



# Regionalizzazione degli scenari futuri

**Daniele Cane**  
**Christian Ronchi**

Dipartimento Sistemi Previsionali

Hanno collaborato:  
**Simona Barbarino**  
**Luisa Renier (IPLA Spa)**



# Sommario

- Introduzione
- Multimodel SuperEnsemble
- Validazione dei risultati
- Scenario: metà del XXI secolo
- Potenziale incendi boschivi
- Conclusioni



# Scenari climatici e impatti

**Scenari economici**

- Popolazione, industrializzazione, scelte tecnologiche...

**Emissioni: effetti radiativi/chimici...**

- Forzanti climatiche: gas serra, aerosol, uso del suolo...

**GCM**

- Modelli di circolazione globale (atmosfera, oceano, criosfera... ~ 150 km)

**RCM**

- Modelli climatici regionali ad alta risoluzione (~ 25 km)

**Downscaling**

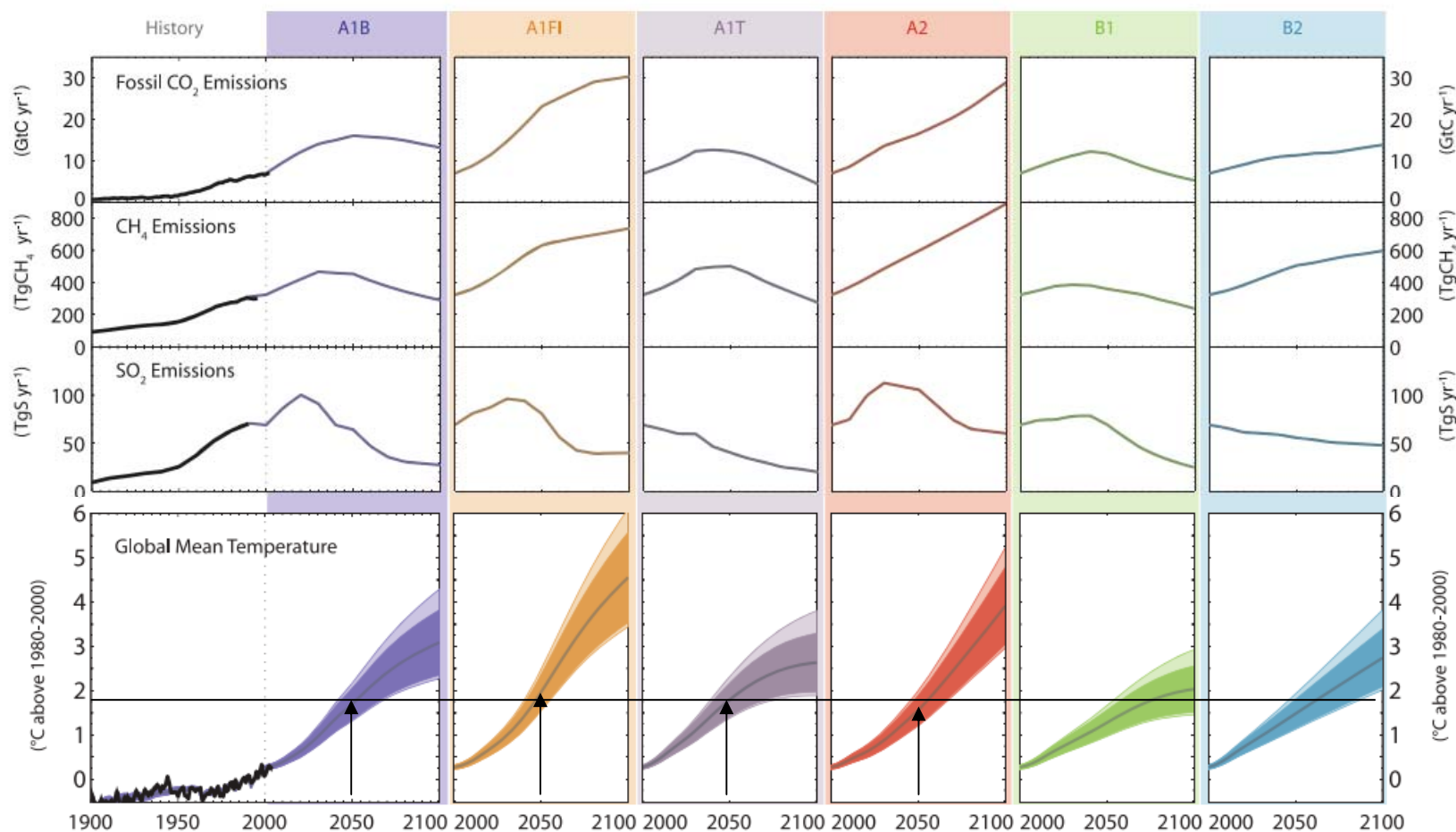
- Statistico (quantile mapping, multi-model...), stocastico...

**Valutazione impatti**

- Modelli di impatto (fisici, ambientali, biologici...)



# Scenari SRES dell'IPCC



Meehl, G.A., T.F. Stocker, W.D. Collins, P. Friedlingstein, A.T. Gaye, J.M. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J.M. Murphy, A. Noda, S.C.B. Raper, I.G. Watterson, A.J. Weaver and Z.-C. Zhao, 2007: Global Climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the **Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**



# Modelli Climatici Regionali

Progetto **ENSEMBLES** (<http://ensembles-eu.metoffice.com/>):  
 diversi modelli climatici regionali girati su diversi modelli  
 climatici globali, scenario **A1B**.

Modelli scelti per la regionalizzazione:

Modello climatico Regionale	Modello climatico Globale	Istituzione
HIRHAM5	Arpege	DMI
REGCM3	ECHAM5	ICTP
HadRM3Q0	HadCM3Q0	Hadley Center
RM4.5	Arpege	CNRM
CLM	HadCM3Q0	ETH Zurich
RACMO2	ECHAM5	KNMI
REMO	ECHAM5	Max Plank Institute



# Modelli Climatici Regionali

Dati disponibili:

- Runs su reanalisi di ERA-40 ECMWF (1961-2000)
- Runs su GCM/scenario A1B (1961-2100)
- Osservazioni spazializzate con Optimal Interpolation sul Piemonte
  
- dati giornalieri
- modelli interpolati sulla stessa griglia dell'Optimal Interpolation (~ 14 km)



# Multimodel SuperEnsemble

Poor Man Ensemble

$$S = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N F_i$$

Multimodel Ensemble

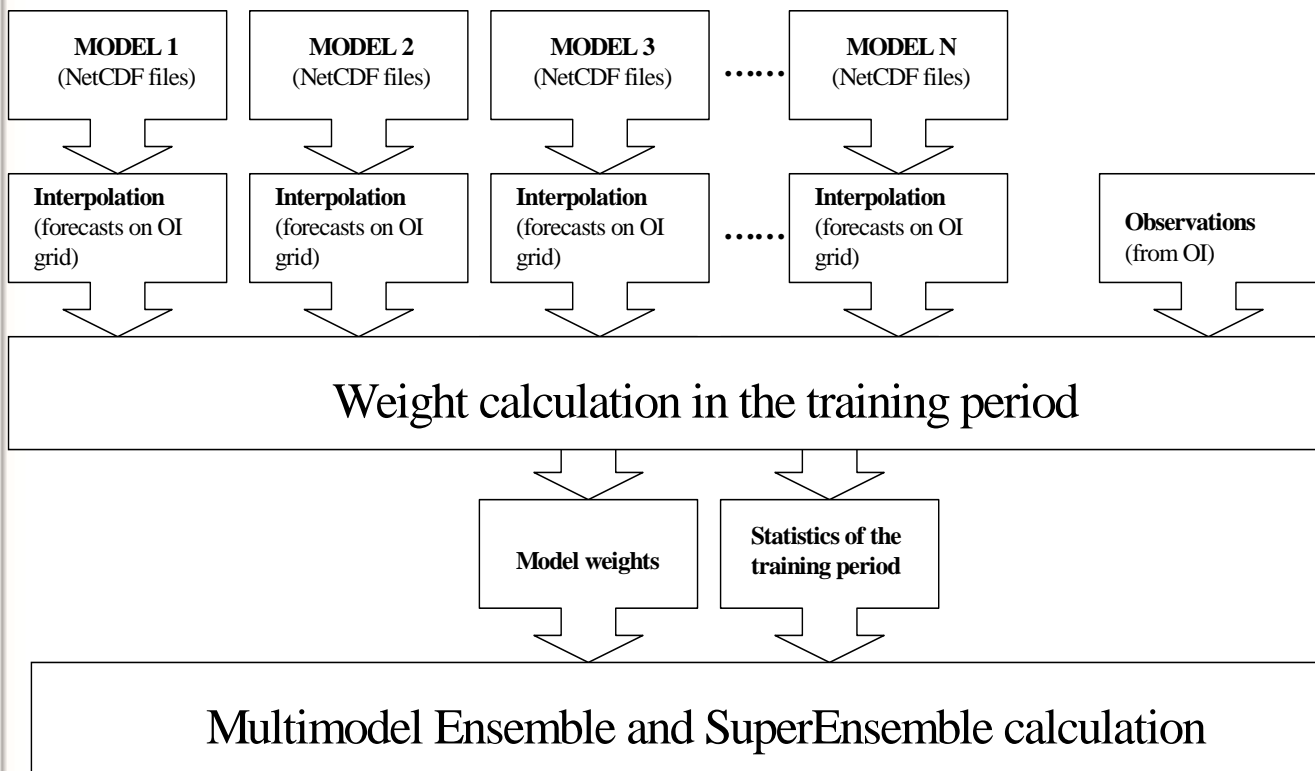
$$S = \bar{O} + \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (F_i - \bar{F}_i)$$

Multimodel SuperEnsemble

$$S = \bar{O} + \sum_{i=1}^N a_i (F_i - \bar{F}_i)$$

Probabilistic Multimodel Dressing

# Multimodel SuperEnsemble



**Temperatura  
 minima e  
 massima**

Pesi calcolati con  
 minimizzazione di  
 Gauss-Jordan

$$S = \bar{O} + \sum_{i=1}^N a_i (F_i - \bar{F}_i)$$

Krishnamurti T.N. et al., "Improved weather and seasonal climate forecasts from Multimodel SuperEnsemble", Science 285, 1548-1550, 1999

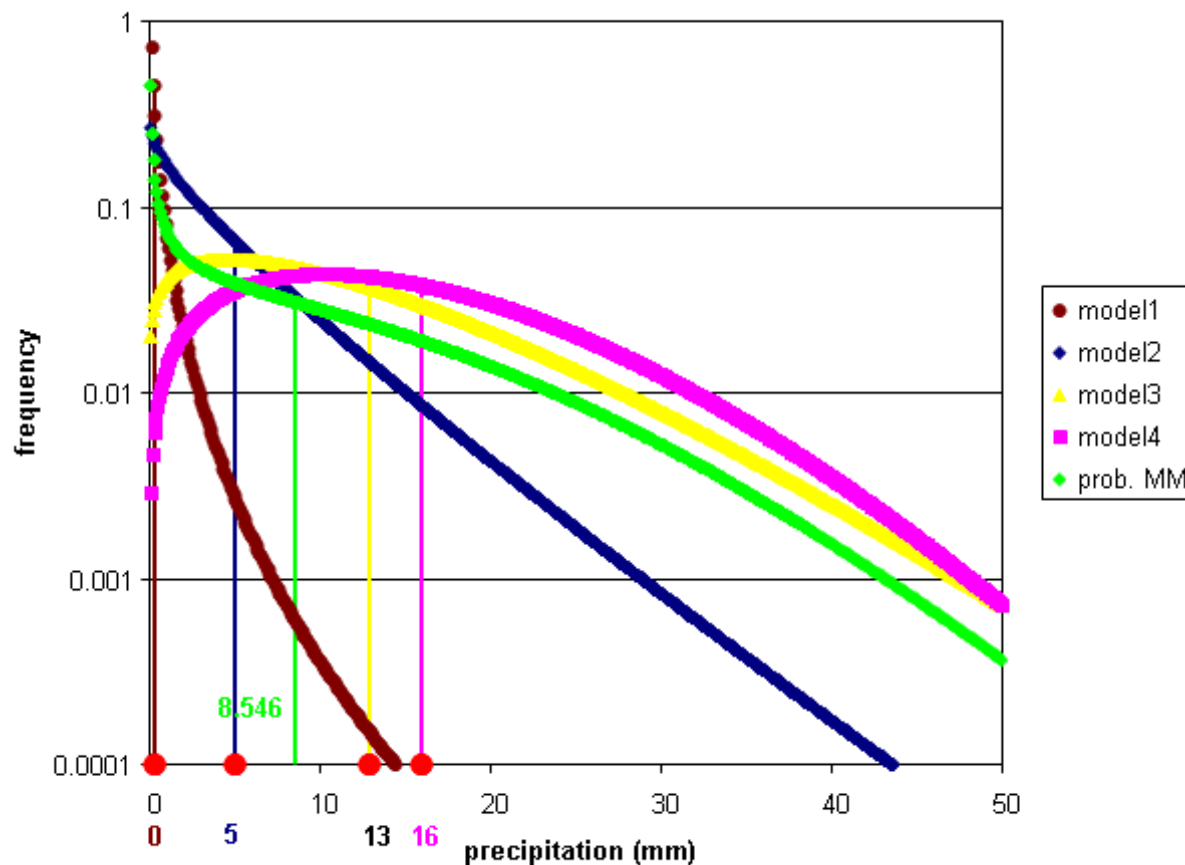
Cane D., Milelli M., "Weather forecasts obtained with a Multimodel SuperEnsemble Technique in a complex orography region", Meteorologische Zeitschrift, Vol. 15, No. 2, 207-214, 2006





# Multimodel SuperEnsemble

## Precipitazione



Ad ogni previsione del modello associamo la Funzione di Densità di Probabilità (PDF) empirica condizionata alle osservazioni e calcoliamo la media (pesata) delle PDF di ciascun modello.

I pesi sono calcolati con l'inverso del Continuous Ranked Probability Score nel periodo di controllo.

Per ogni giorno dello scenario, un valore di precisione è estratto dalla serie in modo casuale dalla PDF.

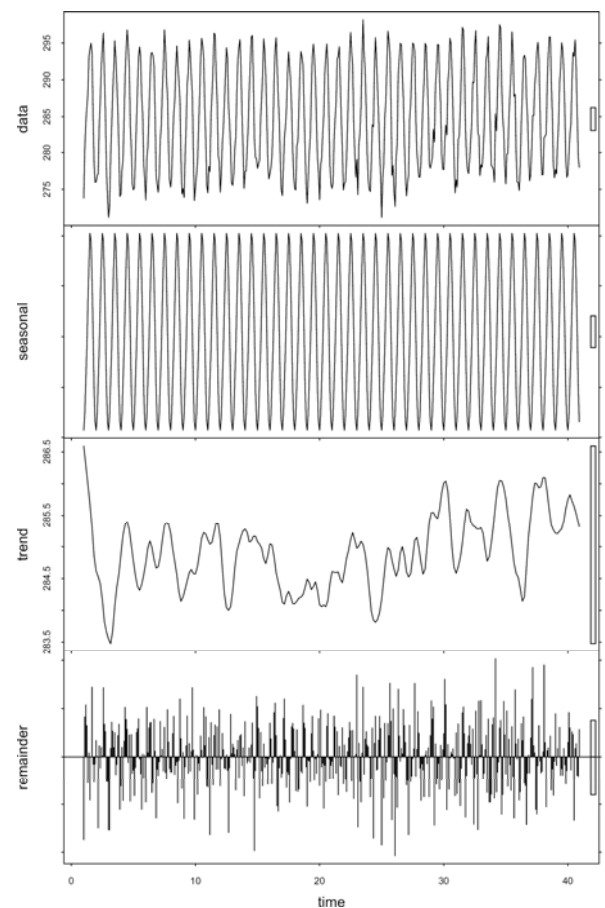


# Validazione dei risultati

Un esempio di decomposizione del segnale utilizzando la Seasonal Decomposition of Time Series by LOESS (Cleveland et al., 1990).

I dati originali sono giornalieri, ma le statistiche sono effettuate su base mensile

## Temperatura massima

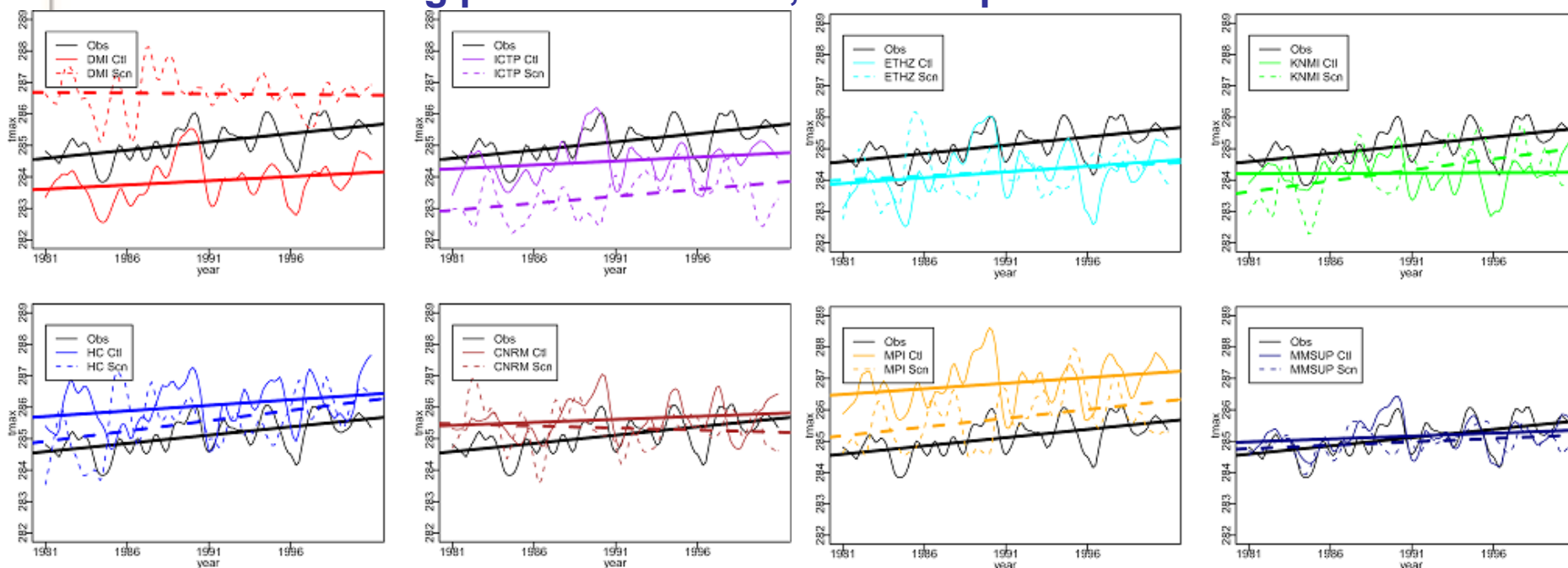


Training period 1961-1980, forecast period 1981-2000



# Validazione dei risultati

Training period 1961-1980, forecast period 1981-2000.

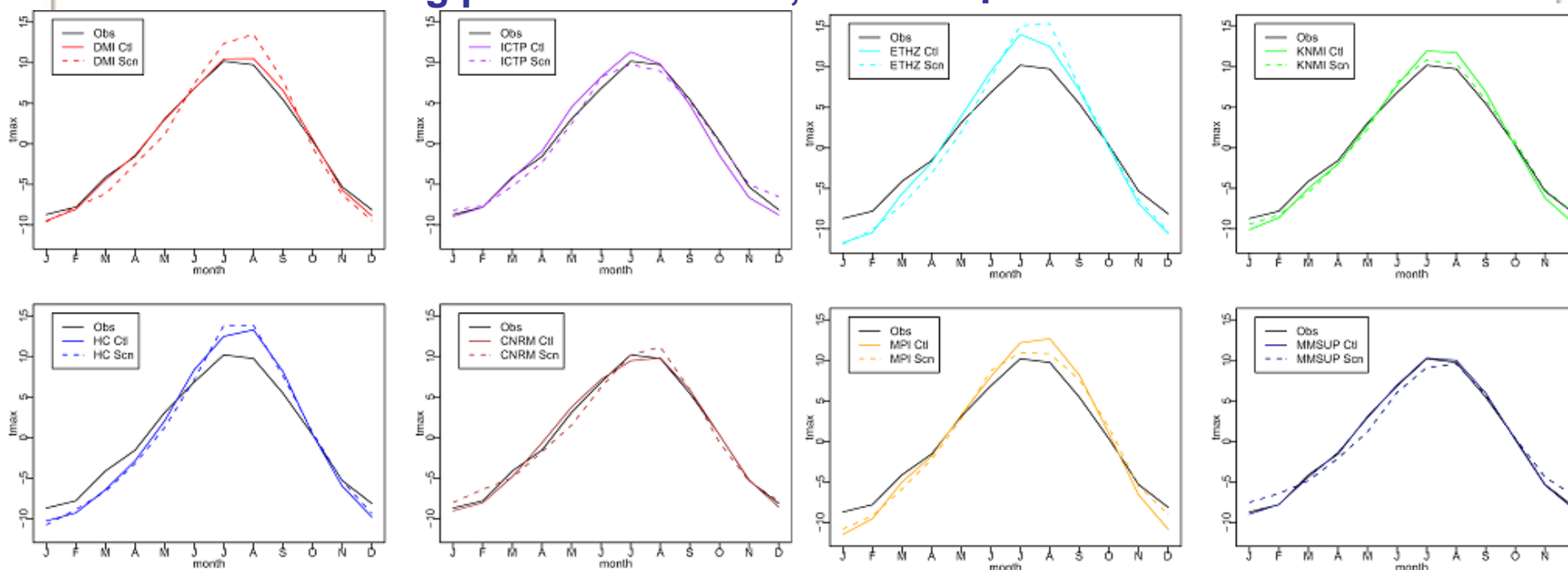


**Temperatura massima: trend calcolati con la Seasonal Decomposition of Time Series by Loess per le osservazioni (linee nere), le reanalisi (linee continue) e lo scenario (linee tratteggiate)**



# Validazione dei risultati

Training period 1961-1980, forecast period 1981-2000.

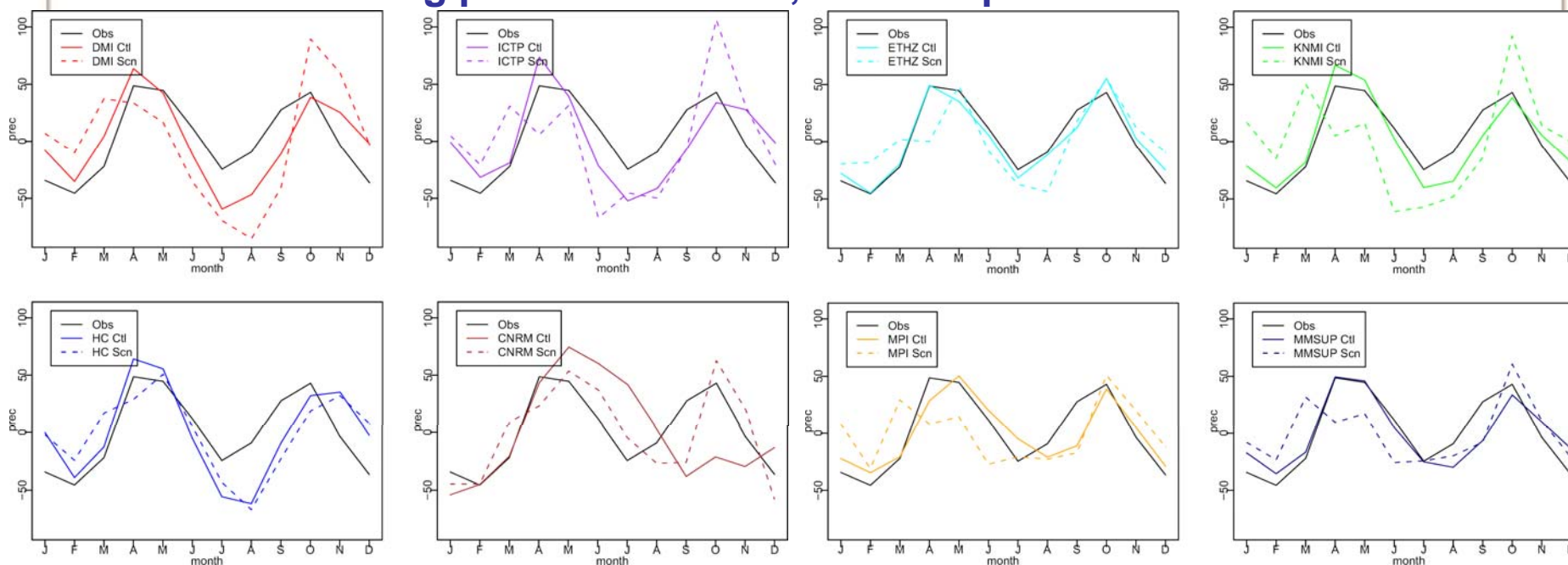


**Temperatura massima: andamento stagionale calcolato con la Seasonal Decomposition of Time Series by Loess per le osservazioni (linee nere), le reanalisi (linee continue) e lo scenario (linee tratteggiate)**



# Validazione dei risultati

Training period 1961-1980, forecast period 1981-2000.

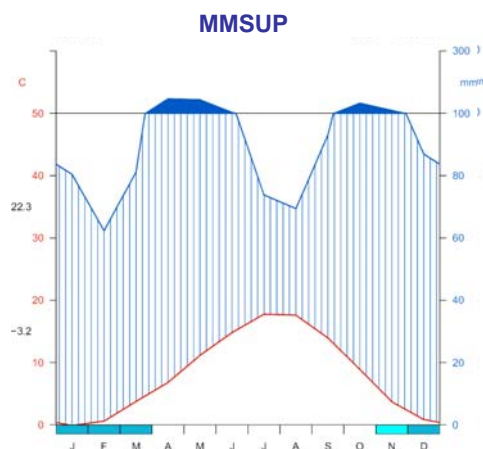


**Precipitazione: andamento stagionale calcolato con la Seasonal Decomposition of Time Series by Loess per le osservazioni (linee nere), le reanalisi (linee continue) e lo scenario (linee tratteggiate)**

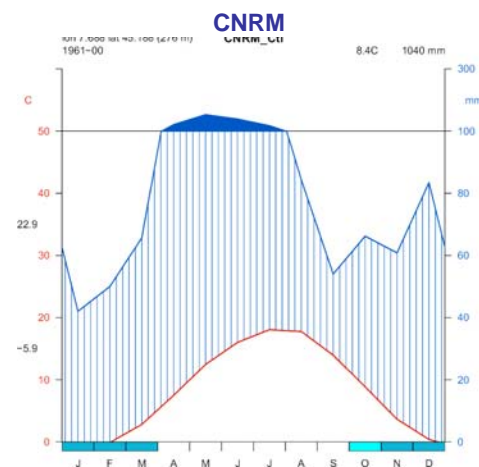
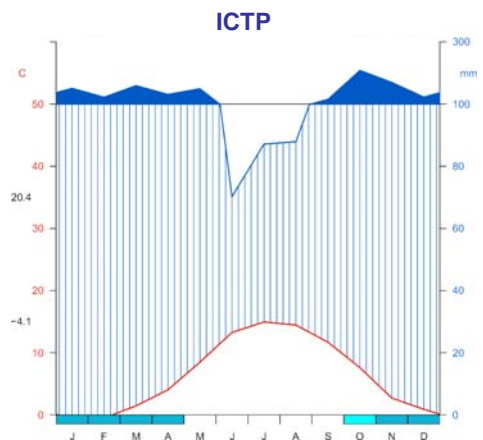
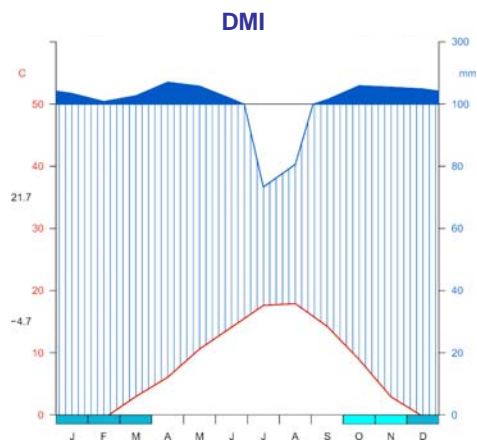


# Validazione dei risultati

Training period 1961-1980, forecast period 1981-2000.



**Precipitazione:  
diagrammi climatici di  
Walter and Lieth**

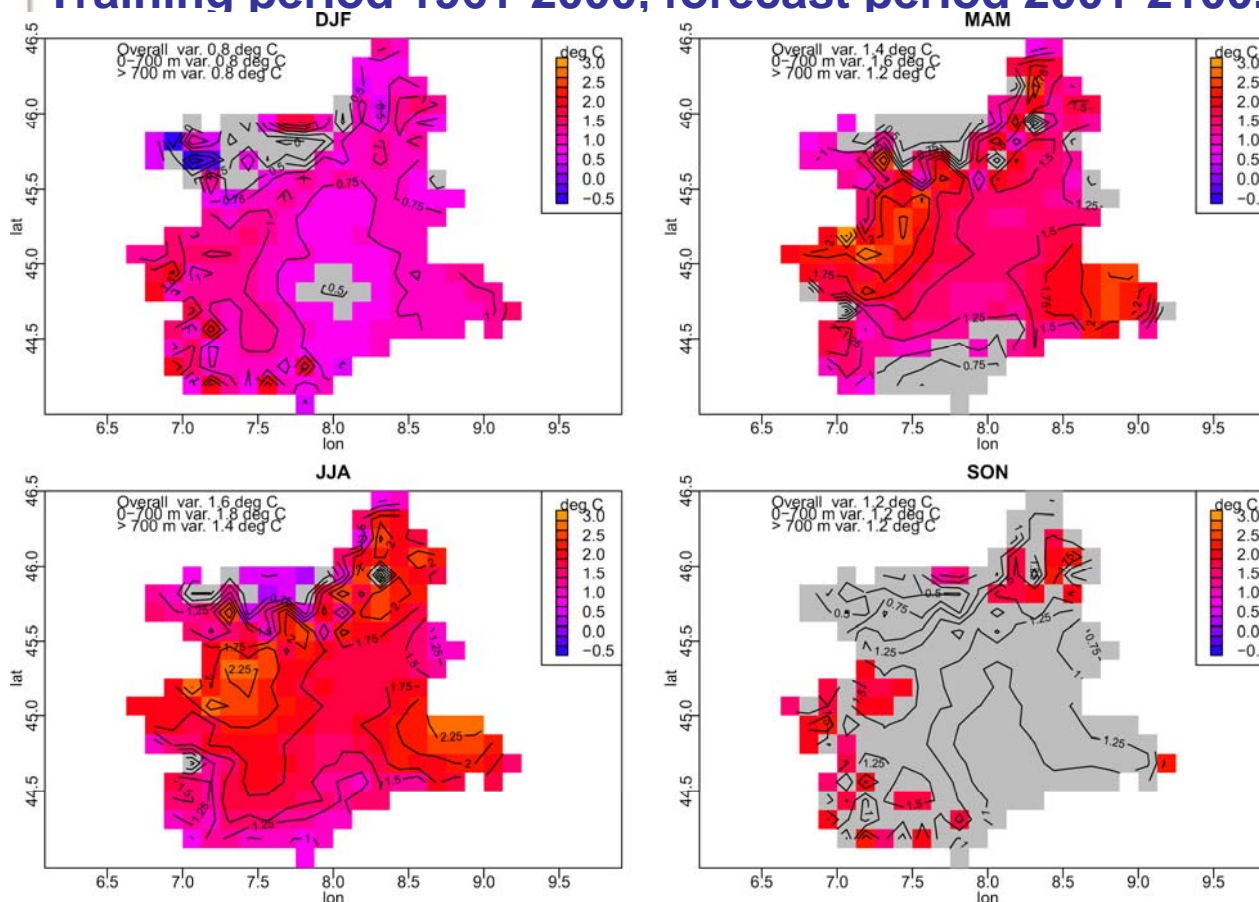






# Scenario: metà XXI secolo

Training period 1961-2000, forecast period 2001-2100.



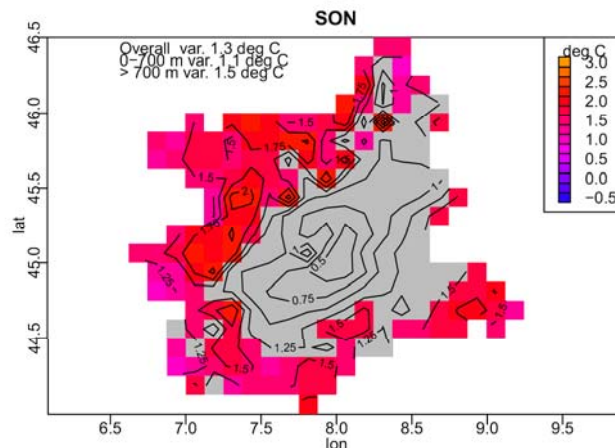
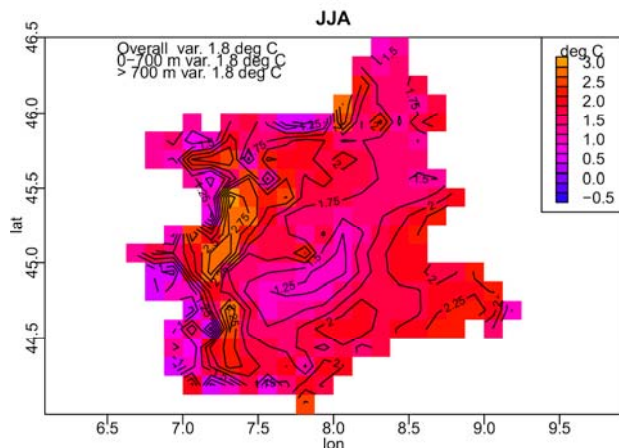
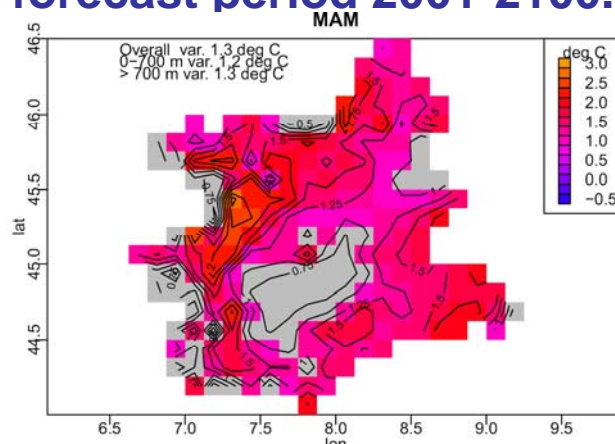
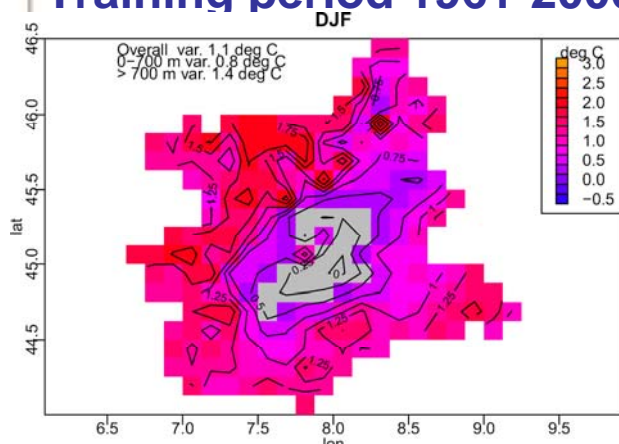
**Temperature massime:** differenza tra i valori dello scenario ottenuti con il Multimodel SuperEnsemble nel periodo **2031-2050** rispetto al periodo **1981-2000**, in funzione della stagione (T-test conf. level 95%).

**Le temperature massime aumentano; più sulle pianure che sulle montagne in primavera ed estate.**



# Scenario: metà XXI secolo

Training period 1961-2000, forecast period 2001-2100.



**Temperature minime:**  
 differenza tra i valori  
 dello scenario ottenuti  
 con il Multimodel  
 SuperEnsemble nel  
 periodo **2031-2050**  
 rispetto al periodo  
**1981-2000**, in funzione  
 della stagione (T-test  
 conf. level 95%).

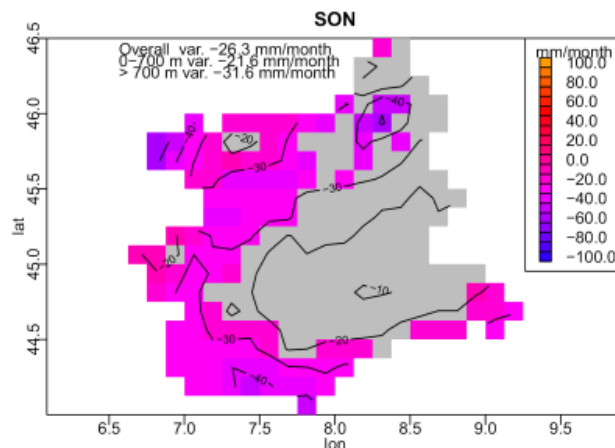
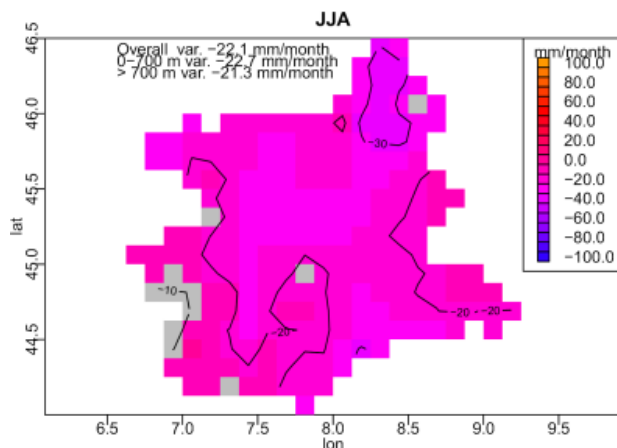
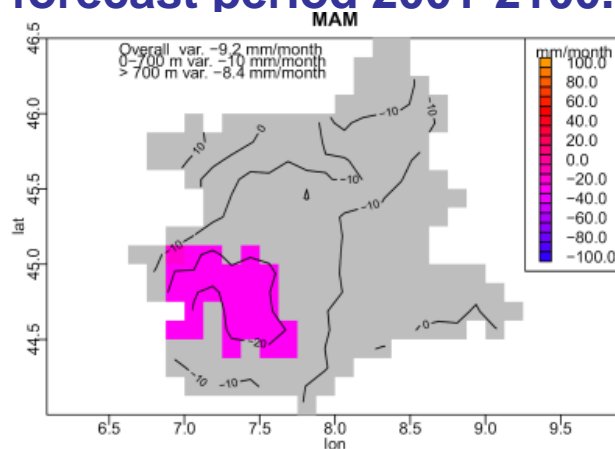
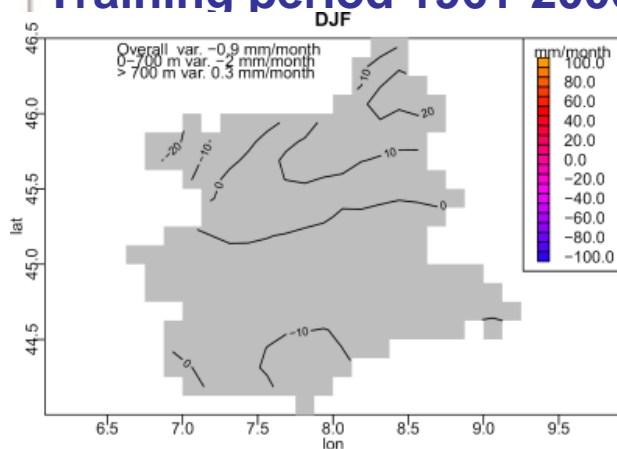
**Le temperature minime  
 aumentano; più sulle  
 montagne che sulle  
 pianure in autunno e  
 inverno.**





# Scenario: metà XXI secolo

Training period 1961-2000, forecast period 2001-2100.



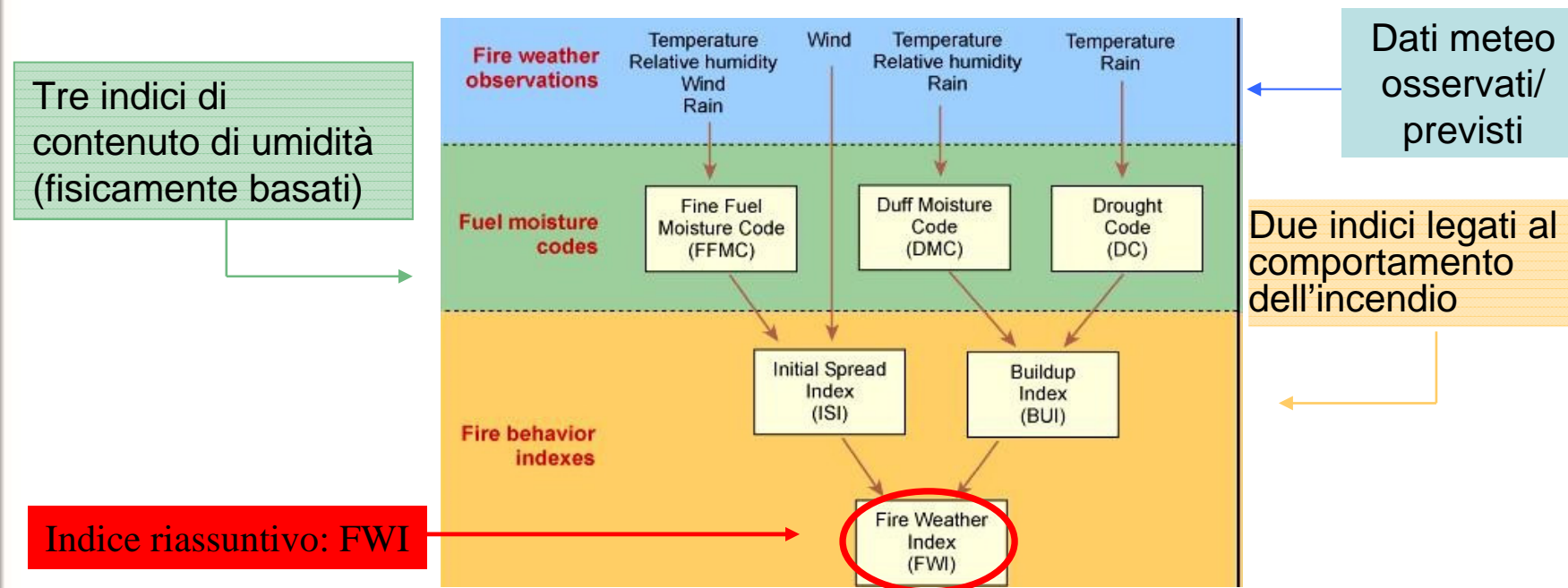
**Precipitazioni:**  
 differenza tra i valori  
 dello scenario ottenuti  
 con il Multimodel  
 SuperEnsemble nel  
 periodo **2031-2050**  
 rispetto al periodo  
**1981-2000**, in funzione  
 della stagione (T-test  
 conf. level 95%).

**Diminuzione  
 significativa delle  
 precipitazioni solo in  
 estate e autunno, più  
 forte in montagna.**



# Potenziale incendi boschivi

Arpa Piemonte produce quotidianamente un bollettino di pericolo incendi boschivi per il Settore di Protezione Civile e il Settore per le Politiche Forestali della Regione Piemonte utilizzando l'indice canadese Fire Weather Index (FWI). L'FWI è basato sulla valutazione del contenuto di umidità dei combustibili che formano la lettiera e sull'effetto del vento sul comportamento dell'incendio.





# Potenziale incendi boschivi

## Osservazioni:

- Temperatura: Optimal Interpolation
- Precipitazione: Optimal Interpolation
- Umidità relativa: Poor Man Ensemble RCMs dalle reanalisi
- Velocità del vento: Poor Man Ensemble RCMs dalle reanalisi
- + **Numero di incendi boschivi registrati in Piemonte (1957-2009)**

## Scenario/reanalisi:

- Temperature: tmax (MM standard) da reanalisi/scenari
- Precipitazione: MM probabilistico da reanalisi/scenari
- Umidità relativa: Poor Man Ensemble RCMs da reanalisi/scenari
- Velocità del vento : Poor Man Ensemble RCMs da reanalisi/scenari

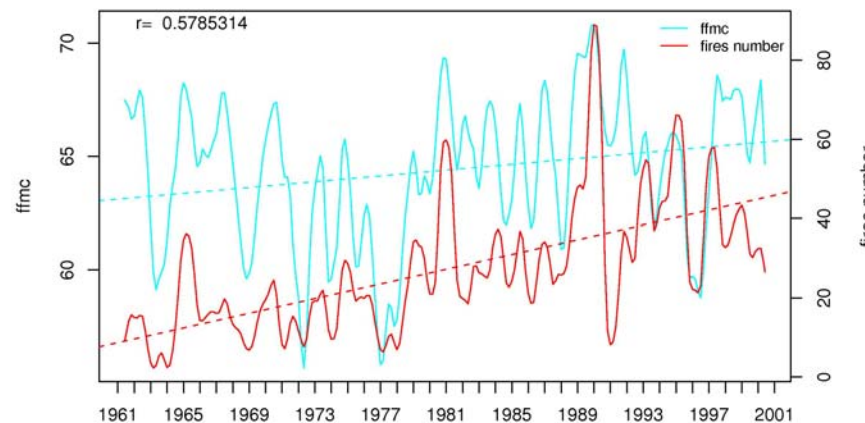
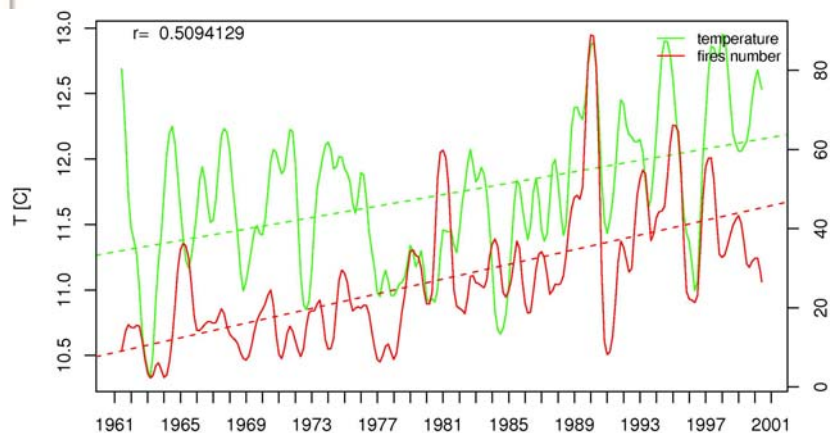


# Potenziale incendi boschivi

## Trend osservazioni 1961-2000

Temperatura massima

ffmc

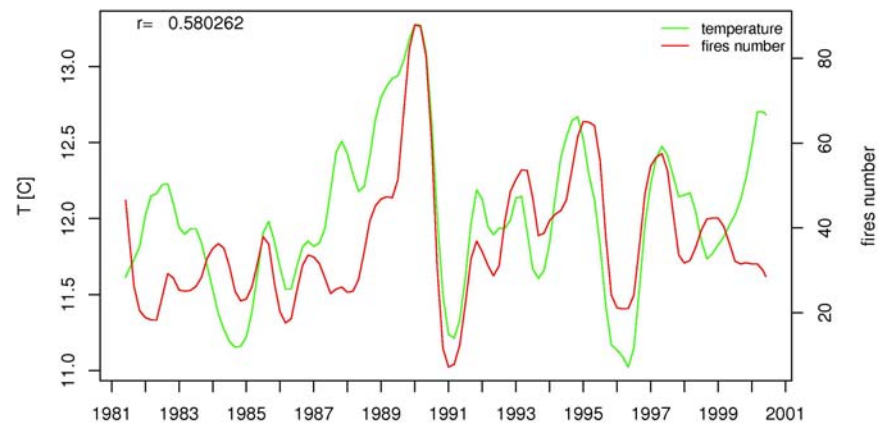
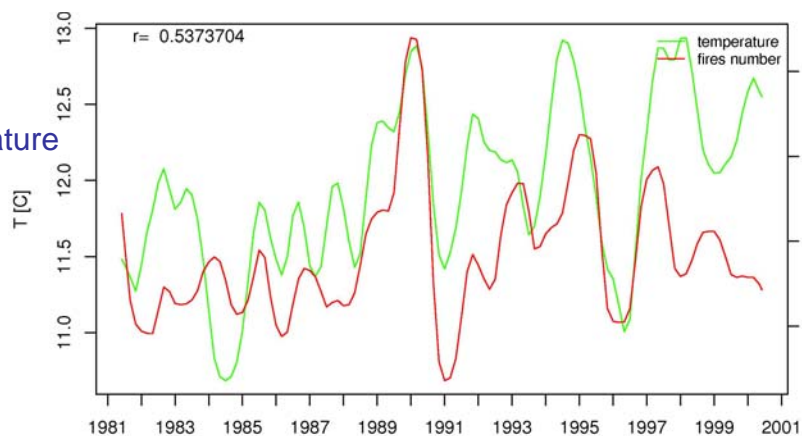


**Il 90% degli incendi boschivi in Piemonte ha una causa antropica, ma vi è una forte relazione tra il potenziale di incendi boschivi e il numero di incendi**

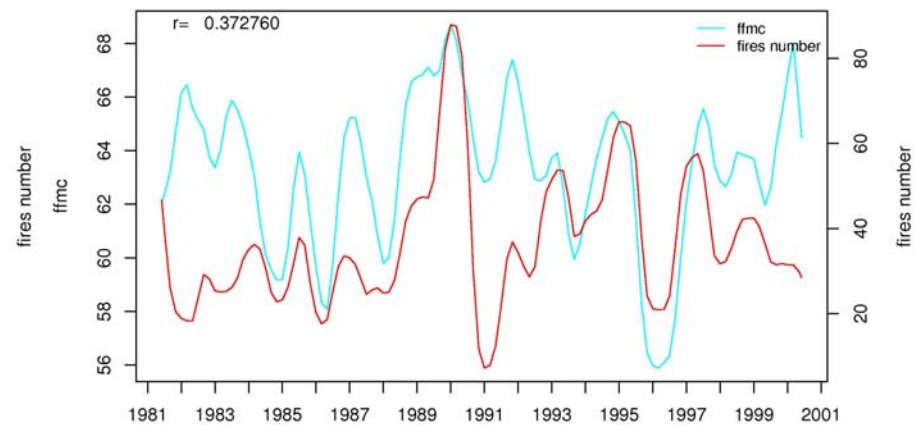
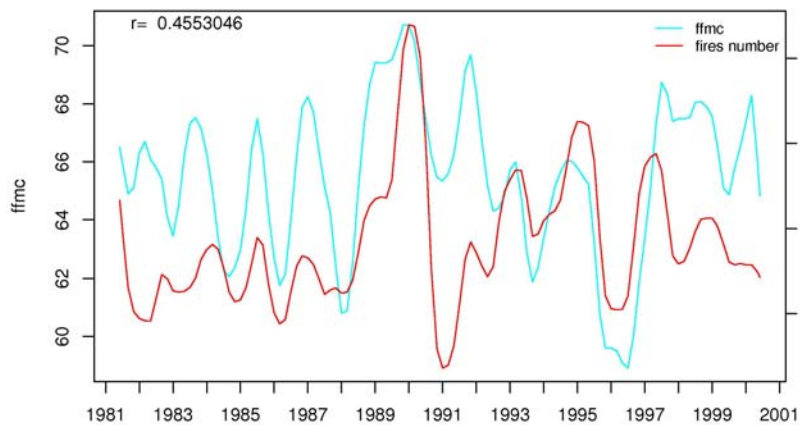
**Osservazioni**  
**Reanalisi 1981-2000**

**Multimodel SuperEnsemble**  
**Reanalisi 1981-2000**

Temperature



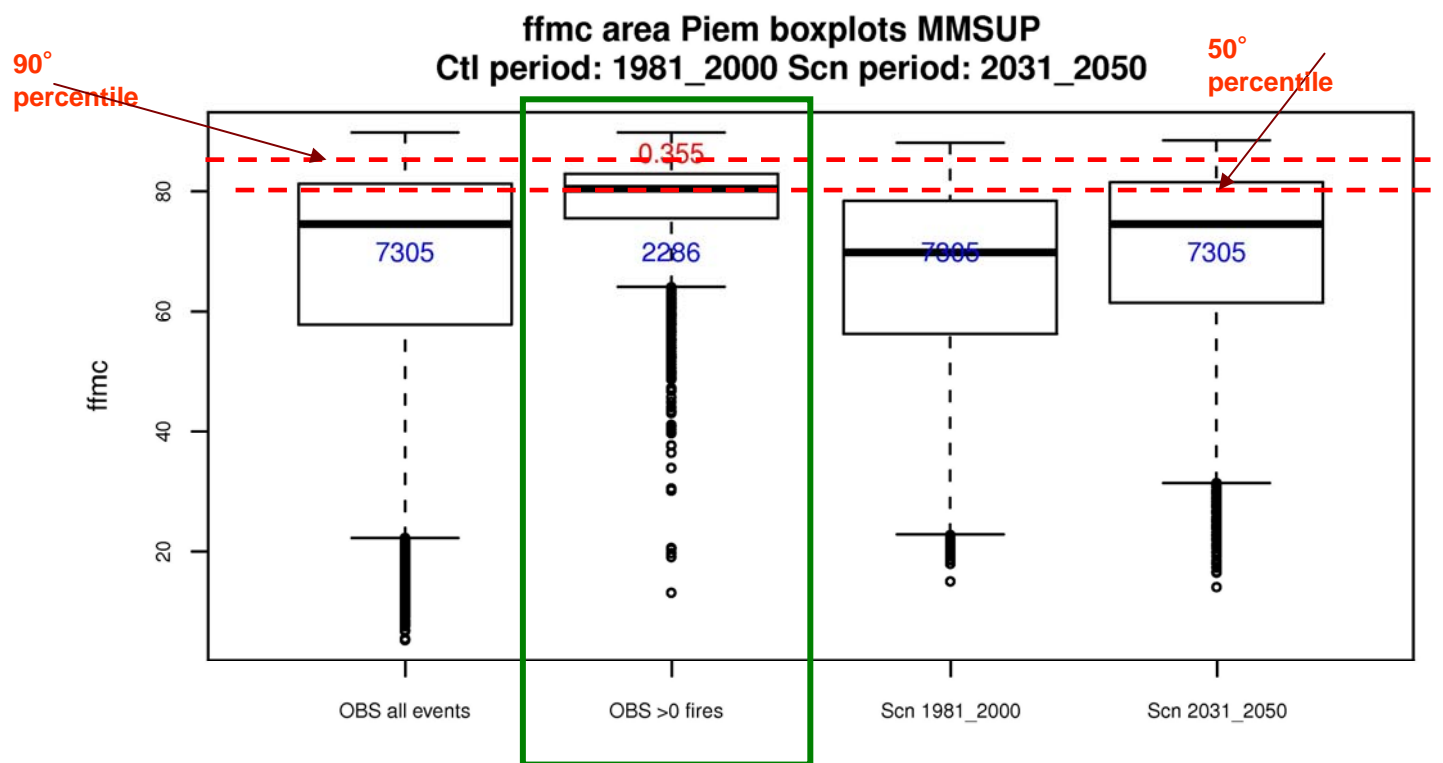
ffmc





# Potenziale incendi boschivi

ATTENZIONE: gli scenari non hanno una corrispondenza diretta con il clima osservato giorno per giorno: è necessario lavorare sulle distribuzioni

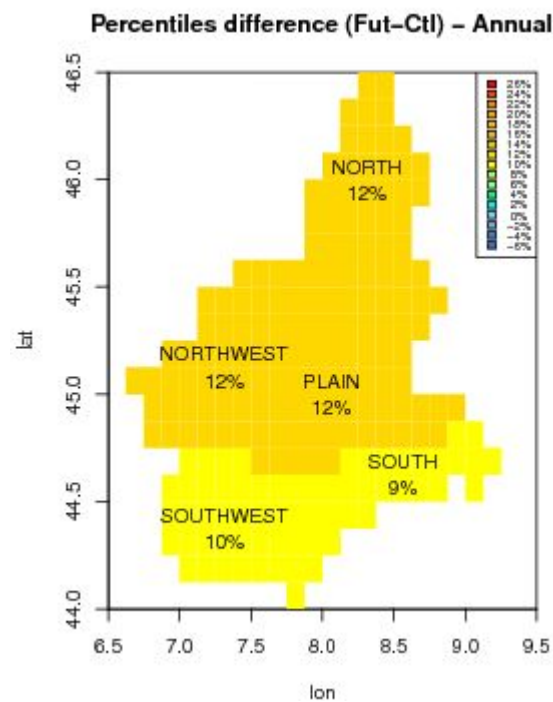
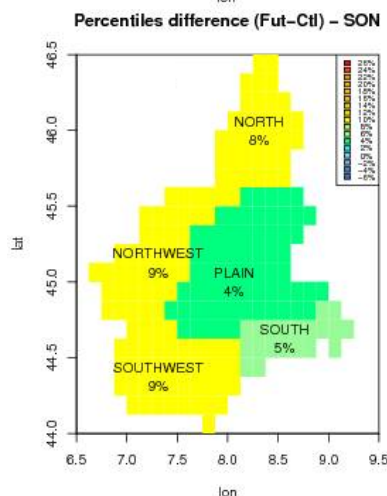
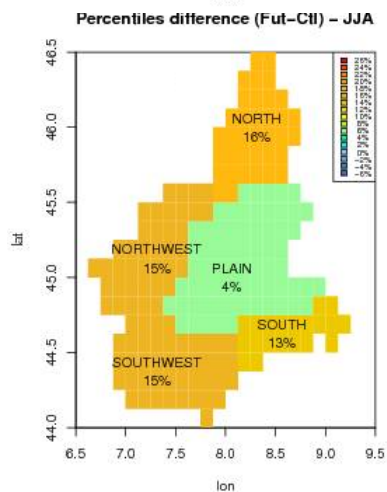
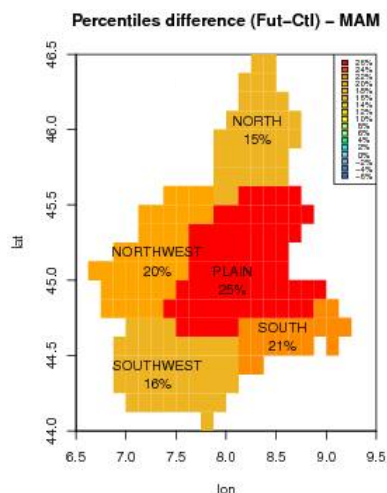
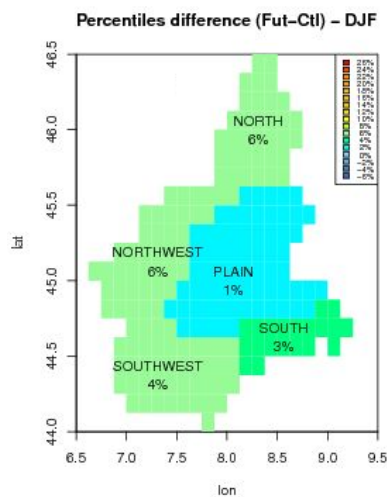






# Potenziale incendi boschivi

50° percentile  
 2031-2050 vs 1981-2000





# Conclusioni

- Multimodel SuperEnsemble può essere applicato ai Modelli Climatici Regionali per la regionalizzazione degli scenari climatici.
- Valutazione dell'evoluzione del clima in Piemonte nello scenario: impatti differenti in funzione della quota e della stagione. L'aumento di temperatura a metà del XXI secolo nello scenario è pari a quello osservato negli ultimi 40 anni. Diminuzione di precipitazione estiva di circa il 20%
- La regionalizzazione degli scenari permette una valutazione più accurata degli impatti. Esempio: il pericolo potenziale di incendi boschivi è destinato ad aumentare, in particolare in primavera ed estate.





# Utilizzi degli scenari climatici

- Evoluzione del permafrost
- Biodiversità nelle Alpi
- Effetti sull'idrologia
- Incendi boschivi
- Effetti sui laghi alpini
- Altro (ondate di calore, aridità...)



Biodiversità: una risorsa da conservare

