precipitation RMSE



The new SPS.v3: evaluation

a) Blocking frequency in DJF (no bias correction)



b) Blocking frequency in DJF (bias correction)

