

# PROIEZIONI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO PER LA TEMPERATURA SUPERFICIALE NEL NORD ITALIA OTTENUTE CON TECNICHE DI DOWNSCALING STATISTICO

R. Tomozeiu<sup>1</sup>, V. Pavan<sup>1</sup>, C. Cacciamani<sup>1</sup> e L. Botarelli<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Arpa Emilia-Romagna, Servizio Idro-Meteo-Clima, viale Silvani 6, Bologna. Email: rtomozeiu@arpa.emr.it

## Abstract

Lo scopo di questo lavoro è stato quello di produrre delle proiezioni di cambiamento climatico per le medie stagionali dei valori minimi e massimi di temperatura sul Nord-Italia, risoluzione della rete osservativa delle stazioni al suolo. I modelli statistici di downscaling, basati sulla tecnica delle correlazioni canoniche, sono stati costruiti e validati per il periodo 1960-2002, utilizzando i dati osservati su alcune stazioni meteorologiche del Nord-Italia e le re-analisi dell'ECMWF (ERA40). In seguito, per valutare gli impatti dei cambiamenti climatici in agricoltura, questi modelli di downscaling sono stati applicati per determinare le proiezioni di possibili scenari futuri utilizzando gli esperimenti (scenario A1B dell'IPCC) prodotti con i modelli climatici di circolazione globale (AOGCM), messi a disposizione nel progetto europeo ENSEMBLES. In particolare, sono stati valutati i cambiamenti climatici per i periodi 2021-2050 e 2071-2100 rispetto al periodo di riferimento 1961-1990.

## Introduzione

I dati dell'ultimo rapporto dell'International Panel on Climate Change (IPCC 2007) sottolineano come il riscaldamento climatico sia inequivocabilmente evidente dall'incremento della temperatura globale dell'aria, della temperatura degli oceani e dallo scioglimento diffuso di neve e ghiaccio. Secondo questo rapporto il riscaldamento è dovuto principalmente all'aumento delle emissioni in atmosfera di gas serra. Soltanto il 10% dell'incremento della concentrazione dei gas serra può essere attribuito a cause naturali, il resto è dovuto all'attività dell'uomo.

Per studiare quali sono le probabili conseguenze di questo riscaldamento si utilizzano i modelli di circolazione generale atmosfera-oceano (AOGCM), con una risoluzione orizzontale dell'ordine di 100 km. Per incrementare la risoluzione spaziale e tenere conto anche degli effetti locali, come l'orografia, negli ultimi anni sono state sviluppate diverse tecniche di "regionalizzazione", sia di tipo deterministico che di tipo statistico.

In questo lavoro sono state utilizzate alcune tecniche statistiche di downscaling, basate sul metodo delle correlazioni canoniche, che consentono di definire le proiezioni climatiche alla risoluzione spaziale data dalla rete osservativa delle stazioni meteorologiche al suolo.

## Dati e metodi

Il data-set utilizzato per costruire le proiezioni future è costituito dai dati mensili di temperatura minima e massima che coprono il periodo 1960-2002, rilevati in 45 stazioni distribuite sul Nord-Italia (figura 1). Per ognuna delle stazioni prese in esame sono state calcolate le medie stagionali dei valori minimi e massimi di temperatura, per le quali si desidera elaborare gli scenari climatici futuri.

Il modello di *downscaling* (DS) sviluppato in questo lavoro è una regressione statistica multivariata (Tomozeiu et al., 2007), basata sulla tecnica delle correlazioni canoniche (CCA). Questa tecnica permette di determinare le coppie di *patterns* fra le grandezze "a grande scala" (*predittori*), più probabilmente predicibili dai modelli AOGCM, e le grandezze a scala locale (*predittandi*), tali

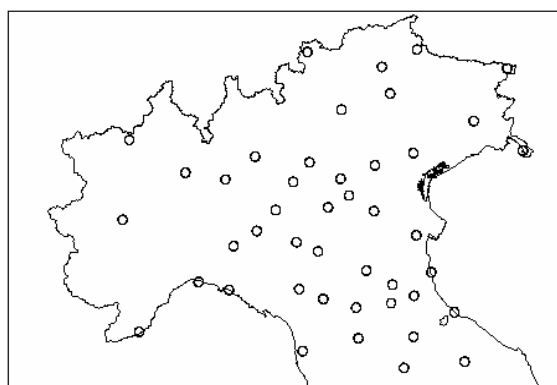


Fig.1 – Mappa delle stazioni di temperatura.

per cui sia massima la correlazione fra le loro serie temporali.

I *predittori* sono le medie stagionali del geopotenziale a 500 hPa (Z500), della temperatura a 850 hPa (T850) e della pressione ridotta al livello del mare (MSLP), calcolate dalle re-analisi dell'ECMWF (ERA40). La risoluzione orizzontale delle re-analisi è di 2.5°, sia in latitudine che in longitudine. Il periodo considerato per la stima dei parametri del modello statistico va dal 1960 al 1978 e dal 1996 al 2002. Mentre il periodo preso in esame per valutare lo *skill* del modello statistico sono gli anni dal 1979 al 1995. Per calcolare lo *skill* del modello statistico sono stati considerati il coefficiente di correlazione di Spearman, l'errore medio e l'errore quadratico medio.

È importante sottolineare che la scelta del *predittore*, o di una combinazione di più *predittori*, l'area che viene presa in considerazione, ed il numero di coppie canoniche utilizzate sono alcuni dei fattori che possono influenzare lo *skill* dei modelli di *downscaling* (Tomozeiu et al., 2007).

Questi modelli statistici sono stati applicati alle proiezioni dei modelli climatici AOGCM disponibili dal progetto ENSEMBLES nell'ambito del VI Programma quadro dell'Ue (<http://www.ensembles-eu.org>).

In particolare, sono stati considerati i modelli SINTEX-G (1 run), EGMAM (3 run) e BCCR (1 run). Tenuto conto che i modelli hanno risoluzioni spaziali diverse, è stata

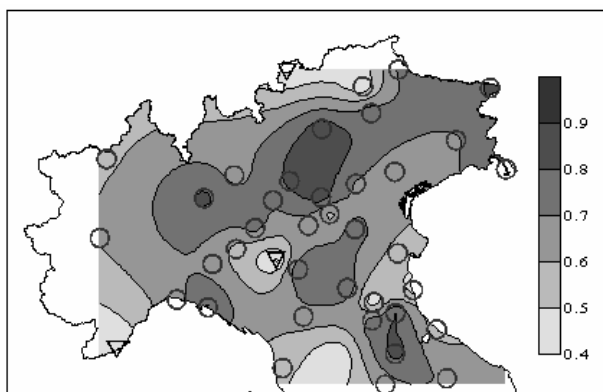


Fig.2 – Coefficiente di correlazione calcolato tra i valori osservati e le stime di temperatura massima per la stagione estiva (giugno, luglio, agosto).

fatta un'interpolazione dei valori dei predittori su una griglia comune di risoluzione  $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$  (Akima, 1984). I cambiamenti climatici del periodo 2021-2050 e 2071-2100 (scenario A1B) sono stati valutati rispetto al periodo di riferimento 1961-1990 (controllo).

## Risultati

I risultati dei modelli statistici hanno evidenziato che per tutte le stagioni il miglior predittore per i valori minimi e massimi di temperatura è la T850, definita sulla finestra spaziale  $12.5^{\circ}W-30^{\circ}E$  e  $30^{\circ}N-55^{\circ}N$ . Nella figura 2 è infatti riportato il coefficiente di correlazione calcolato tra i valori osservati di temperatura massima nella stagione estiva e le stime corrispondenti, ottenute con la T850 delle re-analisi.

Nella figura 2 i valori significativi di correlazione a livello di significatività del 0.05 sono evidenziati con un cerchio, mentre il triangolo rappresenta i valori significativi ad un livello dello 0.1. Analoghi risultati sono stati ottenuti anche per le altre stagioni (dati non mostrati). Il modello statistico è stato poi applicato utilizzando le simulazioni della T850 per lo scenario A1B, prodotte dai modelli SINTEX, BCCR, EGMAM. I risultati rivelano un incremento della temperatura minima per il Nord Italia sia per il periodo 2021-2050 che per il periodo 2071-2100. Per il periodo 2021-2050 gli incrementi sono più marcati durante l'estate, con un valore medio di circa  $1^{\circ}C$  per i modelli EGMAM e BCCR e di  $1.5^{\circ}C$  per il modello SINTEX- G. Per le altre stagioni il valore medio del cambiamento non è superiore ad  $1^{\circ}C$  per tutti i modelli. Le proiezioni climatiche per il periodo 2071-2100 hanno mostrato incrementi medi di  $2-3^{\circ}C$  per tutte le stagioni, ma con punte massime di cambiamento anche di  $5^{\circ}C$ , in particolare durante la stagione estiva. Analizzando la distribuzione spaziale di questi cambiamenti è stato notato che i valori più intensi del cambiamento sono presenti nella pianura Padana. Di sicuro, un incremento della densità delle stazioni soprattutto in zona Alpina può consentire di avere anche per questa regione un segnale più dettagliato.

Per quanto riguarda i cambiamenti della temperatura massima, per il periodo 2021-2050 l'incremento è analogo a quello stimato per le temperature minime, mentre per il periodo successivo il cambiamento medio è più intenso,

circa  $4^{\circ}C$ , durante l'estate, circa  $3^{\circ}C$  per l'inverno e la primavera e circa  $2^{\circ}C$  per l'autunno. Nella figura 3 sono riportati i valori di incremento della temperatura massima per la stagione estiva. Nel box plot il valore centrale rappresenta la mediana della distribuzione, il box varia dal decimo al 90-esimo percentile, mentre gli whiskers individuano i valori minimi e massimi.

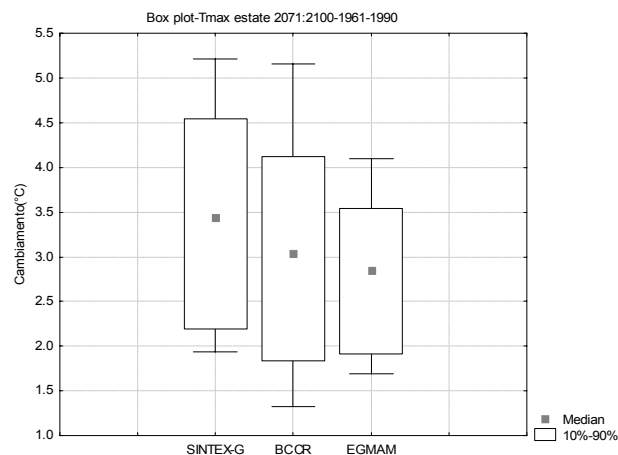


Fig.3 – Incrementi di temperatura per il periodo 2071-2100 secondo lo scenario A1B.

## Conclusioni

I risultati preliminari ottenuti con il modello di *downscaling* mettono in evidenza quali possono essere i possibili scenari di cambiamento climatico sul Nord-Italia. In particolare, durante il periodo 2021-2050 l'incremento è di circa  $1^{\circ}C$  per tutte le stagioni, sia nei valori minimi che massimi di temperatura, mentre per il periodo 2071-2100 le proiezioni mostrano valori più intensi con punte che possono arrivare a  $5^{\circ}C$ , come nel caso della stagione estiva.

## Ringraziamenti

Il lavoro è stato svolto nell'ambito del progetto europeo ENSEMBLES (contract number GOCE-CT-2003-505539).

I dati delle stazioni sono forniti in parte da ISPRA-ex APAT (<http://www.scia.sinanet.apat.it/scia.asp>), in parte da ARPA-Liguria e ARPA-SIMC.

## Bibliografia

- Akima, Hiroshi, 1984. On estimate partial derivatives for bivariate interpolation of scattering data, *Rocky Mountain Journal of Mathematics*, vol.14, no.1, winter 1984.
- Giorgi F., Bi X., Pal JS., 2004. Mean, interannual variability and trends in a regional climate change experiment over Europe. II. Climate change scenarios (2071–2100). *Climate Dynamics* 23, 839–858.
- IPCC, *Climate Change 2007- Impacts, adaptation and vulnerability* (ed. Houghton J.T., et al., 2001), Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
- Tomozeiu R., Cacciamani C., Pavan V., Morgillo A., and Busiuc A. 2007. Climate change scenarios for surface temperature in Emilia-Romagna (Italy) obtained using statistical downscaling models. *Theoretical and Applied Climatology*, 90, 25-47.