Un sistema per tutti

Franco Desiato, Francesca Lena e Andrea Toreti

In Italia disponiamo di un patrimonio invidiabile di serie storiche utili alla conoscenza del clima. Per armonizzare e standardizzare i metodi di elaborazione e rendere fruibili le informazioni è nato il Sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale. Realizzato dall'Agenzia per la protezione dell'ambiente e per i servizi tecnici in collaborazione con altri organismi nazionali e regionali, SCIA è uno strumento a disposizione di tutti: studiosi, decision maker e aziende

La comprensione e la descrizione dei fenomeni atmosferici costituiscono uno dei temi scientifici di maggiore attualità e interesse non solo per gli addetti ai lavori, ma anche per il pubblico più vasto di cittadini la cui vita quotidiana è in vari modi influenzata dalle condizioni del tempo. Ciò avviene sia per il breve e medio termine (fino a 7-10 giorni in avanti) attraverso l'analisi e la previsione delle condizioni meteorologiche sulla regione o la località di interesse, sia per il lungo termine attraverso lo studio del clima, cioè delle caratteristiche medie del tempo atmosferico e della sua evoluzione nel corso degli anni, dei secoli e dei millenni.

La diffusione di dati meteorologici e di previsioni del tempo, basate per lo più sui risultati di modelli numerici che simulano la complessa dinamica dei fenomeni atmosferici, ha subìto negli ultimi anni un'accelerazione impressionante: basti pensare ai canali televisivi interamente dedicati alle previsioni del tempo, o al proliferare di siti internet che ospitano informazioni, previsioni e discussioni su argomenti inerenti alla meteorologia. Diversamente, le informazioni sul clima salgono agli onori della cronaca più saltuariamente e talvolta in modo improprio, quasi sempre in occasione di eventi meteorologici estremi a seguito dei quali ci si chiede se si tratti di segnali di cambiamenti climatici in corso o di semplici fluttuazioni statistiche della variabilità climatica naturale.

Negli ultimi decenni il dibattito, scientifico e non, sulla presenza e sulle cause dei cambiamenti climatici, si è sviluppato soprattutto intorno alle diverse interpretazioni dei dati che evidenziano un riscaldamento della superficie terrestre, e al sospetto, corroborato anche dall'uso di modelli numerici e statistici, che almeno una buona parte del riscaldamento osservato sia attribuibile alle attività umane, in particolare alla crescita delle emissioni di gas-serra. Nel 1988 la World Meteorological Organization (WMO) e il United Nations Environment Program (UNEP) hanno dato vita all'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), un comitato che riunisce i massimi esperti mondiali sul clima, incaricati di raccogliere, aggiornare e valutare periodicamente l'informazione tecnico-scientifica relativa ai cambiamenti climatici, alle possibili cause, agli impatti, agli scenari futuri e alle opzioni di mitigazione e adattamento. L'IPCC ha già prodotto tre voluminosi rapporti [1], e un quarto è attualmente in corso di predisposizione. Tra le numerosissime informazioni presenti anche nella bozza dell'ultimo rapporto, si conferma la stima di un riscaldamento medio globale alla superficie di circa 0,6°C nel corso dell'ultimo secolo. L'aumento della temperatura è particolarmente accentuato proprio nel periodo più recente e tra il 1979 e il 2004 è pari a circa 0,5°C sulla terraferma. Il segno e l'entità delle variazioni di temperatura non sono omogenei su tutta la superficie terrestre. Come vedremo più avanti, per quanto riguarda l'Italia, una nostra stima recente indica un aumento della temperatura più elevato rispetto alla *media* globale e pari a 1,6°C dal 1981 al 2004, che fa seguito a una diminuzione di 0,6°C nei precedenti venti anni. Questi dati, così come la stima di indicatori più dettagliati che riguardano anche altre variabili climatiche come la temperatura degli oceani e le precipitazioni, vengono messi in relazione con i dati relativi alle pressioni antropiche e naturali, al fine di fornire ai *decision maker* un quadro esauriente e scientificamente fondato sullo stato del clima globale e sulla sua evoluzione nei diversi scenari di sviluppo socio-economico e tecnologico che si possono prevedere per i prossimi decenni.

Oltre che per la valutazione dei cambia-

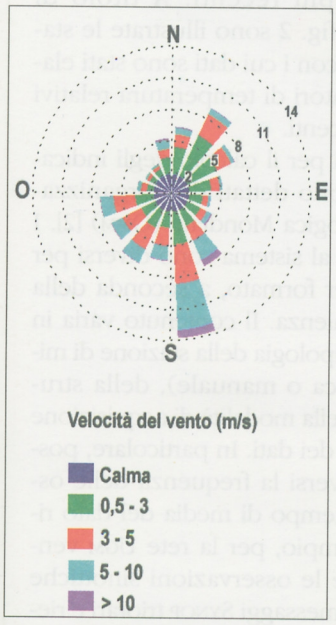

Fig. 1. Per caratterizzare un sito dal punto di vista del trasporto e delle capacità di dispersione degli inquinanti in atmosfera, è necessario disporre dei dati sul regime anemologico del sito stesso. La rosa dei venti rappresenta graficamente in modo sintetico le frequenze di intensità e direzione del vento. Ogni settore circolare diversamente colorato ha uno spessore proporzionale alla frequenza percentuale di una certa classe di intensità in m/s, ed è orientato secondo la direzione di provenienza del vento. Nell'esempio (fatto), la rosa dei venti a 10 metri di altezza della stazione di Roma Ciampino.

Nella foto, misurazione della velocità e della direzione del vento con un anemometro in un ghiacciaio alpino (Foto di Paolo Orlandi, APAT).

menti globali e dei relativi impatti, i dati climatici rivestono un grande interesse nello studio dell'inquinamento atmosferico. Essi, infatti, sono necessari a caratterizzare le proprietà dispersive dell'atmosfera e le modalità di trasporto delle sostanze inquinanti, le cui concentrazioni determinano la qualità dell'aria nelle aree urbane in cui viviamo. A questo proposito sono particolarmente importanti le «rose dei venti», cioè le distribuzioni di frequenza del vento per classi di intensità e settore di provenienza (fig. 1), nonché i dati sulla frequenza delle diverse condizioni di stabilità atmosferica, che determinano la maggiore o minore diffusione degli inquinanti nei bassi strati dell'atmosfera.

Senza con questo esaurire l'elenco delle possibili utilizzazioni e applicazioni dei dati climatici, va ricordato che essi costituiscono, insieme ai dati geologici e di uso del territorio, un elemento fondamentale anche per la valutazione preventiva del rischio in relazione all'occorrenza di eventi meteorologici estremi. In questo caso le informazioni più importanti riguardano le precipitazioni cumulate, la loro frequenza e la loro intensità anche su brevi intervalli di tempo.

I dati italiani e il sistema SCIA

In Italia disponiamo di un patrimonio invidiabile di lunghe serie storiche di dati meteorologici utili alla conoscenza del clima, e siamo allo stesso tempo in presenza di una varietà ed eterogeneità di organismi che, per diversi scopi istituzionali, hanno svolto o svolgono compiti di monitoraggio e sono titolari di dati meteoclimatici riferiti a diversi periodi di tempo, anche recenti. Per questo motivo, è molto sentita da tempo l'esigenza di armonizzare e standardizzare i metodi di elaborazione degli indicatori utili alla rappresentazione dello stato del clima, di poter accedere in modo rapido e affidabile alle informazioni e di poterle aggiornare regolarmente e con continuità.

Per dare una risposta a queste necessità, l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT), con la collaborazione dell'Ufficio Generale per la Meteorologia dell'Aeronautica Militare (UGM), dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria (UCEA), dell'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente (ARPA) dell'Emilia Romagna e di altre agenzie regionali che si stanno unendo al progetto, ha realizzato

il Sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati Climatologici di Interesse Ambientale, denominato SCIA. Questo sistema elabora e mette a disposizione i valori statistici (per i quali usiamo convenzionalmente il termine «indicatori») con aggregazione temporale decadale, mensile e annuale, derivati dalle serie temporali delle variabili meteorologiche misurate da diverse reti di osservazione, e consente di aggiornare periodicamente le informazioni con una procedura standardizzata. Attraverso gli indicatori vengono elaborati i valori climatologici normali (cioè i valori statistici delle variabili climatiche su un intervallo di tempo di riferimento molto lungo, tipicamente un trentennio) e i valori di anomalia (cioè la differenza tra il valore di una variabile climatica di un certo anno e il suo valore climatologico).

Le principali variabili meteoclimatiche trattate nel sistema SCIA sono: temperatura, temperatura potenziale, temperatura equivalente potenziale, precipitazioni, umidità relativa, vento, bilancio idrico, indici bioclimatici, eliofania, evapotraspirazione, gradi giorno, nebbia e visibilità, nuvolosità, pressione atmosferica, radiazione globale. Per ciascuna variabile viene calcolato per ogni periodo di dieci giorni, un mese e un anno, un insieme di indicatori rappresentativi. Per esempio, nel caso della temperatura vengono calcolati i seguenti indicatori: temperatura media calcolata sulla base delle osservazioni giornaliere disponibili; temperatura media calcolata come media delle temperature minima e massima giornaliera; temperature minima e massima giornaliera: media, valore estremo, data del valore estremo, numero di giorni con valore compreso in intervalli di 5°C; temperatura a ore fisse: media, valori estremi; escursione termica: media, valori estremi; numero di giorni con gelo (cioè con temperatura massima inferiore o uguale a 0°C). Insieme a ciascun indicatore, viene memorizzato il numero di dati validi da cui è stato generato; inoltre, per gli indicatori che hanno una distribuzione normale, viene calcolata e memorizzata la deviazione standard. Tutti gli indicatori vengono calcolati e sottoposti a controlli di qualità con metodologie omogenee e condivise con gli organismi titolari dei dati da cui hanno origine, e pertanto il sistema rende possibile l'integrazione di indicatori ottenuti da diverse fonti di dati.

La densità e la distribuzione delle stazioni di misura nonché la quantità degli indicatori che è possibile elaborare dipendono fortemente dall'intervallo di tempo che si vuole considerare e non sono omogenei sul territorio nazionale. Alle stazioni delle reti storiche dell'UCEA (alcune delle quali risalgono alla metà dell'Ottocento, ma di cui purtroppo solo poche sono ancora in funzione), dell'ex Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (importanti soprattutto per la pluviometria) e dell'UGM, si stanno progressivamente aggiungendo, ad alimentare il sistema SCIA, quelle di servizi meteorologici, idrometeorologici o agrometeorologici regionali che dispongono di dati più recenti. A titolo di esempio, nella fig. 2 sono illustrate le stazioni di misura con i cui dati sono stati elaborati gli indicatori di temperatura relativi agli anni più recenti.

I criteri generali per il calcolo degli indicatori climatici sono dettati dall'Organizzazione Meteorologica Mondiale (OMM) [2]. I dati di ingresso al sistema sono diversi per contenuto e per formato, a seconda della fonte di provenienza. Il contenuto varia in funzione della tipologia della stazione di misura (automatica o manuale), della strumentazione e della modalità di acquisizione e archiviazione dei dati. In particolare, possono essere diversi la frequenza delle osservazioni e il tempo di media del dato rilevato. Per esempio, per la rete UGM vengono elaborate le osservazioni sinottiche alla superficie (messaggi SYNOP triorari e riepilogativi giornalieri SYREP), mentre per l'UCEA vengono elaborati i dati rilevati dagli osservatori (tre al giorno), dalle stazioni termopluviometriche (un dato giornaliero) e dalle stazioni automatiche delle Rete Agrometeorologica Nazionale (dati orari).

I principali problemi da considerare nell'elaborazione degli indicatori climatici riguardano il trattamento dei dati mancanti e i controlli di validità dei dati di ingresso e degli indicatori. In generale, il criterio per considerare valido un indicatore consiste nella disponibilità di una certa percentuale di dati elementari validi che concorrono al calcolo dell'indicatore stesso. In considerazione del fatto che le serie temporali di osservazioni contengono lacune in quantità e con frequenza irregolari, questo criterio rappresenta un compromesso tra l'esigenza di non scartare un numero elevato di dati utili, e la necessità di ottenere indicatori sufficientemente rap-

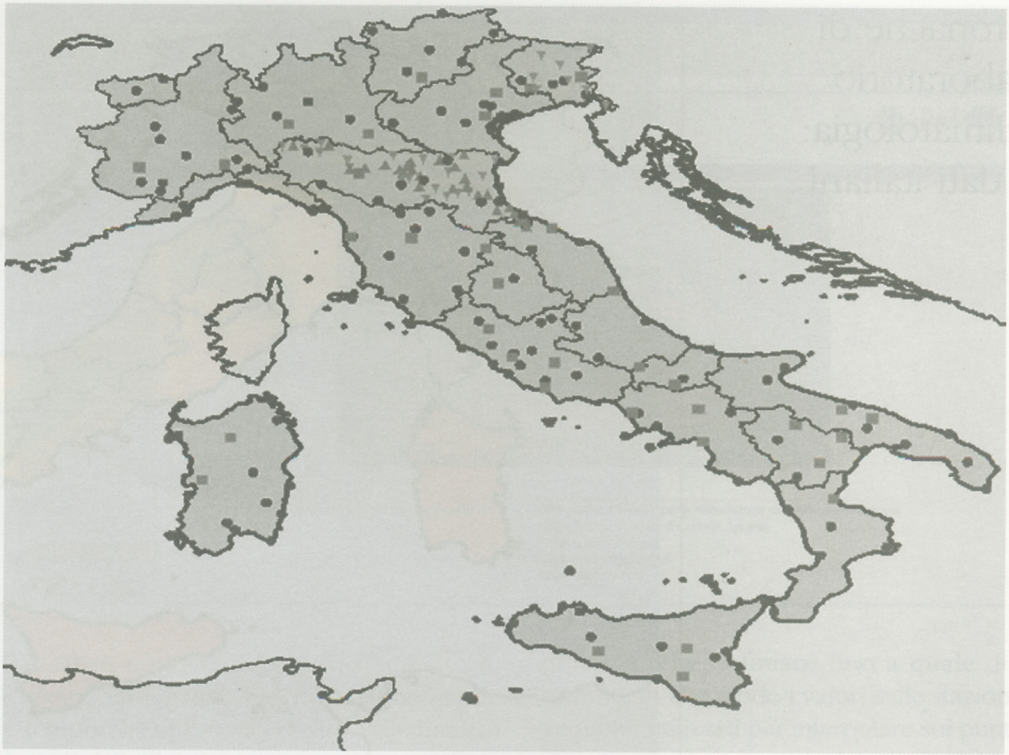

Fig. 2. Stazioni utilizzate per il calcolo degli indicatori di temperatura del sistema SCIA relativi agli ultimi anni. I simboli rappresentano stazioni meteorologiche di diverse reti: i dischetti quelle della rete sinottica del servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare (comprende anche alcune stazioni gestite dall'Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo), i quadratini rappresentano le stazioni della rete agrometeorologica nazionale dell'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, i triangoli verso il basso le reti meteorologiche regionali e i triangoli verso l'alto le reti agrometeorologiche regionali. Gli organismi regionali si stanno progressivamente aggiungendo ad alimentare il sistema con i dati delle proprie reti.

presentativi nell'intervallo di tempo (decade, mese o anno) considerato. I controlli di validità dei dati elementari di ingresso ricadono, in generale, sotto la titolarità e la responsabilità delle fonti. Per i dati sinottici della rete UGM, nella fase di elaborazione degli indicatori climatici vengono tuttavia applicate in sequenza due classi di controlli: un controllo climatologico debole e un controllo di consistenza interna. Il controllo climatologico debole si basa sul requisito di non superamento di soglie minime e massime di accettazione del dato, abbastanza blande. Le soglie sono definite a priori utilizzando dei criteri di ragionevolezza e non derivano pertanto da un'analisi statistica preventiva della base dati disponibile. Il controllo di consistenza interna prevede il controllo reciproco di più variabili in uno stesso istante temporale. Per esempio, un controllo di tale tipo applicato alla temperatura dell'aria la mette a confronto con la temperatura di rugiada: non deve mai verificarsi che la temperatura dell'aria sia inferiore alla temperatura di rugiada.

Uno o più dati errati all'origine, che abbiano comunque superato il controllo climatologico debole e il controllo di consistenza interna, generano inevitabilmente valori errati degli indicatori climatici. L'entità e l'evidenza dell'errore dell'indicatore dipendono dall'entità dell'errore del dato originale e dal tipo di indicatore. La ricerca e l'individuazione degli indicatori non validi viene effettuata applicando alle serie complete di indicatori filtri diversamente tarati per variabile, stagione e caratteristiche climatiche della stazione. In questo modo vengono trovati gruppi di indicatori *outliers*, cioè con valori sospetti o palesemente errati [3]. In questi casi, si verifica la continuità temporale della serie e la correlazione spaziale con dati di stazioni limitrofe. Se viene confermato che un dato è errato, i relativi indicatori vengono invalidati e non partecipano alle fasi di elaborazione dei valori normali, delle anomalie e delle mappe che si ottengono mediante l'interpolazione spaziale degli indicatori di più stazioni.

Il sito Web

Gli indicatori, i valori climatologici normali e i valori di anomalia prodotti dal sistema SCIA, anche sotto forma di tabelle, grafici e mappe, si possono consultare e scaricare dal sito web dedicato, all'indirizzo www.scia.sinanet.apat.it (fig. 5). Tutte le funzioni di accesso alle informazioni sono corredate da un testo di aiuto, disponibile anche in lingua inglese.

Una prima funzione, denominata «Stazioni», è dedicata alle fonti dei dati e consente di visualizzare su una mappa le sta-

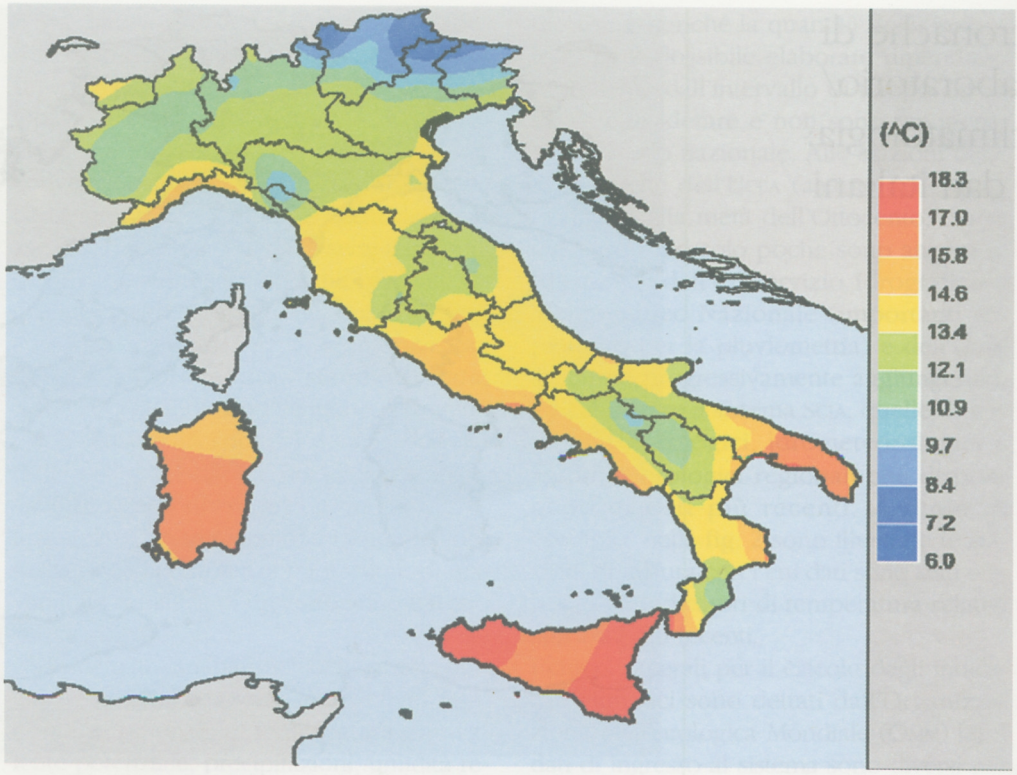

Fig. 3. Temperatura media nel trentennio climatologico 1961-1990. La mappa è stata ottenuta interpolando con un algoritmo geostatistico di kriging *i valori di temperatura di un centinaio di stazioni con serie storiche sufficientemente complete e omogenee. La densità dei punti misura con questi requisiti è irregolare e, soprattutto nelle aree a orografia complessa, insufficiente a restituire nei dettagli la distribuzione dei valori di temperatura sul territorio. Dalla interpolazione sono stati esclusi i dati di stazioni poste a una quota superiore a 1500 metri sul livello del mare. La mappa rende un'idea qualitativa delle caratteristiche e della varietà del clima, ma non può essere utilizzata per ricavare con precisione i valori della variabile su punti specifici.*

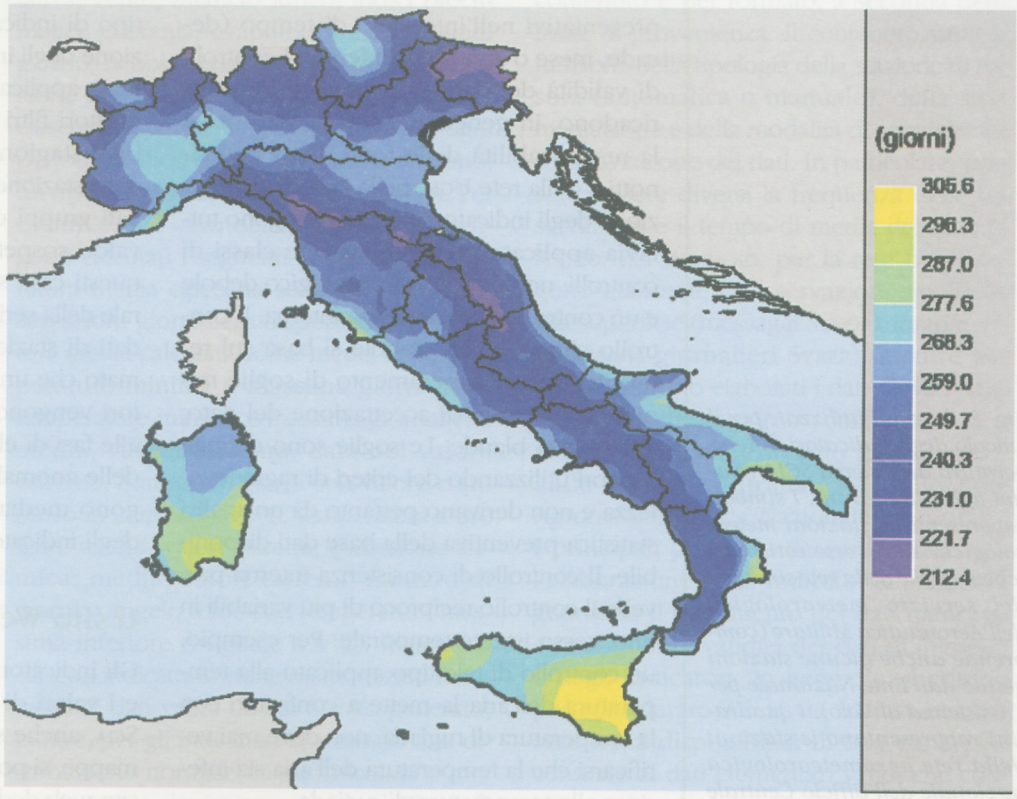

Fig 4. Numero medio di giorni asciutti (cioè con precipitazione minore o uguale a 1 mm) nel trentennio climatologico 1961-1990. La mappa è ben dettagliata, soprattutto sulla penisola, grazie alla buona densità e alla distribuzione abbastanza uniforme dei punti di misura con dati utili alla elaborazione di questo indicatore.

zioni meteorologiche appartenenti alle diverse reti e di visualizzare o scaricare su file alcuni *metadati*, come le coordinate geografiche, l'altitudine sul livello del mare della stazione, l'elenco delle variabili osservate e l'intervallo di tempo per il quale sono stati calcolati gli indicatori di ciascuna stazione.

L'accesso agli indicatori elaborati e memorizzati da SCIA può essere effettuato puntando alle serie temporali di una stazione, o alla distribuzione spaziale di in-

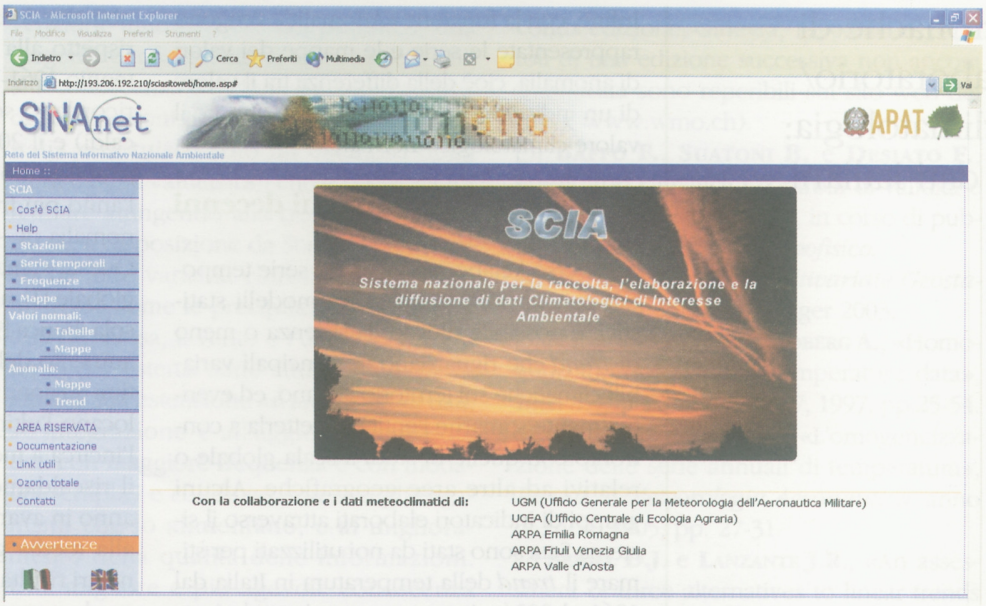

Fig.5. La homepage di SCIA.

dicatori relativi allo stesso intervallo di tempo. Nel primo caso (funzione «Serie temporali») possono essere visualizzati i grafici dell'andamento temporale delle principali variabili climatiche, scegliendo la variabile, l'intervallo temporale e il passo (decade, mese o anno), e possono essere scaricati su file i relativi dati. In alternativa (funzione «Frequenze») può essere visualizzata su un istogramma la distribuzione statistica degli indicatori; se disponibile, viene anche messa in evidenza la posizione del valore dell'anno in corso o dell'anno più recente rispetto alla distribuzione stessa.

La funzione «Mappe» consente di visualizzare la distribuzione spaziale di un indicatore (per esempio, la temperatura media di un certo mese di un certo anno) mediante curve di livello. L'interpolazione dei dati su un grigliato regolare viene effettuata mediante un algoritmo geostatistico di *kriging* [4]. I parametri del variogramma (che definisce fino a quale distanza e in che modo i valori sulle stazioni vengono utilizzati per interpolare sui punti del grigliato) sono ottimizzati empiricamente in base alla natura della variabile e alla densità media dei punti di misura. Poiché la densità e la distribuzione dei punti variano caso per caso, e in considerazione dell'orografia molto complessa del territorio italiano, le mappe non possono essere utilizzate per ottenere con precisione il valore di una variabile in un punto specifico. È comunque possibile scaricare su file sia i dati sulle stazioni di misura che quelli sui punti di griglia, in modo da consentire una loro elaborazione successiva con tecniche di interpolazione geostatistica o di rappresentazione grafica più idonee caso per caso.

Un'altra sezione del sito («Valori normali») è dedicata alla restituzione dei valori normali negli intervalli climatologici di riferimento, e in particolare nel trentennio 1961-1990.

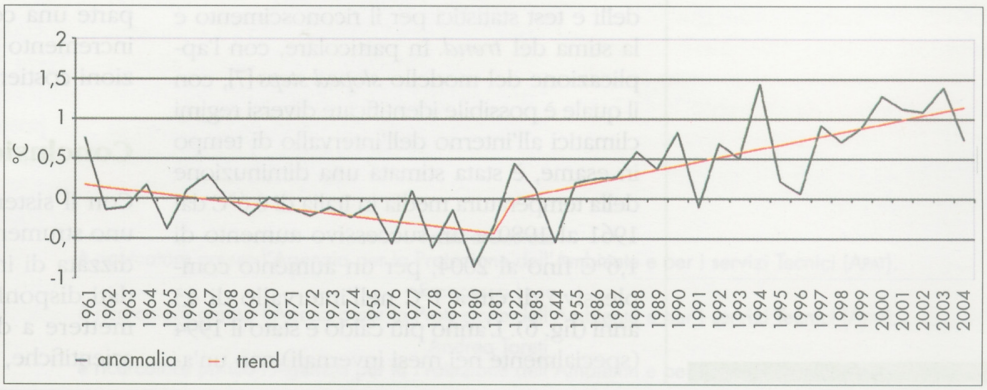

Fig. 6. Anomalia della temperatura media in Italia (spezzata in nero, °C) e trend stimato con il modello statistico sloped steps (in rosso). Attraverso il modello viene stimata una diminuzione della temperatura media di 0,6 °C dal 1961 al 1981, e un successivo aumento di 1,6 °C fino al 2004.

Infine, con la funzione «Anomalie» vengono rappresentate le serie e le mappe dei valori di anomalia, cioè della differenza tra il valore di un indicatore riferito a un certo anno e il valore climatologico normale.

Le variazioni negli ultimi decenni

Attraverso l'elaborazione delle serie temporali con opportuni metodi e modelli statistici, è possibile rilevare l'esistenza o meno di *trend* che riguardano le principali variabili climatiche sul territorio italiano, ed eventualmente stimarne l'entità e metterla a confronto con quelle di studi a scala globale o relativi ad altre aree geografiche. Alcuni gruppi di indicatori elaborati attraverso il sistema SCIA sono stati da noi utilizzati per stimare il *trend* della temperatura in Italia dal 1961 al 2004, sia per quanto riguarda i valori medi che gli eventi estremi.
Per effettuare questo genere di valutazioni, occorre anzitutto selezionare dall'insieme degli indicatori disponibili, quelli relativi alle stazioni di misura con le serie più complete e con dati mancanti distribuiti in modo sufficientemente omogeneo rispetto alle stagioni e all'intervallo di tempo complessivo. A questo scopo, sono stati selezionati gli indicatori di temperatura dal 1961 al 2004, di 49 stazioni della rete sinottica conformi agli standard OMM e distribuite in modo abbastanza omogeneo sul territorio nazionale, e sono stati calcolati i valori di anomalia rispetto al trentennio 1961-1990. Un aspetto molto importante di cui si è tenuto conto in questa analisi è la verifica dell'omogeneità delle serie, cioè della presenza e dell'eventuale influenza di variazioni dovute a fattori esterni come lo spostamento della stazione meteorologica o il cambiamento della strumentazione [5, 6].
Dopo aver calcolato le medie dei valori di anomalia sulle 49 stazioni, alle serie annuali dei valori ottenuti sono stati applicati modelli e test statistici per il riconoscimento e la stima del *trend*. In particolare, con l'applicazione del modello *sloped steps* [7], con il quale è possibile identificare diversi regimi climatici all'interno dell'intervallo di tempo in esame, è stata stimata una diminuzione della temperatura media in Italia di 0,6°C dal 1961 al 1980 e un successivo aumento di 1,6°C fino al 2004, per un aumento complessivo di circa 1°C nell'intervallo di 43 anni (fig. 6). L'anno più caldo è stato il 1994 (specialmente nei mesi invernali) con un'anomalia della temperatura media di +1,4°C rispetto alla media climatologica del trentennio 1961-1990; seguono il 2003 (di cui si ricordano soprattutto i mesi estivi molto caldi) e il 2000. Sei dei sette anni più caldi si collocano nell'ultimo decennio, mentre l'anno più freddo è stato il 1980, con un'anomalia di –0,8°C.
Questa stima è coerente con quelle a scala globale [1], a scala europea [8], e sulla penisola iberica [9], che confermano un sensibile aumento della temperatura media negli ultimi 30 anni. Rispetto a questi studi, che collocano l'ultima inversione di tendenza all'incirca a metà degli anni Settanta, in Italia il riscaldamento risulta spostato qualche anno in avanti ed è più accentuato rispetto alla media globale ed europea. Inoltre, i nostri risultati sono qualitativamente in accordo con una diversa recente stima, ottenuta da ricercatori del CNR-ISAC e dell'Università di Milano elaborando altre serie storiche, che indica un riscaldamento medio di 1,4°C negli ultimi 50 anni [10].
Per quanto riguarda gli eventi termici estremi, cioè le code della distribuzione statistica dei valori di temperatura, la presenza di eventuali tendenze significative viene verificata attraverso l'esame dei valori di temperatura minima e massima assoluta e di alcuni indici particolari. Per esempio, il numero di giorni estivi e di notti tropicali, definiti rispettivamente come il numero di giorni con temperatura massima superiore a 25°C e di temperatura minima superiore a 20°C. I risultati preliminari di un nostro studio attualmente in corso mostrano che in Italia il numero medio di giorni estivi è passato all'incirca da 80 a 96 dal 1981 al 2004 e che, nello stesso periodo, il numero medio di notti tropicali è passato da 16 a 31. Un'analisi della distribuzione spaziale dei valori di questi indici non mostra differenze significative tra diverse aree geografiche, a parte una certa evidenza di un maggiore incremento delle notti tropicali per le stazioni costiere.

Conclusioni

Con il sistema SCIA si è inteso realizzare uno strumento per l'elaborazione standardizzata di indicatori climatici derivati dai dati disponibili sul territorio nazionale e mettere a disposizione delle istituzioni scientifiche, degli organismi di tutela e pre-

venzione ambientale e del pubblico, una sorgente di riferimento di informazioni utili alla conoscenza del clima italiano. La stima delle variazioni della temperatura media in Italia costituisce solo un esempio degli studi e delle valutazioni che è possibile effettuare attingendo alla base di indicatori messa a disposizione da SCIA, che riguarda anche altre variabili climatiche di grande interesse come le precipitazioni, la copertura nuvolosa, il vento e l'umidità. Gli sviluppi del sistema sono attualmente orientati alla sua estensione ad altre fonti di dati, all'integrazione e all'aggiornamento dei dati con maggiore frequenza e con modalità semplici e condivise con tutti gli organismi che lo alimentano, e al miglioramento della qualità delle informazioni. Una migliore e più agevole conoscenza del clima italiano e delle sue tendenze rappresenta, nelle intenzioni degli autori, un contributo per affrontare con conoscenza di causa e su solide basi tecnico-scientifiche i complessi problemi ambientali posti dai cambiamenti climatici e dall'inquinamento atmosferico, che dovranno trovare risposte adeguate nei prossimi anni.

BIBLIOGRAFIA

[1] **IPCC**, *Third Assessment Report: Climate Change 2001*, Rapporto dell'Intergovernmental Panel on Climate Change, disponibile su www.ipcc.ch/ pub/reports.htm

[2] **WMO** (World Meteorological Organization), *Guide to climatological practices*, seconda edizione, Ginevra, 1990 (alcuni capitoli di una edizione successiva non ancora pubblicata sono reperibili sul sito web del WMO, www.wmo.ch).

[3] **BAFFO F.**, **SUATONI B.** e **DESIATO F.**, «Indicatori climatici: i controlli di validità e la ricerca dei valori errati», in corso di pubblicazione su *Bollettino Geofisico*.

[4] **WACKERNAGEL H.**, *Multivariate Geostatistics*, Third edition, Springer 2003.

[5] **ALEXANDERSSON H.** e **MOBERG A.**, «Homogenization of Swedish temperature data», *Intern. J. of Climatology*, 17, 1997, pp.25-54.

[6] **SUATONI B.** e **TORETI A.**, «L'omogeneizzazione delle serie annuali di temperatura», *Rivista di Meteorologia Aeronautica*, anno 65, n. 4, 2005, pp. 27-31.

[7] **SEIDEL D.J.** e **LANZANTE J.R.**, «An assessment of three alternatives to linear trends for characterizing global atmospheric temperature changes», *J. Geophysical Research*, 109, 2004, D14108

[8] **KLEIN TANK A.M.G.**, **et al.**, «Daily dataset of 20th century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment», *Int. J. Climatol.*, 22, 2002, pp. 1441-1453.

[9] **BRUNET M.**, et al., «Long-term change in the mean and extreme state of surface air temperature over Spain (1850-2003)», *Geophys. Res. Abstracts*, 7, 2005.

[10] **BRUNETTI M.**, **MAUGERI M.**, **MONTI F.** e **NANNI T.**, «Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series», *Int. J. of Climatology*, 26, 2006, pp. 345-381.

Franco Desiato
è ricercatore presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT).

Francesca Lena
è ricercatore presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT).

Andrea Toreti
è ricercatore presso l'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT).