

SABINO PALMIERI (\*), ANNA MARIA SIANI (\*) & ALESSANDRO D'AGOSTINO (\*\*)

## TENDENZE EVOLUTIVE DELLA TEMPERATURA E DELLE PIOGGE IN ITALIA NEGLI ULTIMI CENTO ANNI CON OSSERVAZIONI SU UNA SERIE STORICA DI PRECIPITAZIONI NEVOSE

**Abstract:** PALMIERI S., SIANI A.M. & D'AGOSTINO A., *Hundred year trends of temperature and precipitation in Italy with observations on a historical series of snow precipitation.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

An overview of one-hundred year trends of mean monthly temperature and precipitation in Italy, drawn from analysis of the Mann Kendall test after the application of Thom's homogeneity test, is presented.

Climate fluctuation signals characterized by November increasing temperatures appear in most Italian stations, while in the Southern of Italy and in Sardinia and Sicily a definite decrease in precipitation is experienced. The temperature-cloud cover relationship is taken into consideration showing that there are sequences of years characterized by a gradual decrease in November cloudiness. A comparison of trends with the regional output of climate simulation models (corresponding to a doubling of CO<sub>2</sub> concentration in the atmosphere) is shown. Finally, the historical series of snow precipitation at Sestola (Modenese Appennine) is analysed, and trends of this quantity are interpreted in terms of frequency fluctuations of synoptical meteorological fields.

KEY WORDS: Trends, Temperature, Precipitation, Italy.

**Riassunto:** PALMIERI S., SIANI A.M. & D'AGOSTINO A., *Tendenze evolutive della temperatura e delle piogge in Italia negli ultimi cento anni con osservazioni su una serie storica di precipitazioni nevose.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Viene presentato un panorama delle tendenze della temperatura e delle precipitazioni a base mensile sull'Italia, dedotto dall'analisi di 21 serie meteorologiche centenarie con il test di Mann Kendall, dopo averne accertato l'omogeneità con il test di Thom. Si descrive brevemente il segnale di variazione climatica che emerge caratterizzato da aumenti di temperatura nel mese di novembre in un grande numero di stazioni e da diminuzione delle precipitazioni sull'Italia peninsulare e sulle Isole maggiori nel mese di aprile. Si concentra quindi l'attenzione sulla relazione tra temperatura minima e nuvolosità mostrando come esistano periodi pluriennali nei quali la copertura nuvolosità nel mese di novembre decresce con regolarità da anno ad anno.

(\*) Dipartimento di Fisica, Università «La Sapienza», Piazzale A. Moro, 2 - 00185 Roma.

(\*\*) Servizio Meteorologico, Aeronautica Militare, Piazzale degli Archivi, 34 - 00144 Roma.

Comunicazione presentata al VI Convegno Glaciologico Italiano, Gressoney, 26-28 Settembre 1991 (Communication presented at the 6th Italian Glaciological Meeting, Gressoney, 26-28 September, 1991).

Si offrono quindi alcune considerazioni qualitative sul confronto tra tendenze climatiche osservate e risultati di simulazione del clima di gas «serra». Si analizza infine una serie storica di precipitazioni nevose occorse sull'Appennino modenese, interpretando le tendenze evolutive mensili emerse in funzione della variazione di frequenza di situazioni sinottiche tipiche.

TERMINI CHIAVE: Temperatura, Precipitazioni, Tendenze evolutive, Italia.

### TENDENZE EVOLUTIVE DEL CLIMA

Uno studio completo delle tendenze evolutive del clima in Italia è stato recentemente presentato da PALMIERI & alii (1991). Utilizzando l'insieme di dati raccolti sotto gli auspici del CNR-Progetto finalizzato «Promozione della qualità dell'ambiente», sono state esplorate le tendenze della temperatura e delle precipitazioni relative al periodo 1870-1970 in ventisette stazioni italiane. Le serie sono state sottoposte al test di omogeneità e quindi al test di tendenza Mann-Kendall. I risultati relativi alla temperatura media annuale ed al totale annuo delle precipitazioni, sono espone nella tab. 1.

TABELLA 1 - Tendenza della temperatura media e dei totali annui di precipitazione in 27 stazioni italiane (0 = nessuna tendenza, + = tendenza all'aumento, - = tendenza alla diminuzione) nel periodo 1870-1970.

TABLE 1 - Yearly trends of the Italian Climate (0 = no trend, + = increasing trend, - = decreasing trend).

Numero di stazioni	16	10	1
tendenza temp. media annuale	+	0	-
Numero di stazioni	19	6	2
tendenza delle precip. (totale annuo)	0	-	+

Si nota da questo quadro generale una prevalente tendenza all'aumento di temperatura, mentre le precipitazioni sembrano segnalare una tendenza stazionaria od in diminuzione solo in un numero limitato di punti.

*Differenziazione delle tendenze di temperatura nel corso dell'anno*

Nella tab. 2 si espongono le tendenze della temperatura media mensile in varie località del territorio nazionale per le quali si dispone di serie centenarie di osservazione. L'analisi dei risultati a base mensile offre lo spunto per

considerazioni interessanti. Le sequenze caratteristiche emergono molto distintamente:

- il quadro delle tendenze osservate è dominato dai segni zero e +;
- la tendenza della temperatura ad aumentare nel mese di Novembre pressoché in tutte le stazioni del territorio nazionale;
- la tendenza della temperatura ad aumentare sulla Sicilia, Sardegna ed Italia meridionale, specie nella tarda primavera ed in estate;
- la tendenza della temperatura all'aumento in quasi tutti i mesi dell'anno nella Sicilia occidentale.

TABELLA 2 - Tendenza della temperatura media mensile desunta dall'analisi di serie centenarie. Le serie sono state sottoposte a test di omogeneità, mentre le tendenze sono ricavate con il test di Mann-Kendall. + indica tendenza ad aumento, - tendenza a diminuzione, 0 stazionarietà.

TABLE 2 - Monthly mean temperature trends derived from the analysis of one hundred year time series, by means of the Mann-Kendall test; 0 = no trend, + = positive trend, - = negative trend.

Località	mese											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
<b>Sicilia</b>												
Palermo	+	+	+	+	+	+	+	+	0	0	+	+
Siracusa	+	0	0	0	+	+	+	+	0	0	+	0
Messina	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sardegna</b>												
Cagliari	0	0	0	0	0	+	0	+	0	0	+	+
Sassari	0	0	0	+	+	+	0	+	0	+	0	0
<b>Italia meridionale</b>												
R. Calabria	0	0	0	0	+	+	+	+	0	0	0	0
Napoli	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
<b>Italia centrale</b>												
Roma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
L'Aquila	0	0	0	0	+	0	0	0	0	0	+	0
Perugia	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	0
Arezzo	+	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+	0
Livorno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	+
Pesaro	0	0	0	0	0	0	-	0	0	-	0	0
<b>Italia settentr.</b>												
Bologna	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
Parma	0	0	+	+	+	+	0	0	0	0	+	0
R. Emilia	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0
Ferrara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
Padova	0	0	+	0	+	0	0	0	+	0	+	0
Piacenza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
Milano	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	+	0
Torino	0	0	0	0	+	+	0	0	0	0	0	0

*Interpretazione.* Vale la pena di notare che le tendenze in aumento osservate nelle temperature per il mese di Novembre non possono attribuirsi ai processi di urbanizza-

zione, giacché il fenomeno è evidente nella maggior parte delle stazioni soltanto in Novembre. In questo mese, le situazioni meteorologiche in cui le temperature minime sono

al di sotto del normale, sono quelle con pressione atmosferica sull'Italia relativamente alta caratterizzate da correnti da NE nei bassi strati. In questi casi si ha cielo sereno e notevole raffreddamento radiativo di notte con conseguenti bassi valori della temperatura minima. Una indagine condotta sull'evoluzione nel tempo dei campi meteorologici nello stesso intervallo cui si riferiscono le serie temporali ha consentito di accertare che l'aumento della temperatura media a Roma in Novembre, essenzialmente dovuto ad un incremento delle temperature minime, è associato ad una diminuzione di situazioni anticicloniche con correnti da NE (e quindi di situazioni che favorirebbero basse temperature minime).

In conclusione la tendenza all'aumentare della temperatura che si riscontra in Novembre in molte stazioni italiane sembra attribuirsi ad una graduale diminuzione, nel

corso del tempo, della frequenza di situazioni con correnti da NE in questo mese.

*Differenziazione delle tendenze delle precipitazioni nel corso dell'anno*

Analogamente a quanto fatto per le temperature si offre nella tab. 3 un panorama nazionale per le tendenze delle precipitazioni che risulta da una analisi delle serie centenarie disponibili. Si possono fare le seguenti osservazioni: — il quadro delle tendenze osservate delle precipitazioni è dominato da segni 0 e da segni negativi; — Aprile ed Ottobre sono i mesi in cui si riscontra il maggior numero di segni negativi; — le tendenze negative sono più frequenti sull'Italia peninsulare e sulle Isole.

TABELLA 3 - Tendenze evolutive dei totali mensili di precipitazione per le serie centenarie. Le serie sono state sottoposte a test di omogeneità, mentre le tendenze sono ricavate con il test di Mann-Kendall. + indica tendenza ad aumento, - tendenza a diminuzione, 0 stazionarietà.  
TABLE 3 - Monthly precipitation trends derived from the analysis of one hundred year time series, by means of the Mann-Kendall test; 0 = no trend, + = positive trend, - = negative trend.

Località	mese											
	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D
<b>Sicilia</b>												
Palermo	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	-	-
Siracusa	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Messina	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>Sardegna</b>												
Cagliari	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sassari	0	0	0	-	0	0	-	0	0	0	0	0
<b>Italia meridionale</b>												
R. Calabria	0	0	0	-	0	0	+	0	0	0	0	0
Napoli	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	+	0
<b>Italia centrale</b>												
Roma	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0
L'Aquila	+	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+
Perugia	+	0	-	-	-	0	0	0	0	-	0	0
Arezzo	0	0	0	-	0	0	0	0	0	-	0	0
Livorno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0
Pesaro	0	+	0	0	0	0	+	0	0	0	0	+
<b>Italia settentr.</b>												
Bologna	0	0	0	-	0	-	0	0	0	0	-	0
Parma	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
R. Emilia	0	+	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ferrara	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0
Padova	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Piacenza	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	+	0
Milano	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0	0
Torino	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

## RELAZIONE TRA TEMPERATURA E NUVOLOSITÀ

Utilizzando una serie centenaria di nuvolosità è stata condotta una indagine sulla relazione tra temperatura minima a Roma e nuvolosità. Nel diagramma di dispersione di fig. 1 la nuvolosità di novembre è riportata in ascissa e la media della temperatura minima pure di Novembre in ordinata. Si nota come il diagramma mostri dei rami organizzati corrispondenti a ben definite sequenze di anni sovrapposti ad una distribuzione casuale. Una analisi più approfondita ha messo in evidenza come due dei rami anzidetti siano dovuti a due periodi (uno dal 1926 al 1947 e l'altro dal 1960 al 1973). Essi rappresentano intervalli di tempo durante i quali la copertura nuvolosa di novembre diminuiva gradualmente nel corso del tempo. Una relazione quasi lineare tra nuvolosità media mensile e delle temperature medie minime emerge quando la nuvolosità media di Novembre discende al di sotto dei 5/10 di cielo coperto.

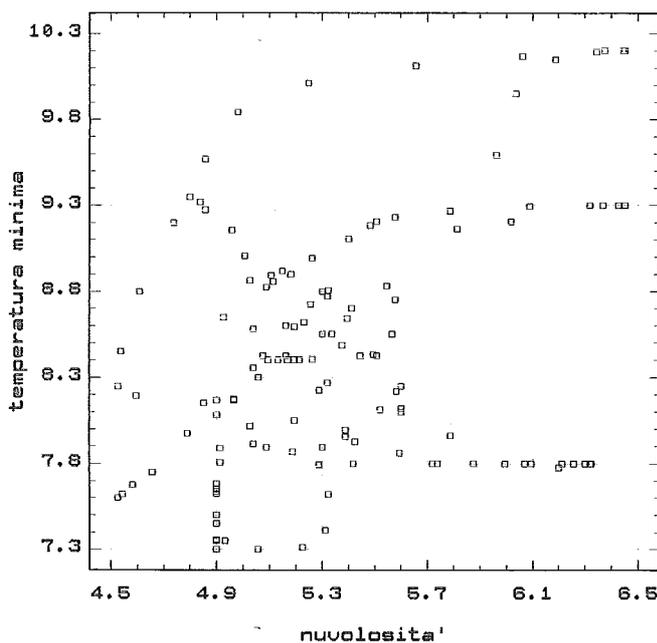


FIG. 1 - Diagramma di dispersione della temperatura minima (in ordinata) e della nuvolosità di novembre a Roma.

FIG. 1 - Minimum temperature (ordinates) and cloud-cover scatter diagram in November at Rome.

## LE TENDENZE PREVISTE DAI MODELLI CLIMATICI SULL'ITALIA

Molti problemi insorgono quando si tenta di confrontare, a scala regionale, i risultati dei modelli con le tendenze evolutive osservate. Prima di tutto i modelli climatici forniscono risultati in corrispondenza di punti di griglia che, per ragioni di economia di elaborazione, sono normalmente separati tra loro da distanze di alcune centinaia di chilometri. Per effetto di questa risoluzione nello spa-

zio così carente le analisi dei caratteri regionali del clima finiscono per essere basate su pochi punti. Ci si chiede quindi quanto possa essere realistico caratterizzare temperature e precipitazioni su una regione (per esempio il Mediterraneo) usando solo un numero limitato di punti.

Una seconda difficoltà deriva dal fatto che i vari modelli climatici utilizzano griglie di punti sostanzialmente diverse. Questo impedisce un confronto diretto e comodo tra i risultati dei vari modelli. A questo si aggiunge l'ulteriore problema che i dati meteorologici osservati sono disponibili in punti (le stazioni di osservazione) irregolarmente distribuiti nello spazio, oppure, quando i dati sono stati sottoposti a processi interpolativi, essi sono disponibili su punti di grigliati diversi da quelli impiegati dai modelli. Inoltre i periodi di tempo ai quali i dati osservati si riferiscono possono differire sostanzialmente tra loro. Si può sottolineare a questo punto che mentre l'interpolazione nello spazio è relativamente agevole per i campi di temperatura, essa diventa un serio problema per la precipitazione, una grandezza inquinata da grande «rumore».

Una terza difficoltà nella comparazione dei risultati deriva dal fatto che i modelli sono molto diversi uno dall'altro. Per esempio, un aspetto che può influire sui risultati in modo notevole è la maniera con cui gli oceani sono schematizzati nel modello.

Gli schemi di calcolo del modello del GFDL (Geophysical Fluid Dynamics Laboratory), del modello del CCM (Community Climate Model) e di quello dell'OSU (Oregon State University) ipotizzano che gli oceani possano essere rappresentati da uno strato d'acqua superficiale di spessore pari a 70 metri. Quando la concentrazione di gas «sera» cambia, la temperatura dello strato marino subisce anch'essa variazioni. Tuttavia, in nessuno dei tre modelli menzionati è presente un meccanismo che consente il trasporto di energia e salinità nell'ambito degli oceani. Così effetti del tipo indicato non possono influenzare i risultati per l'atmosfera in punti prossimi alle zone ricoperte dai mari. I risultati dei modelli che vengono utilizzati in questo rapporto (tabb. 4 e 5) si basano su statistiche per circa dieci anni di simulazione dopo che il modello ha raggiunto uno stato di equilibrio.

## CONFRONTO TRA MODELLI E REALTÀ

Facendo riferimento alla temperatura, nella tab. 4 si offre un confronto con i dati dei modelli basandosi su una estesa ed approfondita presentazione di risultati pubblicata da GROUCH (1988). Nella colonna relativa ai risultati dei modelli un segno + indica una tendenza positiva desunta dalla interpretazione della statistica fatta sui risultati. Le corse dei modelli climatici corrispondono ad un raddoppio della concentrazione di CO<sub>2</sub>. Le sigle che contraddistinguono i vari modelli sono esplicitate in fondo alla tabella. La esistenza di una tendenza evolutiva all'aumentare nelle serie centenarie è anche indicata da un segno +. Per quanto concerne le tendenze di temperatura nella stazione autunnale, soltanto il modello OSU è in accordo con le tendenze osservate. Come per l'autunno nelle altre sta-

TABELLA 4 - Il Confronto tra le tendenze delle precipitazioni indicate dai modelli climatici e le tendenze osservate per la Primavera.  
 TABLE 4 - Comparison between temperature tendency, predicted by climatic models, and observed tendency.

Modello	OSU	GFDL	CCM	GISS	Tend. Osserv.
Italia Settentr.	0	0	0	0	0
Italia Centrale	0	0	0	0	0,-
Italia Meridion.	0	-	-	-	0,-
Isole	0	-	-	-	0,-

OSU: OREGON STATE UNIVERSITY  
 GFDL: GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS LABORATORY  
 CCM: COMMUNITY CLIMATE MODEL  
 GISS: GODDARD INSTITUTE FOR SPACE SCIENCE

gioni non emerge una coerenza tra le proiezioni dei vari modelli, tuttavia vi è una netta prevalenza di stazionarietà o tendenza positiva.

Passando alle precipitazioni la tab. 5 mostra il confronto tra i risultati dei modelli per un raddoppio del CO<sub>2</sub> e la realtà emergente dall'analisi di tendenza delle serie meteorologiche centenaria. Si vede che la diminuzione delle piogge

denze positive osservate. Le simulazioni CCM e GISS non danno luogo ad aumenti delle piogge invernali in alcuna zona della Penisola. Per l'estate i tre modelli OSU, GFDL e CCM concordano nell'indicare tendenza in diminuzione delle precipitazioni su tutte le regioni italiane mentre il GISS segnala questo tipo di tendenza solo sulle regioni meridionali.

TABELLA 5 - Confronto tra le tendenze della temperatura indicate dai modelli climatici e le tendenze osservate per l'Autunno.  
 TABLE 5 - Comparison between precipitation tendency, predicted by climatic models, and observed tendency.

Modello	OSU	GFDL	CCM	GISS	Tend. Osserv.
Italia Settentr.	+	+	0	0	+
Italia Centrale	+	0	0	0	+
Italia Meridion.	+	0	0	0	+
Isole	+	0	0	0	+

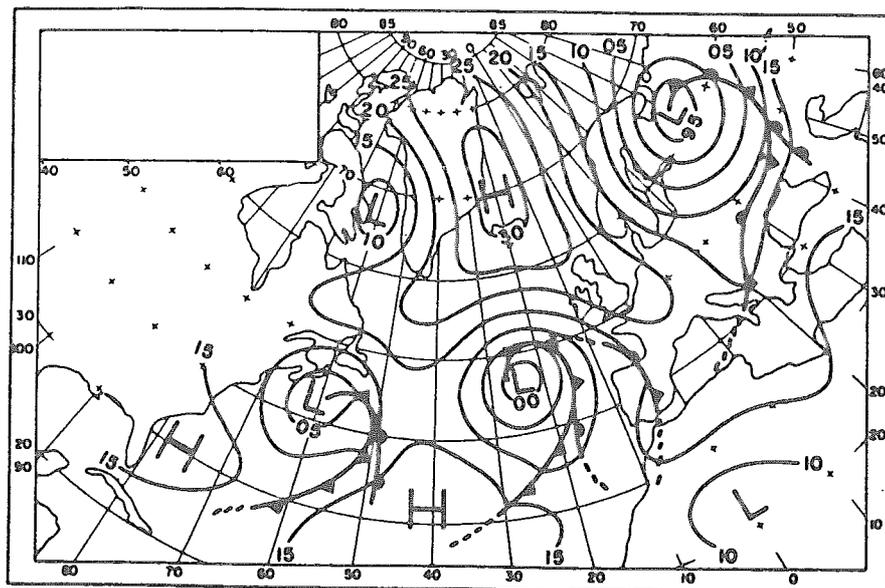
OSU: OREGON STATE UNIVERSITY  
 GFDL: GEOPHYSICAL FLUID DYNAMICS LABORATORY  
 CCM: COMMUNITY CLIMATE MODEL  
 GISS: GODDARD INSTITUTE FOR SPACE SCIENCE

in primavera osservata in Italia meridionale e nelle due maggiori isole è coerente con le simulazioni dei modelli GFDL, CCM e GISS. Inoltre, l'aumento delle precipitazioni nel periodo invernale riscontrato sull'Italia settentrionale risulta in accordo con le simulazioni climatiche dei modelli OSU e GFDL, sebbene questi ultimi segnalino aumenti in una area più estesa di quella che corrisponde alle ten-

Vale la pena di menzionare infine uno studio di modellazione del clima indipendente dai modelli precedentemente indicati, di WILSON & MITCHELL (1987), dal quale viene una ulteriore conferma della tendenza, esplicitamente citata dagli autori, ad una diminuzione delle precipitazioni sulle regioni meridionali italiane. È necessario peraltro ricordare che la maggior parte degli studiosi sono concor-

FIG. 2 - Situazione a «blocco» Eg: cella di alta pressione sulla Groenlandia (da Air Weather ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

FIG. 2 - «Blocking» situation Eg: dominating Polar High cell over Greenland (Air Weather Ser. Tech. Rep. 106-137, 1955).



di nell'affermare che i modelli di simulazione del clima disponibili sono solo «potenzialmente» utili ad una analisi dei caratteri climatici regionali. Gli schemi attuali sono alquanto rudimentali ma il futuro è promettente.

#### UNA SERIE STORICA DI PRECIPITAZIONI NEVOSE SULL'APPENNINO MODENESE

Nelle parti precedenti di questo studio, è stata analizzata la distribuzione nello spazio delle tendenze climatiche sul territorio nazionale, utilizzando un approccio essenzialmente statistico. Partendo però dal presupposto che il clima rappresenta le proprietà medie collettive delle situazioni meteorologiche che si avvicendano nel corso del tempo, viene spontaneo porre il quesito: come interpretare in termini meteorologici le fluttuazioni climatiche?

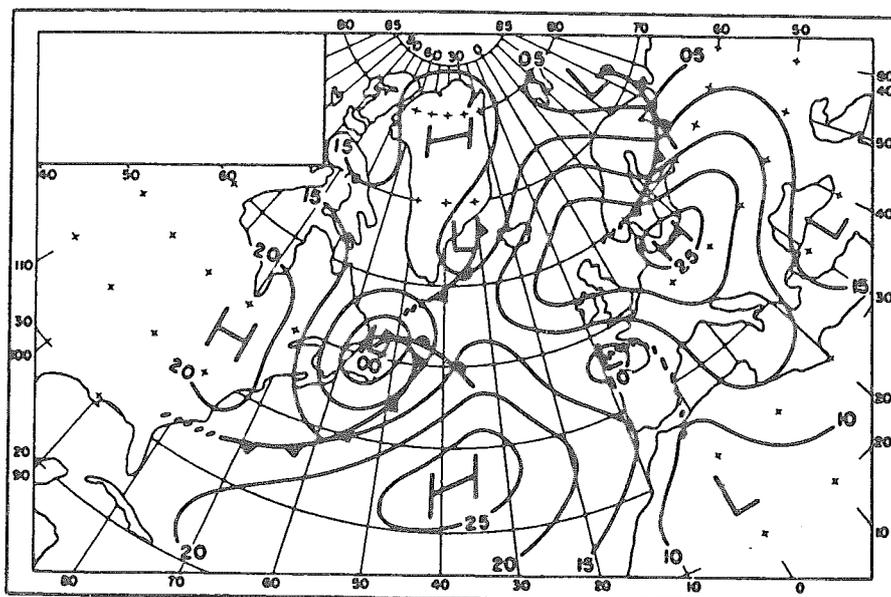
In questa sede si è pensato di valorizzare una nota e ben documentata serie storica di precipitazioni nevose relative al sito di Sestola (Modena), pubblicata da BURCHI & ODDONE nel 1935 e recentemente riconsiderata da GHERARDI (comm. pers.). In particolare, fissando l'attenzione sul semestre freddo (Ottobre-Marzo) di ogni anno, sono stati individuati i giorni in cui si è avuta una caduta di neve apprezzabile.

L'analisi è stata estesa per l'intera serie dall'inverno 1889-1900 all'inverno 1929-1930. In corrispondenza dei giorni con neve si è classificata la situazione meteorologica dominante sull'Europa secondo una metodologia proposta da BAUR (1935). Essa consiste nel raggruppare tutte le possibili situazioni meteorologiche in superficie in tre grandi classi caratterizzate rispettivamente da:

a) flusso zonale prevalente sulla zona euro-atlantica;

FIG. 3 - Situazione a «blocco» Ec: area di alta pressione sopra il continente Europeo (da Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

FIG. 3 - «Blocking» situation Ec: dominating High cell over the continent of Europe (Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).



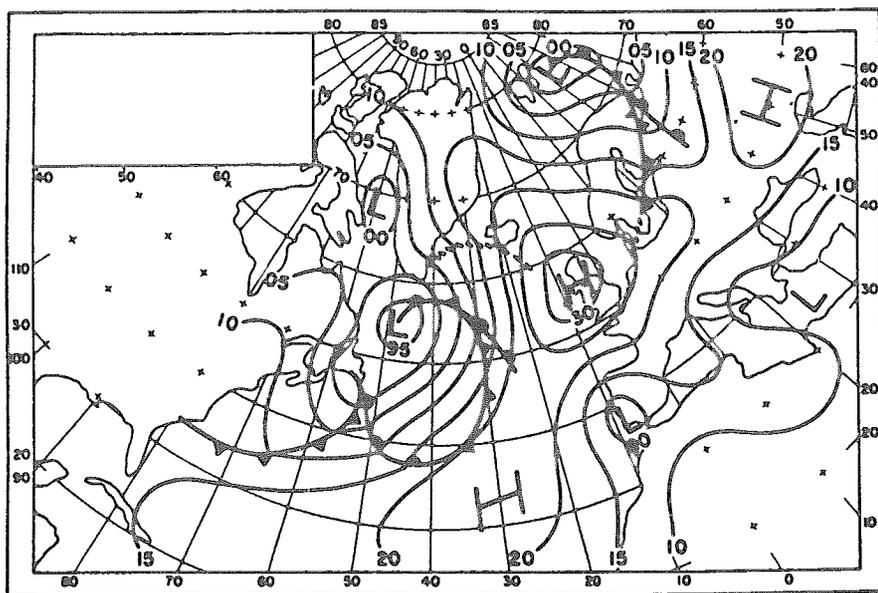


FIG. 4 - Situazione a «blocco» Ea: area di alta pressione che si estende verso NW con centro in Inghilterra (da Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

FIG. 4 - «Blocking» situation Ea: dominating Azores High, with the High extending northward with a center over England (Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

- b) correnti meridiane, con una cella di alta pressione dominante lo scenario europeo;
- c) flusso meridiano con un'area di bassa pressione sull'Europa.

Ciascuna di queste classi principali si suddivide in sottogruppi o in varie combinazioni tra loro.

Si è rilevato che il 48% delle situazioni con caduta di neve si verificano con situazioni cosiddette «a blocco», cioè a casi in cui una grossa cella anticiclonica si trova spostata verso nord rispetto alla posizione normale, interrompendo il flusso zonale alle medie latitudini. Nelle figg. 2, 3, 4 e 5 vengono riportate le quattro situazioni «a blocco» più rappresentative. Nel 39% dei casi la neve sull'Appennino si verifica in concomitanza con situazioni a correnti zonali e soltanto nel 19% dei casi con bassa pressione dominante sull'Europa centrale. Appare dunque evidente e

preponderante l'influenza delle situazioni «a blocco» sulle precipitazioni nevose appenniniche.

Per mettere meglio in evidenza questo fatto si è costruito l'andamento del numero di giorni con situazioni «a blocco» e di quello con precipitazioni nevose. Il risultato è esposto in fig. 6, dalla quale emerge la forte correlazione tra i due elementi considerati. Si nota anche come il numero di situazioni «a blocco», relativamente alto nel primo decennio del 1900, sia andato poi decrescendo con fluttuazioni nell'ambito del periodo considerato. A questo andamento ha fatto riscontro un analogo comportamento dei giorni con precipitazioni nevose.

In conclusione si è rilevato che uno degli aspetti meteorologici più salienti che hanno caratterizzato gli inverni nel trentennio considerato è stata la frequenza delle situazioni «a blocco» sull'Europa. È presumibile che i se-

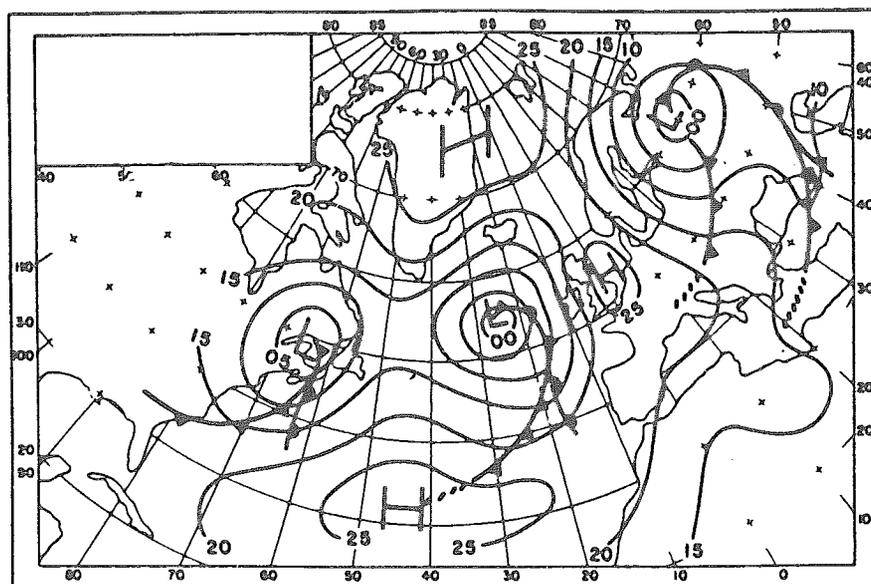


FIG. 5 - Situazione a «blocco» Ew: debole area di alta pressione sopra l'Inghilterra, zona di alta pressione su Groenlandia (da Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

FIG. 5 - «Blocking» situation Ew: similar to Ea, but the extension of the Azores High over England very much weaker, and the Polar High is present similar to Eg (Air Weather Ser. Tech. Rep. 105-137, 1955).

gnali di variazioni climatiche rilevati nei precedenti paragrafi siano influenzati da tale frequenza. Sono in programma ulteriori ricerche per approfondire proprio questo aspetto in successivi lavori.

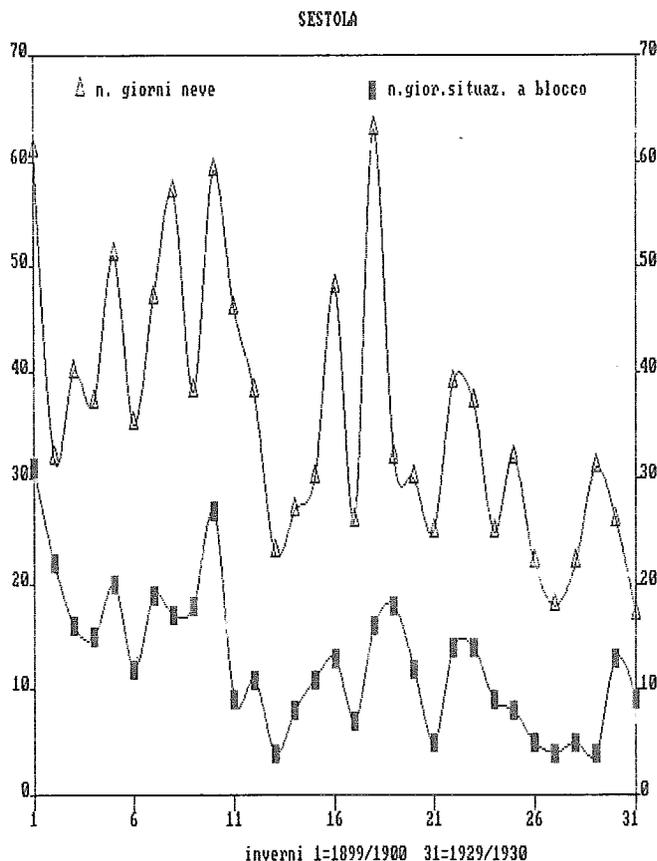


FIG. 6 - Andamento del numero di giorni con situazioni a «blocco» (in ordinata) e di quello con precipitazioni nevose.

FIG. 6 - Number of days characterized by «Blocking situations versus snow rainfall.

## CONCLUSIONI

I risultati di un'analisi condotta su serie centenarie di osservazioni meteorologiche in Italia mostrano in genera-

le una prevalente tendenza all'aumento della temperatura media annuale, mentre non segnalano alcuna tendenza per quanto riguarda il totale annuo di precipitazione.

Lo studio eseguito su base mensile offre un quadro più completo delle tendenze; infatti è emerso che Novembre è il mese che più risente di un aumento di temperatura in quasi tutte le stazioni italiane, mentre sulle regioni meridionali ed insulari le precipitazioni tendono a diminuire nella stagione primaverile. Le tendenze di temperatura e di precipitazione osservate sono state confrontate con i risultati di una simulazione del clima ottenuti con modelli climatici che ipotizzano il raddoppio dei gas «serra». Si è constatato che l'aumento di temperatura nella stagione autunnale è concorde con i risultati del modello dell'Oregon State University. I modelli climatici GFDL, CCM e GISS indicano, in accordo con la realtà osservata, una diminuzione delle precipitazioni primaverili sull'Italia meridionale ed insulare.

Infine è stata analizzata una serie storica di precipitazioni nevose della stazione di Sestola (Modena) e si è osservato che la tendenza evolutiva in diminuzione dei giorni con precipitazioni nevose è associabile alla frequenza decrescente di situazioni meteorologiche «a blocco».

## BIBLIOGRAFIA

- BAUR F. (1955) - *Atlantic European Weather Types 1899-1945*. Air Weather Service Tec. Rep.
- BURCHI O. & ODDONE E. (1935) - *La neve nel clima di Sestola*. Mem. R. Uff. Centr. Meteor. Geof., Roma.
- D'AGOSTINO A. (1987) - *Il problema delle variazioni climatiche, analisi critica delle metodologie*. Univ. di Roma «La Sapienza», Tesi di Laurea Fac. Sc. M.F.N., A.A. 1986-87, Inedita.
- GROTCH S.L. (1988) - *Regional Intercomparisons of General Circulation Model Predictions and Historical Climate Data*. U.S. Depar. of Energy, Washington, D.C.
- PALMIERI S., SIANI A.M. & D'AGOSTINO A. (1991) - *Climate fluctuations and trends in Italy within the last hundred years*. XVI General Assembly EGS, Wiesbaden.
- VELLEMAN P.F. & HOAGLIN D.C. (1981) - *Applications, Basics and Computing of Exploratory Data Analysis*. Duxbury Press, Boston.
- WILSON C.A. & MITCHELL J.F.B. (1987) - *Simulated climate and CO<sub>2</sub> induced climate change over western Europe*. Climate Change, 10, 11, 42.