

VARIABILITÀ E CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA NEL CORSO DEGLI ULTIMI DUE SECOLI

di Teresa Nanni¹, Mauro Maugeri²

Nell'articolo viene presentato un quadro sintetico della variabilità e dei cambiamenti climatici occorsi in Italia negli ultimi due secoli, sulla base degli andamenti evidenziati da un nuovo database di serie secolari di dati termometrici e pluviometrici relativi a circa 100 stazioni di osservazione. Le serie sono state sottoposte ad un dettagliato controllo di qualità e ad un'estensiva omogeneizzazione e poi utilizzate per ricavare una serie media per tutto il Paese. L'analisi di questa serie evidenzia come in Italia, nel corso degli ultimi 200 anni, la temperatura dell'aria sia cresciuta di circa 1 °C per secolo. Contemporaneamente si è osservato un decremento delle precipitazioni, anche se di lieve entità e spesso poco significativo dal punto di vista statistico.

Introduzione

L'esigenza di capire in quale misura le modulazioni di temperatura osservate nel corso dell'ultimo secolo siano da ricondurre a cause di natura antropica, ha indotto la comunità scientifica ad indirizzare ampi sforzi verso lo studio dei processi che regolano il clima del nostro Pianeta. Nel loro complesso le ricerche condotte hanno evidenziato come il miglioramento della nostra capacità di comprendere l'evoluzione del clima della Terra richieda lo sviluppo di nuovi modelli nonché l'utilizzo di risorse di calcolo e di metodi numerici sempre più avanzati. Tuttavia, risulta forse di importanza ancora maggiore lo sviluppo delle osservazioni, in quanto solo la minuziosa osservazione di ciò che accade nel presente e di ciò che è accaduto nel passato nei diversi comparti del Sistema Terra, può consentirci di capire quali sono i processi e le interazioni fondamentali da considerare ai fini di una corretta comprensione dell'evoluzione delle condizioni dell'atmosfera. In questo ambito gioca un ruolo di assoluto rilievo l'enorme patrimonio di dati e di informazioni che si è accumulato grazie alle osservazioni meteorologiche che vengono condotte quotidianamente in tutto il Pianeta e che in molti siti hanno ormai una tradizione ultra secolare.

Il nostro Paese occupa una posizione privilegiata nella disponibilità di serie di questo tipo in quanto ha avuto un ruolo di primissimo piano nello sviluppo delle osservazioni meteorologiche. Questo ruolo è ben evidenziato sia dall'invenzione di alcuni dei più importanti strumenti

meteorologici sia dall'istituzione, nel XVII secolo, della prima rete "sinottica" di stazioni di osservazione. Agli osservatori di questa prima rete ne fecero poi seguito molti altri, tanto che l'Italia dispone oggi di ben 6 serie iniziate nel Settecento (Bologna, Milano, Roma, Padova, Palermo, Torino) e di numerose altre serie iniziate nella prima metà dell'Ottocento. Tutto ciò ha fatto sì che in Italia nel corso degli ultimi tre secoli si accumulasse un patrimonio di dati osservativi di enorme valore.

In questo contesto abbiamo avviato, dall'inizio degli anni '90 un ampio programma di ricerche per il recupero, la revisione critica, l'omogeneizzazione e l'analisi delle lunghe serie storiche di dati meteorologici di cui il nostro Paese dispone.

Dati e metodi

Un primo ed importante risultato è stato quello di incrementare notevolmente il numero e la qualità delle serie storiche italiane disponibili per la ricerca climatologica. Questo risultato, frutto di lunghissime ricerche d'archivio e di una serie di attività volte ad indagare i possibili errori di ognuna delle serie considerate, permette oggi di disporre di quasi 70 serie di dati termometrici e di oltre 110 serie di dati pluviometrici. Esse coprono tutto il nostro Paese (Figura 1, anche se, soprattutto per alcune aree, la risoluzione spaziale andrà ulteriormente migliorata nel corso dei prossimi anni.

¹ Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima - CNR - Via Gobetti, 101 - 40129 Bologna.

² Istituto di Fisica Generale Applicata - Via Brera, 28 - 20121 Milano.

Un secondo importante risultato è stato quello di confermare un'indicazione che va emergendo in modo sempre più chiaro dall'analisi di dati relativi ad ogni area del nostro Pianeta e che indica che le lunghe serie di dati meteorologici sono in grado di fornire indicazioni utili per la ricostruzione del clima del passato solo se trattate con grande senso critico e soggette a rigorosi controlli di qualità e di omogeneità. Ciò è dovuto al fatto che esse possono contenere disomogeneità ed errori dello stesso ordine di grandezza, o talora addirittura maggiori, dei segnali a lungo termine che le analisi si propongono di evidenziare.

A questo problema si è risposto con l'applicazione di una serie di metodologie volte ad eliminare gli errori ed a correggere le serie al fine di renderle omogenee. Quest'attività ha avuto un ruolo essenziale nell'ambito della nostra ricerca ed ha influenzato significativamente i risultati delle successive analisi; tuttavia, nonostante ciò, riteniamo che in un testo con carattere prevalentemente divulgativo come il presente sia più opportuno focalizzare l'attenzione sull'evoluzione temporale delle serie omogeneizzate e sui relativi trend a lungo termine. Rimandiamo pertanto i lettori interessati ai dettagli relativi alla fase di revisione critica e di omogeneizzazione delle serie ad altri nostri lavori come Brunetti et al. (2006).

Le metodologie di omogeneizzazione, per quanto assolutamente indispensabili, non sono purtroppo in grado di risolvere tutti i problemi ed è frequente che anche le serie corrette contengano ancora qualche piccola disomogeneità. Un

ulteriore aspetto problematico di queste tecniche è che esse tolgono talora alle serie osservative il loro carattere "locale" in quanto introducono, attraverso le correzioni, andamenti tipici delle osservazioni delle stazioni circostanti. Essendo la versione finale del nostro *dataset* costituita da molte serie omogeneizzate, in sede di analisi dei dati si è ritenuto più opportuno, anziché considerare le serie delle singole stazioni, prendere in esame serie medie regionali. Queste sintetizzano le informazioni delle serie delle singole stazioni, fornendo un segnale climatico più stabile e meno soggetto agli errori casuali che le serie osservative inevitabilmente contengono, anche se assoggettate alle più sofisticate tecniche di omogeneizzazione. Esse permettono di ottimizzare il rapporto segnale/rumore, rendendo più agevole lo studio della variabilità e dei cambiamenti climatici e consentendo più accurate stime dei trend a lungo termine.

Il primo passo per la costruzione delle serie medie regionali consiste nel definire regioni climatiche omogenee (attraverso tecniche statistiche), procedimento fondamentale soprattutto per un territorio orograficamente assai complesso come quello italiano. Queste regioni devono essere costruite in modo da soddisfare due requisiti fondamentali. Il primo è quello di includere nella medesima regione stazioni che si ritiene abbiano le stesse caratteristiche climatiche, il secondo è quello di ottimizzare la rilevabilità degli andamenti climatici attraverso la presenza di un numero sufficientemente alto di stazioni per ogni regione, minimizzando così l'influenza

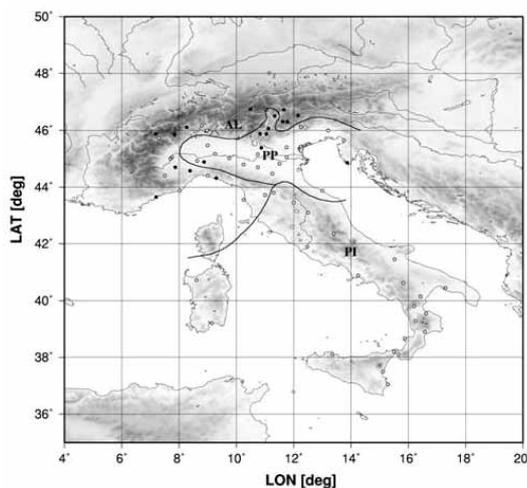


Figura 1 - Regioni climatiche omogenee individuate per le serie termometriche (AL: Regione Alpina; PP: Pianura Padana; PI: Italia Peninsulare). Per maggiori dettagli si rimanda a Brunetti et al. (2006)

degli errori che rimangono comunque presenti nelle serie delle singole stazioni, anche dopo l'applicazione dei metodi di omogeneizzazione.

Le regioni climatiche individuate sono indicate in figura 1, per le serie termometriche, e in figura 2 per le serie pluviometriche.

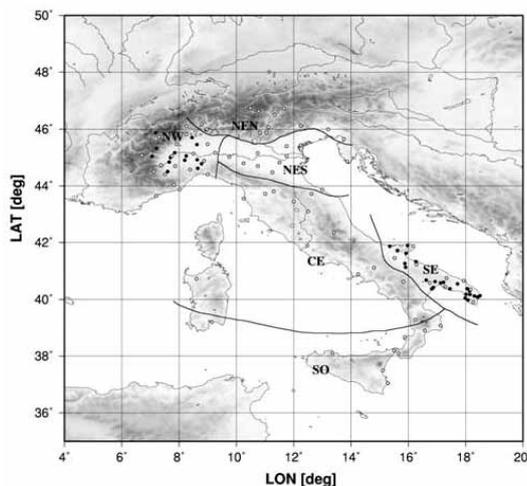


Figura 2 - Regioni climatiche omogenee individuate per le serie pluviometriche (NW: Nord-Ovest; NEN: Parte Settentrionale del Nord-Est; NES: Parte Meridionale del Nord-Est; CE: Centro; SE: Sud-Est; SO: Sud). Per maggiori dettagli si rimanda a Brunetti et al. (2006)

Risultati e discussione

Le serie termometriche delle diverse regioni mostrano un notevole accordo per quanto concerne gli andamenti a lungo termine. Tale uni-

formità di comportamento permette di descrivere in modo abbastanza esauriente l'evoluzione delle temperature del nostro Paese mediante le sole serie medie relative all'intero territorio (Figure 3 e 4).

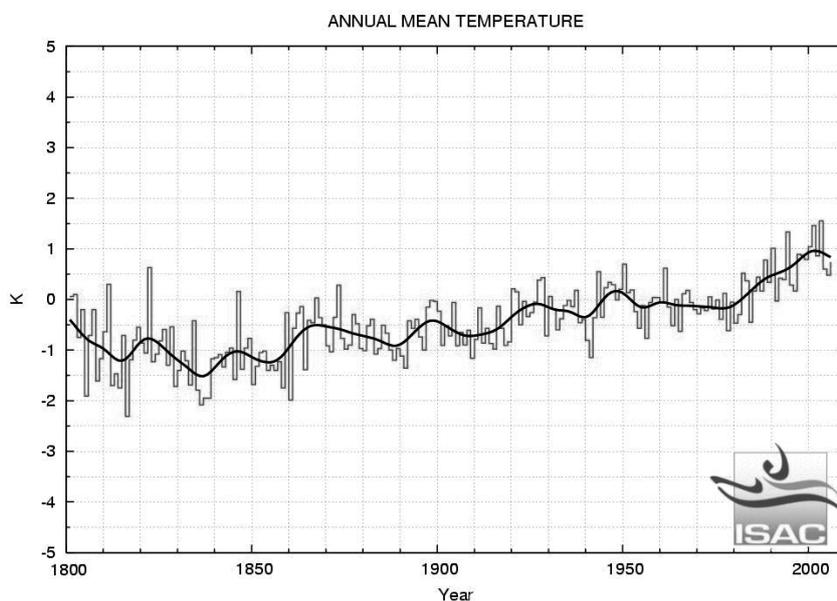
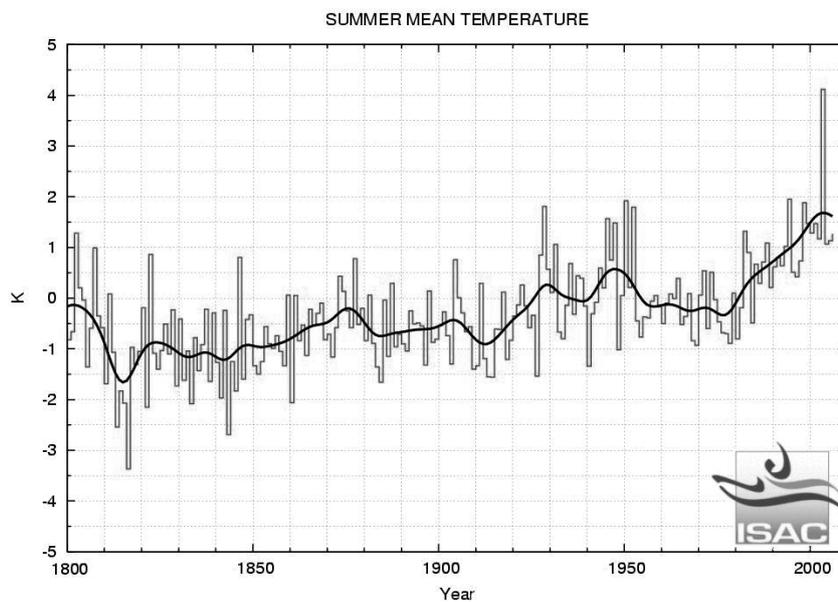
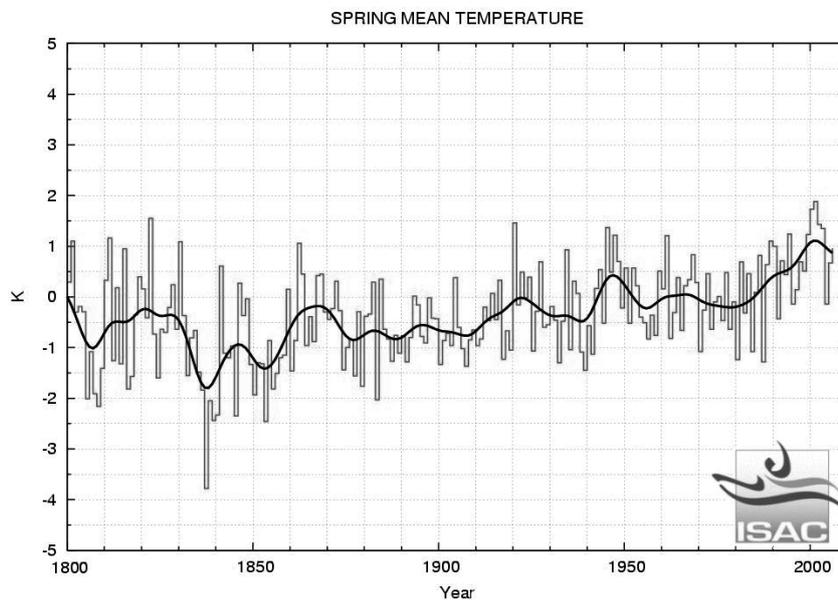
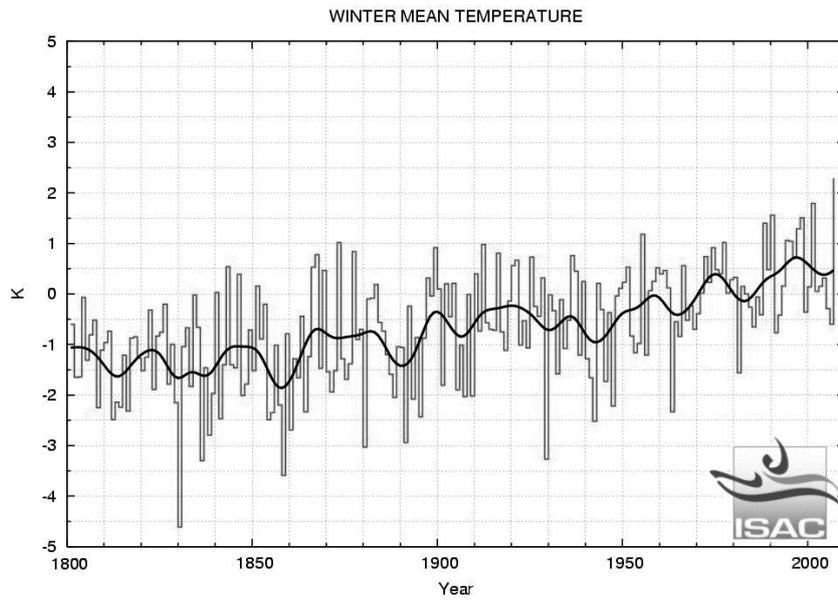


Figura 3 – Evoluzione della temperatura media annuale per l'Italia per il periodo 1800–2006. I dati sono espressi in termini di anomalie rispetto al periodo 1961-1990. Per una più efficace visualizzazione degli andamenti a lungo termine, viene anche mostrata la serie che si ottiene filtrando i dati mediante un filtro gaussiano passa basso. Questa serie viene aggiornata regolarmente ed è consultabile su un apposito sito dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html)



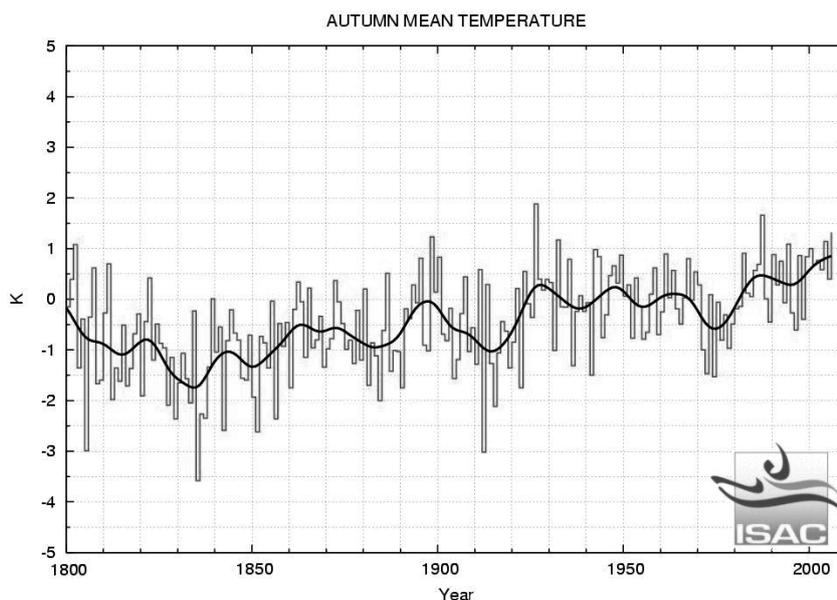


Figura 4 – Come per la figura 3, ma per le diverse stagioni dell'anno

Osservando l'andamento della serie media italiana relativa alle temperature medie annuali (Figura 3), è possibile notare che i valori si mantengono piuttosto bassi fino a prima del 1860, con il 1816 identificabile come l'anno più freddo dell'intero periodo. Successivamente si nota una tendenza graduale verso valori via via più alti il cui contributo maggiore proviene dagli anni '60 e '90 del XIX secolo e dagli anni '20 e '40 del XX secolo. Dopo il massimo relativo raggiunto intorno al 1950 (il più rilevante dell'intera serie, eccettuati gli ultimi due decenni) si ha un andamento stazionario fino agli anni '70, seguito da un nuovo periodo di forte crescita che culmina nell'anno 2003, il più caldo dell'intera serie.

L'analisi delle serie stagionali (Figura 4) mostra differenze significative tra le diverse stagioni. In particolare, il forte riscaldamento che ha caratterizzato gli ultimi due decenni è evidente in primavera ed estate, ma non in autunno ed inverno, stagioni nelle quali il trend recente è meno ripido. Anche il massimo relativo riscontrato nella serie annuale intorno al 1950 è principalmente dovuto alla stagione estiva e a quella primaverile, durante le quali si sono avute temperature confrontabili con quelle degli anni '90. È anche interessante notare che i due estremi della serie, ossia i valori del 1816 e del 2003, sono principalmente legati alla stagione estiva; essi corrispondono, infatti, a due eventi ben noti ed ampiamente studiati, ossia la prolungata ondata di calore del 2003 e l'estate fredda dell'anno 1816, noto anche come "anno senza estate"; esso

seguì un periodo di quattro anni segnato da forti eruzioni vulcaniche, la più violenta delle quali fu quella del vulcano indonesiano Tambora nell'Aprile 1815. Si calcola che essa abbia sollevato tra i 150 e i 180 km³ di materiale in atmosfera (per un confronto, basti pensare che l'impressionante eruzione del vulcano Krakatoa del 1883 espulse in atmosfera "solo" circa 20 km³ di materiale).

Per maggiori dettagli e per una discussione relativa alle temperature massime e minime si rimanda a Brunetti et al. (2006).

Anche per le serie pluviometriche, come per quelle termometriche, si osserva una buona corrispondenza dell'andamento a lungo termine delle diverse serie regionali.

Anche per questa variabile è quindi possibile individuare gli andamenti più significativi mediante l'analisi della sola serie nazionale; in questo caso, però, è importante sottolineare come essa descriva solo in parte ciò che accade nelle singole regioni.

La figura 5 mostra come la serie media italiana di precipitazioni annuali presenti una sequenza di massimi e minimi relativi senza alcuna tendenza evidente né verso un incremento né verso una diminuzione. I valori più alti si sono raggiunti attorno al 1800, tra gli anni '40 e gli anni '50 del XIX secolo, intorno al 1900, al 1960 ed al 1980. I periodi più secchi si sono riscontrati intorno al 1990 e negli anni '20 e '40 del XX secolo, mentre altri minimi relativi di minore entità si sono avuti tra gli anni '20 e gli anni '30 del XIX secolo ed intorno al 1860. A livello stagionale,

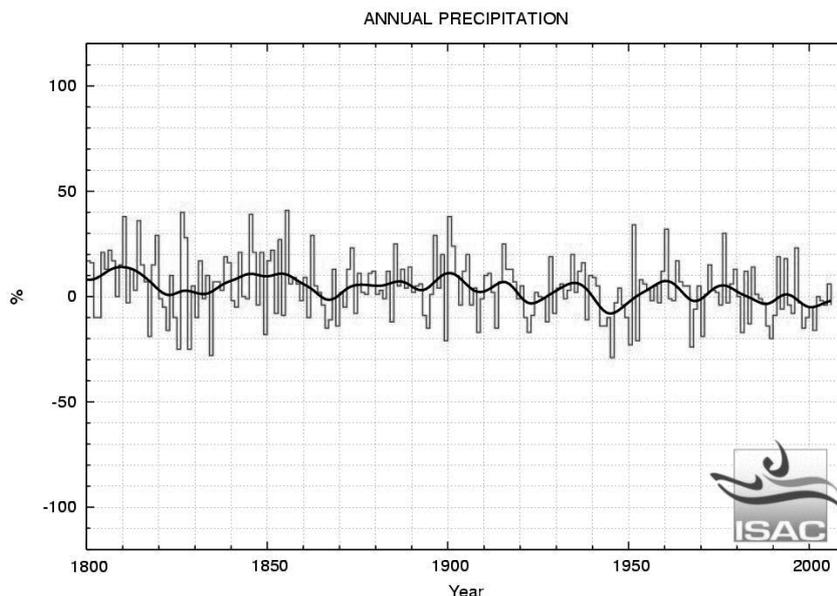


Figura 5 - Serie annuale media italiana delle precipitazioni per il periodo 1800–2006. I dati sono espressi in termini di deviazioni percentuali rispetto ai valori medi del periodo 1961-1990. Per una più efficace visualizzazione degli andamenti a lungo termine, essi sono stati filtrati mediante un filtro gaussiano passa basso. Questa serie viene aggiornata regolarmente ed è consultabile su un apposito sito dell'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del CNR (http://www.isac.cnr.it/~climstor/climate_news.html)

pur accanto ad alcune analogie, sia nel comportamento a lungo termine sia nella variabilità ad alta frequenza, esistono molte differenze, soprattutto nella collocazione dei periodi contraddistinti dai minimi e massimi.

Uno degli obiettivi fondamentali della ricerca climatologica consiste nel verificare se le serie osservative mostrino segnali significativamente differenti da quelli che possono essere indotti da fattori puramente casuali, come la variabilità interannuale (segnali di questo tipo vengono considerati statisticamente significativi). I più interessanti tra questi segnali sono ovviamente quelli che possono dare indicazioni in merito ad eventuali variazioni a lungo termine.

Per le serie italiane il più importante segnale di questo tipo è costituito da una forte crescita della temperatura. Essa risulta piuttosto uniforme nelle diverse regioni climatiche ed è quantificabile nell'ordine di 1 grado per secolo. Anche su base stagionale la situazione è piuttosto omogenea e non si evincono differenze significative, né tra le diverse regioni né tra stagione e stagione, essendo tutti i trend pressoché uguali tra loro e ricadendo le eventuali differenze ampiamente entro i limiti dell'incertezza statistica.

Per quanto riguarda le precipitazioni, invece, i trend sono generalmente negativi, anche se solo di lieve entità e spesso poco significativi dal

punto di vista statistico. L'entità della riduzione delle precipitazioni risulta dell'ordine del 5% per secolo; essa sembra dovuta principalmente alla primavera, stagione nella quale la riduzione delle precipitazioni risulta vicina al 10% per secolo.

Per quanto riguarda i trend è comunque importante sottolineare come l'interpolazione lineare dia un risultato che dipende fortemente dal periodo in esame. È quindi opportuno che, oltre ai trend relativi all'intero periodo coperto dai dati, vengano considerati quelli relativi a tutte le scale temporali presenti all'interno del periodo di osservazione. Per una discussione relativa ai risultati di questo tipo di analisi si rimanda a Brunetti et al. (2006).

Considerazioni conclusive

È importante segnalare come il programma di attività del nostro gruppo di ricerca non si limiti alle sole serie termometriche e pluviometriche, ma consideri anche altre importanti variabili meteorologiche (pressione atmosferica, copertura del cielo, eliofania, umidità relativa), con il duplice obiettivo di dare una caratterizzazione più completa della variabilità e dei cambiamenti occorsi negli ultimi due secoli, e di meglio sup-

portare le attività volte alla comprensione dei meccanismi che regolano l'evoluzione del clima nelle diverse aree del nostro Paese. Esso non si limita inoltre al solo territorio italiano, ma si concentra anche su una vasta area europea centrata sulla regione alpina (per maggiori dettagli si rimanda a Böhm et al. (2001) e a Brunetti et al. (2006).

Segnaliamo, infine, come il nuovo dataset assemblato dal nostro gruppo di ricerca sia stato anche utilizzato per verificare se la tendenza verso un'accentuazione dell'intensità delle precipitazioni, evidenziata recentemente per varie aree del nostro Pianeta, sia presente anche per l'Italia. Questo aspetto è particolarmente interessante in quanto il nostro Paese, in virtù di svariati elementi caratteristici quali la presenza

della catena alpina ed appenninica, la vicinanza del Mediterraneo e l'elevata densità della popolazione, ha una naturale propensione al rischio alluvioni, il che lo rende criticamente esposto ad un eventuale incremento degli eventi precipitativi di forte intensità. Un ulteriore aspetto di notevole interesse connesso ad eventuali variazioni nella distribuzione delle precipitazioni è legato ad un eventuale incremento della frequenza e della lunghezza dei periodi siccitosi. Questo è un aspetto di grande rilievo per l'agricoltura in quanto le siccità sono un problema frequente per questo comparto, in particolare durante l'estate, quando la mancanza di risorse idriche può compromettere il raccolto in vaste regioni, specialmente al sud. Per maggiori dettagli su questi aspetti si rimanda a Brunetti et al. (2002 e 2004).

TERESA NANNI

Laureata in Fisica nel 1970, ricercatore CNR dal 1973, è attualmente Dirigente di Ricerca presso ISAC-CNR e Responsabile del gruppo di Climatologia Storica dell'Istituto. Si è occupata di "Relazioni Terra - Sole e variazioni climatiche dell'area Mediterranea" durante gli ultimi 25 anni. È stata coordinatrice o responsabile di diversi progetti, nazionali ed internazionali, relativi alla "Ricostruzione del clima storico dell'area Mediterranea". È stata per 7 anni rappresentante CNR nell'advisory committee del progetto dell'European Science Foundation "European Palaeoclimate and Man since Last Glaciation". Ha organizzato convegni nazionali ed internazionali. Ha svolto attività editoriale e di valutazione. È autrice di circa 150 pubblicazioni, la maggior parte delle quali sulle più qualificate riviste internazionali del settore

Contatti:

Istituto di Scienze dell'atmosfera e del Clima (ISAC) del CNR
Tel. 051 6399624; Fax 051 6399658

Via Godetti ,101

40129 Bologna

Email: t.nanni@isac.cnr.it

MAURO MAUGERI

Mauro Maugeri, laureato in Fisica nel 1986, è attualmente professore associato di Fisica dell'atmosfera presso l'Università di Milano. Ha 20 anni di esperienza nel campo della fisica dell'atmosfera con più di 100 lavori pubblicati, 50 dei quali sulle più qualificate riviste internazionali del settore. Il principale obiettivo delle sue ricerche è stata la ricostruzione dell'evoluzione del clima degli ultimi due secoli in Italia, nella regione alpina e nell'area mediterranea. È stato responsabile di Unità di Ricerca dell'Università di Milano in diversi progetti nazionali ed internazionali.

Contatti:

Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università di Milano
Tel 02 50314687; Fax 02 72001600

Via Brera 28

20121 Milano

Maurizio.maugeri@unimi.it

Bibliografia

- Brunetti M, Maugeri M, Nanni T, Navarra A. 2002: Droughts and extreme events in regional daily Italian precipitation series, *Int. J. Climatol.*, 22, 543-558.
- Brunetti M, Maugeri M, Monti F, Nanni T. 2004: Changes in daily precipitation frequency and distribution in Italy over the last 120 years. *J. Geophys. Res.*, 109, D05102, doi:10.1029/2003JD004296.
- Brunetti M, Maugeri M, Monti F, Nanni T. 2006: Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol.*, 26, 345-381.
- Böhm, R., Auer, I., Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., Schöner W., 2001: Regional Temperature Variability in the European Alps 1760-1998 from homogenised instrumental time series. *Int. J. Climatol.*, 21, 1779-1801.
- Brunetti, M., Maugeri, M., Nanni, T., Auer, I., Böhm, R., Schöner, W. 2006: Precipitation variability and changes in the greater Alpine region over the 1800-2003 period. *J. Geophys. Res.*, 111, D11107, Doi: 10.1029/2005JD006674.