

FRANCO RAPETTI & SEBASTIANO VITTORINI (\*)

## ASPETTI DEL CLIMA DEL BACINO DEL GESSO (ALPI MARITTIME) IN RELAZIONE ALLA PRESENZA DI ALCUNI PICCOLI GHIACCIAI

**Abstract:** RAPETTI F. & VITTORINI S., *Aspects of the Gesso Basin climate (Maritime Alps) concerning the presence of some small glaciers.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

The principal elements of the climate of the Gesso Valley, such as temperature, rainfall and snowfall have been studied. Thanks to the linear regression method, monthly and yearly temperature gradients have been calculated; in particular the yearly one results to be 0.45 °C/100 m. Besides, through the altimetric gradient the monthly and yearly altitude of 0 °C was calculated. In this last decade, the temperature trend has shown a sensible fall, especially in Spring and in Summer. As far as rainfall is concerned, a negative trend was also revealed for all seasons. In particular, at the Chiotas station the yearly decrease is considerable and may be measured at 23 mm/year. The same trend was noticed in snowfall where, at higher stations, such as the Piastra and Chiotas dams, it reaches 13 and 23 mm/year respectively. The studied thermic and snow trends clash as far as the glacier dynamics are concerned; in recent years, however, the Gesso Valley glacier have suffered a heavy contraction, owing to the drop in snowfall.

**KEY WORDS:** Climatic variations, Glacier fluctuations, Maritime Alps.

**Riassunto:** RAPETTI F. & VITTORINI S., *Aspetti del clima del bacino del Gesso (Alpi Marittime), in relazione alla presenza di alcuni piccoli ghiacciai.* (IT ISSN 0391-9838, 1992).

Sono stati studiati i principali elementi del clima della Valle del Gesso (subaffluente del Tanaro), quali la temperatura, le piogge e le precipitazioni nevose.

Con il metodo della correlazione lineare sono stati calcolati i gradienti termici mensili ed annui; quello annuo risulta essere di 0,45 °C/100 m. La determinazione del gradiente altimetrico ha inoltre consentito di individuare l'altitudine mensile ed annua dello zero termico.

La tendenza della temperatura mostra, generalmente, una lieve flessione, specie in Primavera ed in Estate. Anche per le precipitazioni

si è rilevato un *trend* negativo, che si verifica in tutte le stagioni; in particolare alla diga di Chiotas (1980-1990) la diminuzione annua è piuttosto sensibile e valutabile in 23 mm/anno. Lo stesso andamento si è registrato per le precipitazioni nevose, che, nelle stazioni più elevate (dighe di Piastra e di Chiotas), ha registrato, nell'ultimo decennio, una diminuzione rispettivamente di 13 e di 23 cm/anno.

Per quanto riguarda la dinamica dei ghiacciai, gli andamenti termici e nivometrici riscontrati sono contrastanti, ma la flessione delle precipitazioni nevose ha senz'altro avuto un peso maggiore. A quest'ultimo fattore è probabile perciò che si debba attribuire il forte regresso subito, negli ultimi anni, dai ghiacciai della Valle del Gesso.

**TERMINI CHIAVE:** Variazioni climatiche, Fluttuazioni glaciali, Alpi Marittime.

### INTRODUZIONE

Durante le fasi di espansione glaciale quaternarie varie lingue glaciali hanno interessato l'alto e medio bacino del Torrente Gesso. In particolare, nel Würm, le lingue che scendevano dalle convalle della Rovina, della Barra e del Bousset confluivano in corrispondenza dell'attuale abitato di Entracque, a 900 m di quota, che è stato edificato su un imponente deposito morenico, residuo del cordone sinistro del Gesso di Entracque (FEDERICI & PAPPALARDO, 1991). Nelle parti più elevate del bacino le tracce del glacialismo sono maggiormente evidenti, per la presenza di numerosi circhi glaciali, di laghetti di vetta, di soglie in roccia e di depositi morenici (fig. 1). Attualmente i ghiacciai del bacino del Gesso sono ridotti a sette, tutti di dimensioni molto piccole, come il Ghiacciaio del Clapier, che ha una superficie di 19 ettari (quota media 2 670 m) e quello di Gelas che ha un'estensione di 20 ettari (2 700 m). Essi, a dispetto delle loro dimensioni, sono però di notevole interesse glaciologico perché sono i ghiacciai più meridionali dell'intero Arco alpino italiano e i più vicini al mare, poiché distano appena 40 km dal Mar Ligure.

L'area studiata è posta nelle Alpi Marittime e il suo spartiacque meridionale, che si affaccia sulla Provenza in-

(\*) Centro di Studio per la Geologia Strutturale e Dinamica dell'Appennino, C.N.R., Pisa.

Lavoro svolto nell'ambito della convenzione «I ghiacciai della Valle del Gesso (Stura di Demonte, Cuneo)» ENEL CRIS - Comitato Glaciologico Italiano (Resp. P.R. Federici).

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).

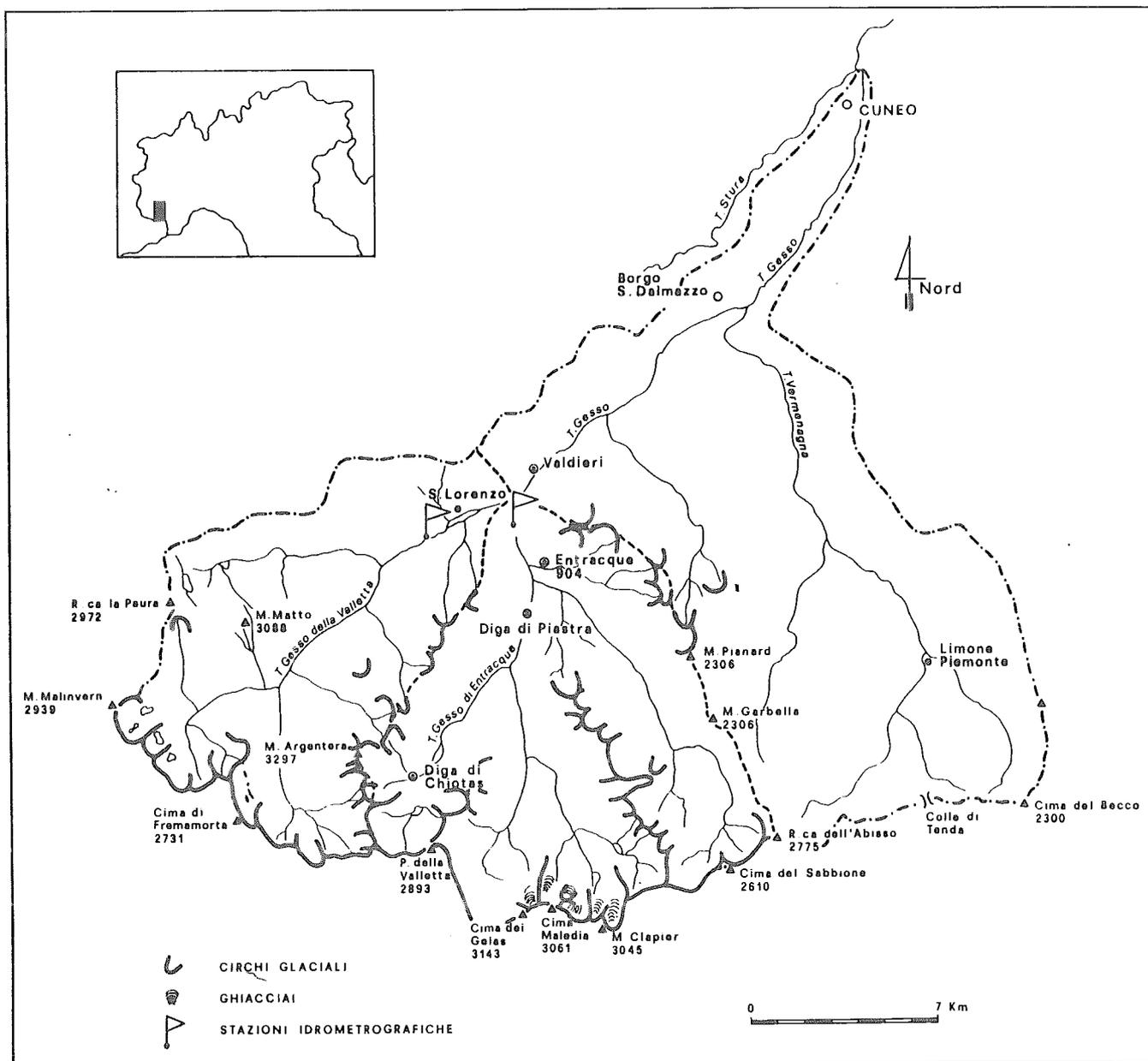


FIG. 1 - Il bacino del Gesso ed aspetti della morfologia glaciale presenti in alcune sue parti.

FIG. 1 - The Gesso basin and some aspects of its glacial morphology.

terna, coincide con il confine francese. Lo spartiacque rappresenta, per il suo orientamento e per l'altitudine dei rilievi che lo costituiscono, un importante fattore climatico, in quanto si oppone come una barriera al flusso delle masse d'aria umide provenienti dal III e dal IV quadrante, che scaricano la loro umidità prevalentemente sopravvento alle Alpi. Questa circostanza può essere la causa, come si vedrà meglio in seguito, delle non cospicue precipitazioni che si verificano nella regione in esame.

La nostra attenzione si è rivolta particolarmente ai bacini del Gesso di Entracque e del Gesso della Valletta, che attualmente sono oggetto di ricerche glaciologiche e di mor-

fologia periglaciale. I due torrenti, che scorrono nei bacini citati, confluiscono poco a monte di Valdieri, formando il T. Gesso, affluente della Stura di Demonte, a sua volta tributaria del Fiume Tanaro.

A completamento di queste brevi note geografiche è opportuno fare qualche considerazione, sia pure a grandi linee, circa un aspetto della morfometria dell'area studiata, che serve a mettere in evidenza il carattere di media ed alta montagna del territorio. A questo proposito è sufficiente osservare che appena l'1,85% di esso cade al di sotto dei 900 m, che il 21,2% è compreso tra i 900 e i 1 500 m, mentre il 56,9% ricade nella fascia altimetrica

compresa tra i 1 500 e i 2 400 m; infine ancora ben il 20% della superficie del bacino è posto al di sopra dei 2 400 m.

## LE CONDIZIONI CLIMATICHE

La presente ricerca è stata suggerita dalla necessità di acquisire ulteriori conoscenze sulle caratteristiche climatiche del bacino del Gesso, in relazione all'evoluzione dei piccoli ghiacciai ivi presenti. Purtroppo il numero di stazioni meteorologiche disponibili per tale indagine è molto scarso. Le carenze più grandi si riscontrano alle quote più elevate, se si considera che la stazione più alta è quella della diga di Chiotas a 1 980 m mentre il bacino alimentatore culmina, col M. Argentera, a 3 297 m.

La tab. 1 elenca le stazioni termometriche, pluviometriche e nivometriche utilizzate e i relativi periodi di funzionamento. Per quanto riguarda quest'ultimo aspetto bisogna rilevare che tali periodi non sempre coincidono; ciò

TABELLA 1 - Alcune caratteristiche delle stazioni meteorologiche.  
TABLE 1 - Some characteristics of meteorological stations.

	Quota m	Tipo di misura	Periodo di funzionamento
Cuneo	536	Temperatura Precipitazioni	1926-1983 1921-1983
Borgo S. Dalmazzo	641	Temperatura Precipitazioni	1962-1983 1921-1983
Valdieri	762	Precipitazioni	1958-1983
Entracque	900	Precipitazioni	1921-1970
Diga di Piastra	959	Temperatura Precipitazioni Manto nevoso	1966-1990 1970-1990 1970-1990
Colle di Tenda	1321	Precipitazioni	1921-1970
Diga di Chiotas	1980	Temperatura Precipitazioni Manto nevoso	1980-1990 1980-1990 1980-1990

comporta ovviamente una difficoltà nel trattamento informatico dei dati e nel confronto tra gli andamenti temporali degli elementi del clima delle diverse stazioni.

Le fonti da cui abbiamo attinto i dati sono gli Annali Idrologici (MIN. LL. PP. UFF. IDROGR. DEL PO, 1926-1983) e l'Annuario di Statistiche Meteorologiche (I.S.T.A.T., 1962-1983); a queste si aggiungono i dati pubblicati dalla REGIONE PIEMONTE (1980) e quelli rilevati direttamente dall'ENEL presso le dighe di Piastra e di Chiotas (dati inediti, 1966-1990).

## LA TEMPERATURA DELL'ARIA

Lo studio della temperatura dell'aria, già di per sé importante in ogni indagine ambientale, in questo caso riveste un particolare rilievo, considerato che la regione studiata è di alta montagna e che l'andamento termico si ripercuote, tra l'altro, in modo diretto, sui processi di accumulo della neve e di ablazione dei ghiacciai presenti.

I dati delle temperature mensili ed annue sono riportati nella tab. 2. Il regolare decremento dei valori termici con l'altitudine qui appare però disturbato dall'andamento della temperatura di Piastra; infatti a Gennaio, Settembre e Dicembre, in questa stazione si verifica addirittura un'inversione termica, poiché questi mesi sono più caldi dei rispettivi periodi di Borgo S. Dalmazzo, che pure si trova ad un'altitudine minore di circa 300 m. In via ipotetica questa anomalia potrebbe essere posta in relazione con l'azione mitigatrice determinata dal bacino artificiale ivi presente, che è di cospicue dimensioni.

Esso ha infatti una capacità totale di  $12 \times 10^6 \text{ m}^3$  e sicuramente ha determinato un impatto ambientale di natura termica. Lo testimonierebbe, a nostro avviso, il fatto che la temperatura media alla diga di Piastra, dopo il riempimento dell'invaso, ha subito un incremento di più di 2 °C. Infatti nel 1966 e nel 1967 si registrarono rispettivamente i valori di 7,4° e 7,2° mentre, dal 1968 la temperatura media annua si è attestata intorno ai 10°. Tale azione mitigatrice è senz'altro confermata dal fatto che, a detta dei tecnici della diga, anche durante gli inverni più rigidi, l'acqua dell'invaso non è mai arrivata al punto di congelamento.

TABELLA 2 - Temperature mensili ed annue (°C).  
TABLE 2 - Monthly and yearly temperatures (°C).

Stazioni	Quota m	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Cuneo (1926-1983)	536	1.2	2.6	6.4	10.3	14.1	18.6	21.2	20.4	17.1	11.5	6.1	2.5	11.0
Borgo S. Dalmazzo (1962-1983)	641	1.1	2.4	5.8	9.3	13.8	17.6	20.5	19.3	15.6	11.3	5.8	2.2	10.4
Diga di Piastra (1966-1990)	959	1.2	2.2	4.9	7.9	12.0	15.9	19.5	18.9	15.8	11.0	5.4	2.4	9.8
Diga di Chiotas (1980-1990)	1980	-2.9	-3.0	-1.3	1.2	4.3	8.6	12.2	11.5	9.0	5.0	0.5	-1.1	3.7

Nelle stazioni di Piastra e di Chiotas (tab. 3) la media mensile più elevata è risultata di 21,9° nella prima e di 15,0° nella seconda; la media mensile più bassa è stata rispettivamente di -2,3° e di -8,4°. Una forte differenza fra le due stazioni si nota inoltre tra le temperature dell'anno più caldo e quelle dell'anno più freddo, come si rileva ancora dalla tabella 3. Vi è pure un sensibile divario

Nella tabella 4 sono riportate le equazioni delle rette di regressione della relazione tra altitudine e temperatura per i mesi e per l'anno. Da essa si può osservare che il gradiente termico annuo è di 0,45°/100 m, che risulta piuttosto basso rispetto, ad esempio, a quello calcolato per l'Appennino Settentrionale, dove raggiunge il valore di 0,58° e per le Alpi Meridionali francesi in cui è di 0,59°/100 m

TABELLA 3 - Escursione annua della temperatura e valori estremi delle medie mensili ed annue (°C).  
TABLE 3 - Yearly range of temperature and extreme values of monthly and yearly average temperatures (°C).

	Escurs. annua	Estremi max. mensili	Estremi min. mensili	Estremi annui
Cuneo	20.0	24.9 VII/85	-4.3 II/56	13.1 1945 9.2 1963
Borgo S. Dalmazzo	19.4	22.5 VII/82	-4.3 I/63	11.7 1967 7.7 1983
Diga di Piastra	18.3	21.9 VII/83	-2.3 I/85	11.0 1985 7.2 1967
Diga di Chiotas	15.2	15.0 VII/83	-8.4 II/86	4.8 1989 2.3 1987

fra le temperature estreme giornaliere, le quali oscillano tra i 40,0° (7/VII/82) e i -17,0° (6/III/71) alla diga di Piastra, mentre a quella di Chiotas esse assumono i valori di 28,0° (30/VII/83) e -24,0° (10/II/86). Nel considerare l'andamento mensile, mentre a Piastra si nota un aumento sia delle temperature massime, sia di quelle minime, a Chiotas invece si registra una lieve diminuzione di quelle massime ed un modesto aumento di quelle minime.

#### Il gradiente termico

Come s'è già visto, il numero delle stazioni termome-

(DOUGUEDROIT & DE SAINTIGNON, 1981; RAPETTI & alii, 1988; MIN. LL. PP., SERV. IDROGR., 1969). Il suo andamento stagionale è invece conforme a quello riscontrato in altre zone, poiché i minimi valori si registrano in inverno (0,23°/100 m, a Gennaio) e i massimi in primavera (0,63°/100 m, a Maggio). Utilizzando questi dati si ottiene agevolmente la variazione di altitudine per unità di variazione della temperatura. Il gradiente medio annuo è di 214 m/grado; quello minimo mensile è di 151 m/grado (Maggio) e quello massimo è di 346 m/grado (Gennaio): in quest'ultimo dato è palese l'influenza degli episodi di

TABELLA 4 - Equazioni delle rette di regressione della correlazione tra l'altitudine e la temperatura media mensile ed annua (1980-1983).  
TABLE 4 - Equations of the regression lines concerning the correlation between the altitude and the monthly-yearly average temperatures (1980-1983).

G	$T = 3.02 - 0.0023 h$ (r = - 0.89)	L	$T = 24.15 - 0.0055 h$ (r = - 0.97)
F	$T = 4.63 - 0.0039 h$ (r = - 0.99)	A	$T = 23.15 - 0.0055 h$ (r = - 0.96)
M	$T = 9.12 - 0.0047 h$ (r = - 0.99)	S	$T = 19.79 - 0.0049 h$ (r = - 0.95)
A	$T = 12.33 - 0.0049 h$ (r = - 0.99)	O	$T = 14.05 - 0.0044 h$ (r = - 0.97)
M	$T = 17.23 - 0.0063 h$ (r = - 0.98)	N	$T = 8.00 - 0.0031 h$ (r = - 0.98)
G	$T = 21.38 - 0.0058 h$ (r = - 0.98)	D	$T = 4.01 - 0.0025 h$ (r = - 0.99)
Anno		$T = 13.40 - 0.0045 h$ (r = - 0.98)	

triche è assai limitato e quindi, per conseguire una più estesa conoscenza delle condizioni termiche dell'intera area, si è calcolato il gradiente termico. Le stazioni prese in considerazione per questa indagine sono quelle di Cuneo, di Borgo S. Dalmazzo, della diga di Piastra e di quella di Chiotas. Il periodo di osservazioni termometriche comune alle quattro stazioni risulta però di soli quattro anni, dal 1980 al 1983. Nonostante ciò, si è preferito, per ovvi motivi di precisione, calcolare il gradiente termico su questo breve intervallo, piuttosto che determinarlo su periodi più lunghi, ma non contemporanei.

inversione termica.

#### Lo zero termico

Con il gradiente altimetrico si è potuto calcolare l'altitudine dello zero termico mensile, com'è illustrato dalla fig. 2. Si osserva che la sua altitudine minima (1 170 m) si verifica a Febbraio, mentre quella massima (4 190 m) si ha in Luglio, ben al di sopra della quota massima del bacino. Secondo alcuni autori, quando non sono disponibili osservazioni dirette del limite altimetrico delle nevi per-

manenti, per ottenere un'indicazione dell'altitudine alla quale si verifica accumulo di neve, si ricorre alla quota media dello zero termico del mese più caldo. Infatti risulta che il limite delle nevi persistenti si trova ad una quota inferiore a quella dello zero termico di Luglio (CERUTTI, 1985). Il livello dello zero termico di tale mese va perciò considerato come l'altitudine minima alla quale la neve è soggetta sicuramente a fenomeni di accumulo.

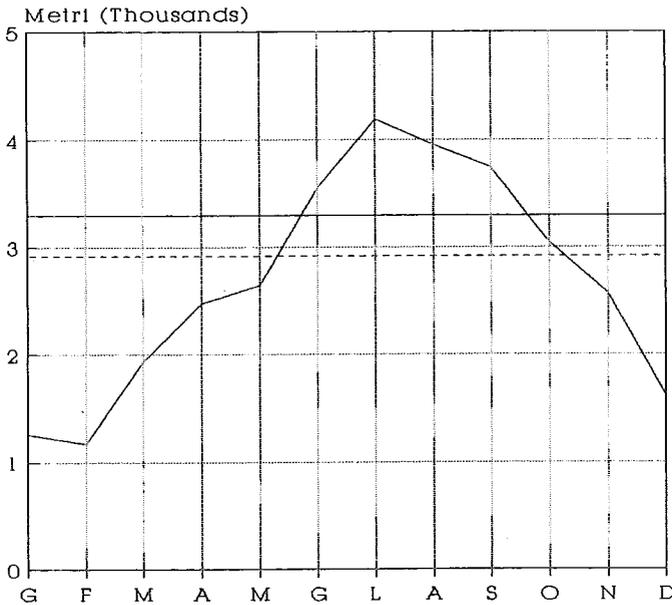


FIG. 2 - Regime dello zero termico nel bacino del Gesso (1980-1983). Sono indicate la quota massima del bacino (linea continua) e la quota media dello zero termico (linea tratteggiata).

FIG. 2 - Monthly altitude of 0 °C in the Gesso basin (1980-1983). The greatest altitude of the basin (straight line) and the average height of 0 °C (dashed line) are shown.

### I cicli di gelo e disgelo

Un altro aspetto della temperatura che, in ambiente periglaciale, riveste un notevole interesse è rappresentato dal numero dei cicli di gelo e disgelo. Per il calcolo delle frequenze si sono considerati *giorni con gelo* quelli in cui la temperatura minima diurna è stata inferiore o uguale a zero gradi, *giorni senza disgelo* quelli in cui la temperatura massima diurna non ha raggiunto valori positivi ed infine si è considerato compiuto un ciclo di gelo e disgelo per ogni passaggio della temperatura da valori positivi a valori negativi e viceversa, considerando lo zero come valore negativo.

Il regime dei cicli di gelo e disgelo indica che a Piastra il massimo numero di cicli si verifica a Gennaio e a Dicembre, mentre, da Giugno a Settembre essi sono completamente assenti. A Chiotas si hanno invece due massimi, quello principale ad Aprile e quello secondario a Novembre, poiché, come accade nelle località di alta montagna, nei mesi invernali la temperatura rimane, con maggiore frequenza, al di sotto dello zero. Com'è ovvio, in questa località il periodo senza cicli è molto breve, da Luglio ad Agosto.

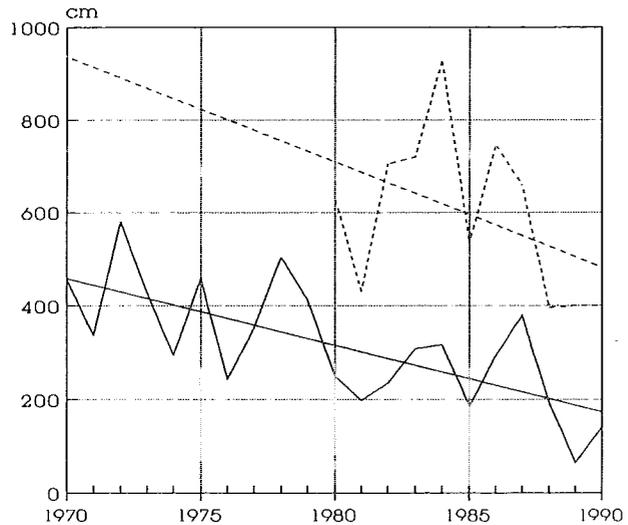


FIG. 3 - Andamento dei giorni senza disgelo (linea tratteggiata), con gelo (linea continua) e senza disgelo (linea punteggiata), alla diga di Chiotas (1980-1990).

FIG. 3 - Trend of no thaw days (dashed line) and of frost (continuous line) and no frost days (dotted line) at the Chiotas dam (1980-1990).

Le variazioni interannuali del numero dei cicli mostrano una marcata tendenza ad una diminuzione in ambedue le stazioni. Ciò dipende dall'aumento, nel corso del tempo, del numero dei giorni senza disgelo, dalla netta flessione di quelli con gelo e dal sensibile aumento dei giorni senza gelo (fig. 3; tab. 5).

TABELLA 5 - Numero di giorni senza disgelo, di gelo, senza gelo, all'anno ed equazioni delle rette di regressione relative alla diga di Chiotas (1980-1990).

TABLE 5 - Number of no thaw days and number of frost and no frost days in the year and equations of their regression lines at Chiotas dam (1980-1990).

	N° giorni senza disgelo	N° giorni con gelo	N° giorni senza gelo
1980	55	153	158
1981	54	112	199
1982	59	153	153
1983	37	149	179
1984	74	151	141
1985	74	107	184
1986	86	109	170
1987	88	104	173
1988	55	121	190
1989	33	137	195
1990	73	107	185
Media	63	128	175
	$N = -1886,4 + 0,9818 A$	$N = 6587,8 - 3,2545 A$	$N = -4282,0 + 2,2455 A$

### La tendenza interannuale della temperatura

Nella regione in esame la stazione che presenta la serie termometrica più lunga è quella di Cuneo, che comprende il periodo 1926-1983 (fig. 4). La tendenza riscontrata in questa serie è particolarmente interessante poiché, secondo un recente studio condotto su 27 stazioni italiane (GIUFFRIDA & CONTE, 1991), Cuneo è l'unica località

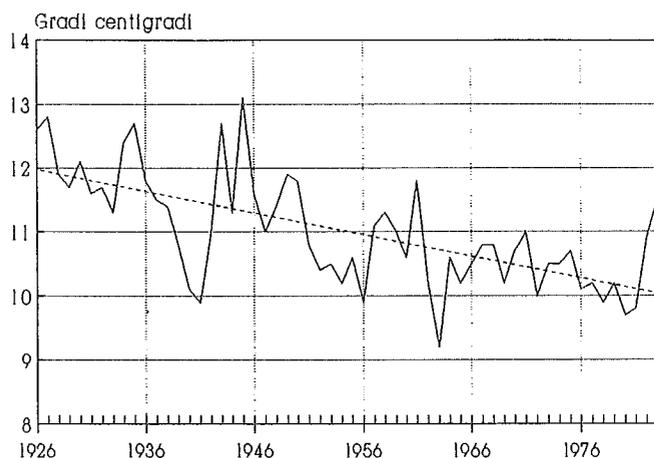


FIG. 4 - Andamento delle temperature medie annue a Cuneo.

FIG. 4 - Trend of average yearly temperature at Cuneo.

che presenta un *trend* negativo. Infatti la temperatura, dall'inizio delle osservazioni, diminuisce con una certa regolarità fino al 1980 e soltanto dopo quell'anno si assiste ad un suo brusco innalzamento. Purtroppo non sono disponibili ulteriori dati che possano confermare questa inversione di tendenza. Tuttavia dall'andamento delle medie mobili si può individuare, anche per questa stazione, il ciclo freddo che si è verificato a scala planetaria dal 1950 alla metà degli anni '70 (PINNA, 1991).

Le altre stazioni del bacino del Gesso, eccettuata quella di Piastra, mostrano lo stesso andamento, significando che esso rappresenta una caratteristica della zona studiata.

L'analisi degli andamenti stagionali indica generalmente una maggiore flessione delle temperature in primavera ed in estate ed una diminuzione più contenuta in Autunno ed in Inverno, salvo che a Chiotas dove si registra un leggero aumento delle temperature invernali. Anche per questo aspetto, soltanto la stazione di Piastra, come s'è detto, mostra un *trend* positivo in tutte le stagioni.

### LE PRECIPITAZIONI

L'andamento delle precipitazioni non presenta, com'è noto, una variazione regolare con l'altitudine; nel nostro caso, il pluviometro della diga di Chiotas registra, ad esempio, afflussi più bassi di quelli delle altre stazioni, pur essendo posta alla quota più elevata del bacino (tab. 6). Questa anomalia si inquadra nel problema delle registrazioni nivopluviometriche ad alta quota, dove prevalgono le precipitazioni nevose e dove la morfologia dei rilievi gioca un ruolo fondamentale nel determinare variazioni di afflussi meteorici anche in ambiti territoriali molto ristretti. A tale proposito, le ricerche condotte in montagna, confermano l'insufficienza degli strumenti a misurare l'effettiva quantità delle precipitazioni. Questo fatto è stato messo in evidenza da molti autori, tra cui GIADA & ZANON (1985), i quali hanno studiato il problema in una stazione sperimentale posta sulla Vedretta del Careser (bacino dell'Adige). In queste ricerche si è riscontrato un deficit di registrazione fra il 31 e il 50% rispetto agli equivalenti in acqua della neve caduta, misurata giornalmente sull'apposita tavoletta nivometrica. Anche in un altro ambiente, come ad esempio, sul M. Cimone (2 165 m), nell'Appennino Settentrionale, si registrano appena 745 mm di precipitazio-

TABELLA 6 - Precipitazioni medie mensili ed annue.

TABLE 6 - Average monthly and yearly precipitations.

Stazioni	Quota m	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
Cuneo (1921-1983)	536	55	60	94	108	126	87	48	66	80	110	107	74	1015
Borgo S. Dalmazzo (1921-1983)	641	61	68	101	122	143	90	54	72	88	120	112	82	1113
Valdieri (1958-1983)	762	63	86	146	146	149	113	59	115	109	165	136	112	1399
Entracque (1921-1970)	900	77	78	116	132	158	86	53	75	107	154	155	113	1304
Diga di Piastra (1970-1990)	959	94	88	106	154	136	78	59	86	86	149	87	76	1199
Colle di Tenda (1921-1970)	1321	80	95	122	128	156	100	62	69	115	170	176	116	1389
Diga di Chiotas (1980-1990)	1980	43	35	55	140	143	88	59	89	93	124	71	62	1002

ni annue (1961-1980) contro i 2 165 mm di Boscolungo (1 340 m), località situata a pochi chilometri da questo rilievo (RAPETTI & VITTORINI, 1989).

### Il gradiente pluviometrico

Per migliorare la conoscenza degli afflussi in tutto il bacino del Gesso è stato necessario determinare il gradiente pluviometrico mensile ed annuo. Il calcolo è stato impostato sui dati delle stazioni di Cuneo, di Borgo S. Dalmazzo, di Entracque e del Colle di Tenda, per avere queste quat-

Colle di Tenda, mentre, ad altitudini maggiori, esse devono essere utilizzate con opportuna cautela. Comunque i valori dei coefficienti di correlazione mensili sono generalmente molto elevati; fanno eccezione infatti i coefficienti di Giugno e di Luglio, che sono più modesti (0,58 e 0,40). Questo andamento è stato rilevato anche in altre zone montuose, per cui si può ritenere che ciò dipenda dal carattere delle precipitazioni estive, prevalentemente temporalesche, e quindi a distribuzione spaziale ancora meno omogenea di quelle degli altri mesi (RAPETTI & VITTORINI, 1989).

TABELLA 7 - Equazioni delle rette di regressione della correlazione tra l'altitudine e le precipitazioni medie mensili ed annue (1921-1970).  
TABLE 7 - Equations of the regression lines concerning the correlation between altitude and the average monthly and yearly precipitations (1921-1970).

G	$P = 13.30 + 0.0537 h$ (r = 0.99)	L	$P = 55.97 + 0.006 h$ (r = 0.40)
F	$P = 7.95 + 0.0594 h$ (r = 0.97)	A	$P = 45.10 + 0.0139 h$ (r = 0.99)
M	$P = 35.70 + 0.0776 h$ (r = 0.94)	S	$P = 62.45 + 0.0354 h$ (r = 0.99)
A	$P = 114.42 + 0.0281 h$ (r = 1.00)	O	$P = 67.17 + 0.0892 h$ (r = 1.00)
M	$P = 81.43 + 0.0223 h$ (r = 0.97)	N	$P = 84.67 + 0.0874 h$ (r = 0.98)
G	$P = 87.28 + 0.0152 h$ (r = 0.58)	D	$P = 45.32 + 0.0656 h$ (r = 0.94)
Anno		$P = 700.81 + 0.5536 h$ (r = 0.97)	

tro località un lungo periodo comune di osservazioni (1921-1970). Il pluviometro del Colle di Tenda, pur essendo posto al limite orientale del bacino, è stato utilizzato perché rappresenta la stazione più elevata con una lunga serie di dati.

Le precipitazioni, come s'è già detto, aumentano con l'altitudine, fino ad una certa quota, oltre la quale si stabilizzano o addirittura subiscono un decremento. Pertanto le equazioni delle rette di regressione, relative al gradiente mensile ed annuo, riportate nella tabella 7, hanno una maggiore validità fino a quote prossime a quelle del

### I regimi pluviometrici

Da uno studio di inquadramento geografico dei regimi pluviometrici, riguardante tutta l'Italia (PINNA & VITTORINI, 1985), risulta che l'area in esame è situata proprio lungo quella importante linea di demarcazione che divide i regimi a minimo estivo, a sud, da quelli a minimo invernale, a nord, e che si fa coincidere, grosso modo, con il corso del Po. Nel bacino del Gesso infatti, pur prevalendo il minimo invernale, esistono tre stazioni che presentano il minimo estivo (tab. 8).

TABELLA 8 - Precipitazioni stagionali, regime delle precipitazioni, intensità media annua e indice annuo di variabilità.  
TABLE 8 - Seasonal precipitations, rainfall regimen, average yearly intensity and annual index of variability.

	I	Precipitazioni Stagionali			Regime	Intensità media annua mm/g.p.	Indice annuo di variabilità
		P	E	A			
Cuneo	188	329	201	297	PAEI	12,1	17,8
Borgo S. Dalmazzo	211	366	215	320	PAEI	13,2	21,1
Valdieri	264	440	287	410	PAEI	18,7	20,4
Entracque	268	406	214	416	APIE	18,4	20,7
Diga di Piastra	259	395	223	322	PAIE	13,4	21,4
Colle di Tenda	289	407	232	461	APIE	19,1	19,2
Diga di Chiotas	134	339	236	289	PAEI	10,6	15,7

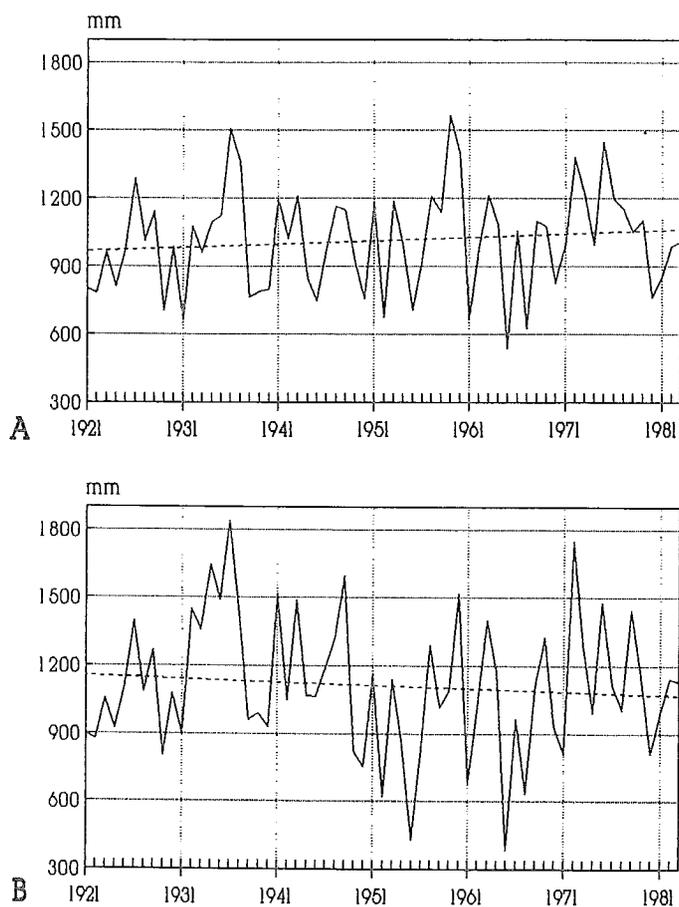


FIG. 5 - Andamento delle precipitazioni annue a Cuneo (A) e a Borgo S. Dalmazzo (B) (1921-1983).

FIG. 5 - Trend of the yearly precipitations at Cuneo (A) and Borgo S. Dalmazzo (B) (1921-1983).

### L'intensità delle precipitazioni

L'intensità media annua delle precipitazioni, espressa in millimetri per giorno piovoso, oscilla tra 10,6 mm alla diga di Chiotas e 19,1 mm/g.p. al Colle di Tenda. L'andamento annuo dell'intensità presenta il massimo principale in autunno (Ottobre-Novembre), quello secondario in Primavera (in genere in Aprile) e il minimo in Estate. Nel periodo di osservazioni il valore mensile più elevato si è registrato al Colle di Tenda, nell'Ottobre del 1965, con 68,8 mm/g.p., ma, anche in molti altri mesi ed in altre stazioni, sono state registrate intensità superiori a 60 mm/g.p.

### L'indice di variabilità

Naturalmente le precipitazioni hanno una variabilità interannuale e, per poterne valutare l'entità, si è utilizzato l'indice di variabilità di CONRAD (1941). Nelle stazioni pluviometriche del bacino del Gesso esso ha un valore che si colloca bene tra quelli caratteristici dell'Italia settentrionale (BISSANTI, 1970), oscillando tra il 15,7% di Chiotas e i 21,4% di Piastra (tab. 8).

### Le tendenze delle serie pluviometriche

Le serie pluviometriche più lunghe sono quelle di Cuneo e di Borgo S. Dalmazzo, che coprono ininterrottamente il periodo 1921-1983. Importanti sono anche quelle di Tenda e di Entracque i cui dati vanno dal 1921 al 1970, mentre le altre stazioni abbracciano periodi più brevi. Caratteristica principale di tutte le serie, eccetto quelle di Cuneo, è di presentare, nel periodo di osservazione, una tendenza negativa più o meno marcata. Borgo S. Dalmazzo registra la più accentuata diminuzione tendenziale, con 2,5 mm/anno, seguita da Entracque, con 2,1 mm/anno (fig. 5 A,B).

Per le stazioni che hanno funzionato solo negli ultimi decenni, come quella di Piastra e di Chiotas, la diminuzione è fortissima, rispettivamente di 29,1 e di 23 mm/anno. Bisogna però notare che i dati di queste due località sono relativi agli ultimi due decenni, in cui, com'è noto, in Italia si è verificato un forte e generalizzato decremento delle precipitazioni. Calcolando infatti, dal 1970, il trend delle altre stazioni, si sono ottenuti, anche per queste, valori negativi molto più alti che non considerando l'intera serie. Ad esempio a Borgo S. Dalmazzo, Cuneo e Valdieri, per il periodo 1970-1983, il decremento annuo è stato rispettivamente di 6,92, di 13,0 e di 25,1 mm/anno. Questa tendenza negativa si verifica, come s'è visto, anche a Cuneo, che invece, considerando tutta la serie, aveva mostrato un lieve andamento positivo (0,9 mm/anno).

Questo ultimo ventennio presenta perciò, nella regione in esame, un periodo di forte flessione delle precipitazioni, che, tra l'altro, può aver avuto ripercussioni sull'idrologia ed anche sulla dinamica dei ghiacciai. La flessione constatata è da imputare principalmente alla forte diminuzione delle precipitazioni primaverili ed autunnali, più che a quelle estive ed invernali, ove addirittura, in alcuni casi, si ha un debole incremento; a Piastra e a Chiotas invece l'andamento è negativo in tutte le stagioni.

TABELLA 9 - Quantità media di neve caduta nell'anno (in cm) alla diga di Piastra (1970-1990) e di Chiotas (1980-1990).

TABLE 9 - Average amount of snow (centimeters) in one year at the Piastra (1970-1990) and Chiotas (1980-1990) dams.

	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	Anno
PIASTRA	87.7	66.6	54.5	19.3	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	3.0	26.4	56.2	316.2
CHIOTAS	86.2	67.1	110.2	115.5	41.4	7.6	0.0	0.0	1.4	22.2	75.1	69.2	595.9

L'indagine sull'entità delle precipitazioni nevose è stata condotta sulla base dei dati giornalieri della neve caduta alle dighe di Piastra e di Chiotas. La tabella 9 mostra che a Chiotas il mese più nevoso è Aprile, con una quantità media di 115,5 cm di neve caduta; i mesi con assenza di precipitazioni nevose sono stati Luglio ed Agosto. Alla diga di Piastra il massimo si verifica a Gennaio (87,7 cm), mentre i mesi senza precipitazioni nevose sono ben quattro e vanno da Giugno a Settembre. I valori massimi mensili registrati nelle due stazioni sono stati di 260 cm a Chiotas (Gennaio 1986) e di 230 cm a Piastra (Gennaio 1978). Considerata la diversa durata delle osservazioni nivometriche nelle due stazioni, non è possibile stabilire la contemporaneità di tutti gli eventi eccezionali, tuttavia i dati a disposizione mostrano un andamento conforme alla quota delle due località. I valori medi annui, nel periodo 1980-90, sono rispettivamente di 596 e di 224 cm l'anno, in accordo con i valori pubblicati nell'Atlante delle Carte Tematiche della REGIONE PIEMONTE (1980). Al pari delle piogge, anche le precipitazioni nevose registrano un trend negativo, come risulta evidente dalla fig. 6: a Piastra, che ha un più lungo periodo di osservazioni, la diminuzione tendenziale è di ben 13,6 cm/anno; a Chiotas il trend negativo è dovuto

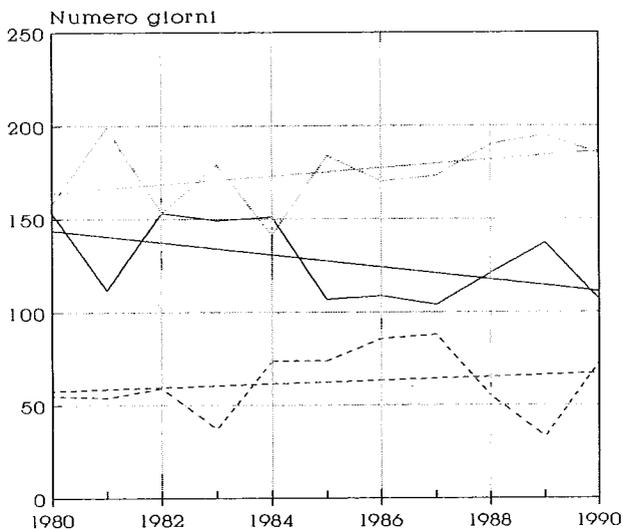


Fig. 6 - Andamento della quantità annua di neve caduta alle dighe di Piastra (linea continua) e di Chiotas (linea tratteggiata).

Fig. 6 - Trend of yearly amount of snowfall at the Piastra (continuous line) and Chiotas (dashed line) dams.

to però ai bassi valori delle precipitazioni nevose degli ultimi tre anni (1988-1990), che incidono notevolmente sull'andamento complessivo della regressione lineare, a causa della relativa brevità delle osservazioni. Infatti gli anni dal 1980 al 1987 mostrerebbero addirittura una tendenza positiva, come del resto accade, nello stesso periodo a Piastra.

## CONSIDERAZIONI FINALI

Come si è già osservato, le temperature stagionali alla diga di Chiotas, che è la stazione più vicina alla zona dei ghiacciai, mostrano una lieve tendenza alla diminuzione, salvo che in Inverno. In particolare le temperature estive, dal 1980 al 1990, hanno registrato un decremento stimabile in  $0,12$  °C/anno, che è simile a quello relativo al mese di Luglio ( $0,1$ °). Questa tendenza, isolata dagli altri fattori agenti sulla dinamica dei ghiacciai, potrebbe essere stata favorevole ad una stabilità delle masse glaciali presenti nel bacino del Gesso, considerata anche la loro modesta inerzia, dovuta alle piccole dimensioni. Altra prospettiva si presenta invece se si considera l'andamento interannuale delle precipitazioni nevose, che nell'ultimo ventennio è stato caratterizzato da una sensibile diminuzione (circa 13,6 cm/anno a Piastra e 20,7 a Chiotas).

Questi fattori sono perciò contrastanti, ma è facilmente prevedibile che, nei riguardi delle variazioni della massa dei ghiacciai, abbia avuto maggiore influenza la diminuzione delle precipitazioni nevose rispetto alla lieve diminuzione delle temperature estive, determinando una contrazione degli apparati glaciali. Ciò del resto è confermato dalla più recente campagna glaciologica, dalla quale è risultato che i piccoli ghiacciai della Valle del Gesso sono in una fase di forte ritiro. Tuttavia, nell'andamento pluriennale delle temperature estive e delle precipitazioni nevose dell'ultimo ventennio si osservano delle fluttuazioni che possono aver determinato, in alcuni anni, fasi di stabilità e, in altri, di decremento delle masse glaciali. Ad esempio, nel biennio 1986-87 si è verificata una concomitanza di basse temperature estive (circa il 15% in meno, da Maggio a Settembre, rispetto ai valori medi del periodo) e di precipitazioni nevose relativamente abbondanti (circa il 20% in più rispetto alla media annua del periodo), che potrebbero aver determinato se non un'inversione di tendenza, almeno un momento di sosta nel fenomeno di riduzione dei ghiacciai del bacino del Gesso, in atto in questi ultimi anni.

## BIBLIOGRAFIA

- BISSANTI A.A. (1967) - *Sulla variabilità relativa delle precipitazioni in Italia*. Atti XX Congr. Geogr. It., Vol III, 53-74.
- CERUTTI A.V. (1985) - *Le variazioni glaciali durante l'ultimo secolo nei Gruppi del M. Bianco e del M. Rosa*. Atti V Congr. Glaciol. It., in Geogr. Fis. Dinam. Quat., 8, 124-136.
- CONRAD V. (1941) - *The variability of precipitations*. Monthly Weather Rev., 69, 5-11.
- DOUGUEDROIT A. & DE SAINTIGNON M.F. (1981) - *Decroissance des températures mensuelles et annuelles avec l'altitude dans les Alpes du Sud et en Provence (séries 1959-1978)*. Eaux et Climats, Melanges géographiques offert en hommage à Charles-Pierre Péguy, Grenoble, 179-194.
- FEDERICI P.R. & PAPPALARDO M. (1991) - *Nota introduttiva alla morfologia glaciale della Val Gesso di Entracque (Gruppo dell'Argentera, Alpi Marittime)*. Gruppo Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologica, Guida all'escursione primaverile, Cuneo, 28-31 Maggio 1991, 13-16.
- GIADA M. & ZANON G. (1985) - *Sulla misura e sul comportamento delle precipitazioni ad alta quota*. In: «PINNA M. (a cura di) - Contributi di Climatologia», Mem. Soc. Geogr. It., 39, 129-146.

- GIUFFRIDA A. & CONTE M. (1991) - *L'evoluzione a lungo termine del clima italiano*. Atti del Convegno: *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo*, Roma, 5-6 aprile 1990. Mem. Soc. Geogr. It., 46, 329-342.
- I.S.T.A.T. (1962-1983) - *Annuario di Statistiche Meteorologiche*. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MINISTERO LL. PP., UFF. IDROGR. PO (1926-1983) - *Annali Idrologici. Parte I*. Poligrafico dello Stato, Roma.
- MINISTERO LL. PP., SERV. IDROGR. (1969) - *La distribuzione della temperatura dell'aria in Italia nel trentennio 1926-1955*. GAZZOLO T. & PINNA M. (a cura di), Pubbl. n° 21 del Servizio Idr., Istit. Poligr. dello Stato, Roma.
- PINNA M. (1991) - *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo*. Atti del Convegno: *Le variazioni recenti del clima (1800-1990) e le prospettive per il XXI secolo*, Roma, 5-6 aprile 1990. Mem. Soc. Geogr. It., 46, 9-68.
- PINNA M. & VITTORINI S. (1985) - *Contributo alla determinazione dei regimi pluviometrici in Italia*. In: «Pinna M.» (a cura di) - *Contributi di Climatologia*. Mem. Soc. Geogr. It., 39, 147-167.
- RAPETTI C., RAPETTI F. & VITTORINI S. (1988) - *Differenze termiche tra i versanti tirrenico ed adriatico nell'Appennino settentrionale, lungo l'allineamento Livorno-Modena*. Atti XX Congr. Inter. di Meteorol. Alpina, Sestola, 18-25 Settembre 1988, Vol. I.
- RAPETTI F. & VITTORINI S. (1989) - *Differenze pluviometriche tra i versanti tirrenico e adriatico lungo l'allineamento Livorno-M. Cimone-Modena*. Geogr. Fis. Din. Quater., 11, 105-115.
- REGIONE PIEMONTE (1980) - *Progetto per la pianificazione delle Risorse Idriche del Territorio Piemontese*. Voll. I e II, e Atlante Tematico.