

GIAN CARLO PEROSINO \* - MARCO ROSSO \*

## CLIMATOLOGIA DI BRA \*\*

SUMMARY - *Bra climatologic features (Piedmont, NW Italy).*

This work is the result of the data analysis that, as far as it concerns the precipitations and the air temperature, represent the observations effected in the Bra meteorologic station (Museo Civico Craveri di storia naturale) acting from 1859 with good continuity.

The utilized statistical data processings have allowed to point out the exceptional met events beside the climate classification. These events are considered according to their incidence on the environment and particularly on the hydrogeological accidents.

RIASSUNTO - Questo lavoro è il risultato dell'analisi di dati che, per quanto riguarda le precipitazioni e la temperatura dell'aria, rappresentano le osservazioni effettuate dalla stazione meteorologiche di Bra (Museo Civico Craveri di storia naturale) operante con buona continuità dal 1859.

Le elaborazioni statistiche utilizzate hanno consentito, oltre alla classificazione del clima, anche l'individuazione di eventi meteorologici eccezionali. Questi ultimi sono considerati in relazione all'incidenza nei confronti dell'ambiente ed in particolare del dissesto idrogeologico.

### INTRODUZIONE

La stazione meteorologica di Bra (Lat. N 44°42'; Long. — Mer. Roma — 4°38'; 290 m s.l.m.) fa parte della rete di rilevamento del Servizio Idrografico gestito dal Ministero dei Lavori Pubblici. Sebbene la data che gli Annali dell'Ufficio Idrografico del Po riportano sia il 1982, l'inizio delle osservazioni risale all'1.XII. 1859 con il rilievo della temperatura dell'aria, della pressione atmosferica, delle precipitazioni e dello stato del cielo (Bergesio ed Altri, 1980). Nel bacino del Tanaro, quindi, è la prima stazione che ha cominciato a funzionare (ancora oggi continua la rilevazione dei dati con moderni strumenti registratori nel cortile del Museo Civico Craveri di Storia Naturale di Bra); in Piemonte soltanto ad Alessandria funziona attualmente una stazione del Servizio Idrografico che ha iniziato le osservazioni precedentemente (1857).

La climatologia è una scienza che utilizza i metodi della matematica statistica

---

\* C.R.E.S.T., via Caprera 30, 10136 Torino.

\*\* Lavoro eseguito con il contributo del C.R.E.S.T., Centro Ricerche in Ecologia e Scienze del Territorio, Torino.

per la definizione del cosiddetto « tempo medio » che caratterizza una determinata località ed anche per lo studio dei fenomeni meteorologici eccezionali che si sono manifestati nel corso del periodo durante il quale si sono compiute le rilevazioni. Dato per scontato il riconoscimento dell'importanza di tale scienza come strumento per una migliore conoscenza degli ambienti naturali, è evidente che gli studi climatici risultano tanto più significativi quanto più lunghi sono i periodi di osservazione considerati. Prendendo, per esempio, in considerazione gli eventi eccezionali (che sono, molto spesso, quelli che innescano fenomeni di dissesto idrogeologico) è chiaro che, considerando serie di rilevazioni via via più lunghe, è maggiore la probabilità di includere eventi caratterizzati da maggiore eccezionalità nella popolazione di dati da manipolare con i metodi statistici.

Dalle considerazioni precedenti emerge l'importanza del lavoro compiuto dai curatori della stazione di Bra dal 1859 ad oggi sia dal punto di vista storico che scientifico. Le rilevazioni meteorologiche iniziarono grazie alla grande mole di lavoro svolto dai fondatori del Museo Craveri (Molinaro, 1980a-b) ed in particolare di Federico Craveri che diede, in proposito, un importante contributo (i suoi numerosi scritti scientifici sono attualmente custoditi presso la biblioteca del Museo Civico di Storia Naturale di Bra).

In questi ultimi anni non sono stati effettuati lavori di ricerca di sintesi climatica dell'enorme mole di dati a disposizione per la stazione di Bra. Solo recentemente (Anselmo ed Altri, 1982) è stato pubblicato un lavoro sull'irraggiamento solare sulla base di misure effettuate nell'arco del triennio 1979-1981 compiute mediante un piranografo installato dal maggio 1979.

Ci è sembrato opportuno, quindi, compiere un lavoro di sintesi climatica sulla base dei rilievi termici e pluviometrici effettuati dall'anno in cui iniziarono le osservazioni fino ad oggi (1982 compreso). La scelta di usare, come parametri fondamentali, esclusivamente la temperatura dell'aria e le precipitazioni deriva dal fatto che, in genere, per questi studi, sono quelli più ampiamente utilizzati e anche e soprattutto perché per essi le osservazioni sono state più continue: intorno a 120 anni con una percentuale di dati interpolati assai minima; si tratta, quindi, di serie di osservazioni ben superiori ai 25-30 anni, normalmente raccomandati per ottenere risultati significativi dalle elaborazioni statistiche (Bruce e Clark, 1966; Sokolov e Chapman, 1974;...).

La raccolta dei dati è stata effettuata per mezzo degli Annali Idrologici del Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP. per il periodo 1913-1971 e della pubblicazione di Filippo Eredia « Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915 » edita dal Ministero dei LL.PP. (1920). I dati antecedenti il 1913 sono stati controllati sulla base di quelli riportati da Piumati (1924) e per mezzo degli Annali Meteorologici della stazione di Bra. I dati dal 1972 al 1982, mai pubblicati, ci sono stati gentilmente concessi dal Direttore del Museo Craveri e curatore della stazione Ettore Molinaro. Infine si sono utilizzati i dati (AA.VV., 1980) pubblicati dalla Regione Piemonte per il « Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese », per il calcolo delle interpolazioni dei pochi dati mancanti.

## TEMPERATURA DELL'ARIA

Le rilevazioni della temperatura dell'aria furono compiute regolarmente dal 1864 e sono continuate, con brevi interruzioni, fino ad oggi. Si è potuto disporre, quindi, di un periodo di osservazione di 117 anni (fino al 1982 compreso) tenuto conto che negli anni 1871, 1872 (non interpolati), 1967, 1970 e 1971 non sono state effettuate misurazioni mentre nel 1972 la stazione non ha funzionato nei primi tre mesi (gennaio-marzo).

Una prima elaborazione è stata effettuata per verificare se i valori medi annui fossero più o meno distribuiti normalmente. A tale scopo sono stati calcolati la media del periodo di osservazione ( $T' = 12,4$  °C) e il relativo scarto quadratico medio ( $S = 0,65$  °C).<sup>1</sup> Per le distribuzioni normali è noto che:

- a) il 68,27% dei dati è compreso tra  $T' - s$  e  $T' + s$ ,
- b) il 95,45% dei casi è compreso tra  $T' - 2s$  e  $T' + 2s$ ,
- c) il 99,73% dei casi è compreso tra  $T' - 3s$  e  $T' + 3s$ ;

nel nostro caso si sono ottenuti valori pari a 75,21%, 96,58% e 100% rispettivamente che denunciano, con buona approssimazione, una distribuzione vicina a quella normale. In questo caso, quindi, fra i dati termici annuali « T » e la loro frequenza « F »<sup>2</sup> esiste una correlazione che è risultata del tipo:

$$T = 13,532 - 2,208 \cdot F$$

giustificata da un elevato valore del coefficiente di correlazione lineare ( $r = +0,9747$ ). Con l'equazione precedentemente scritta, inoltre, è possibile estrapolare, ma con molta cautela, valori di « T » con frequenze inferiori a quelle relative ai dati sperimentali.

Verificata la normalità della distribuzione questa può essere ben rappresentata dalla *temperatura media annua del periodo di osservazione* (12,4 °C) inferiore a quella calcolata dal Mennella (1967) per la penisola italiana (13,9 °C) e compresa tra quelle (12-13 °C) indicate dallo stesso Autore per la Pianura Padana.

Gli anni con valori medi più alti (14,2 °C) sono stati il 1974 e il 1975,

---

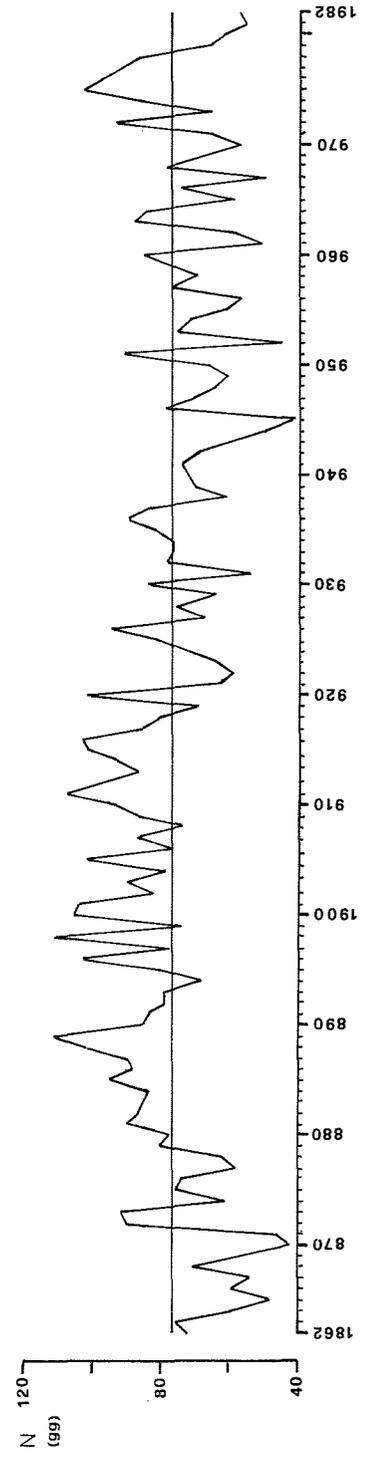
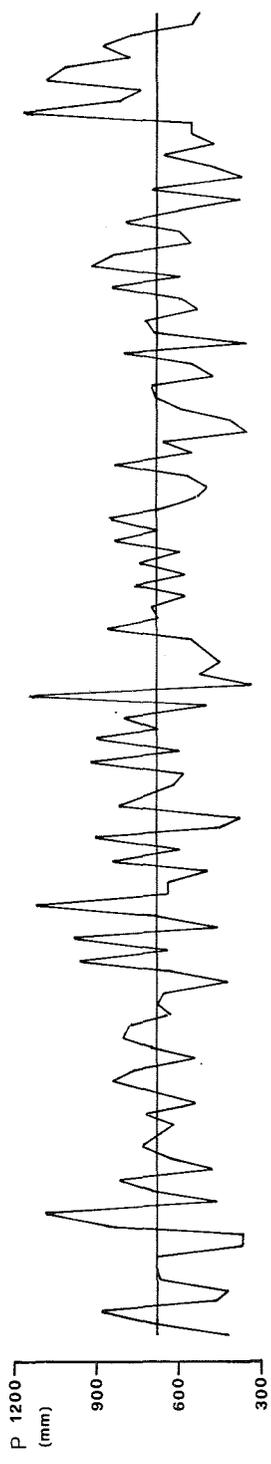
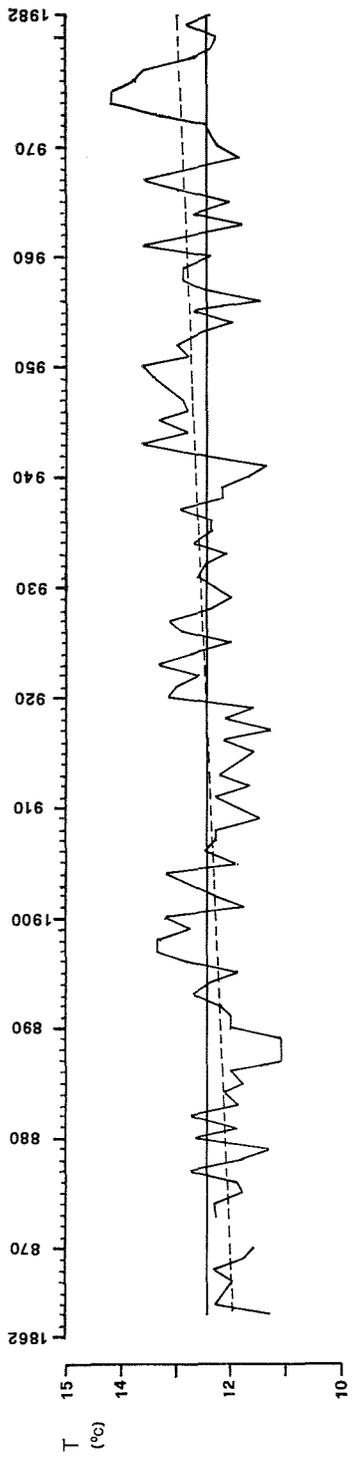
<sup>1</sup> Data una serie « n » di valori «  $X_j$  » e la loro media «  $X'$  », si definisce lo scarto quadratico medio « s » con la relazione:

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n (X_j - X')^2}{n - 1}}$$

<sup>2</sup> La frequenza « F », valutata con la formulazione di Weibull (in Chow, 1964), può essere così espressa:

$$F = \frac{m}{n + 1}$$

dove « m » è il numero corrispondente alla posizione di ciascun dato nella serie di valori ordinati in senso decrescente ed « n » è il numero dei dati della serie.



quelli con valori più bassi (11,1 °C) sono stati il 1887, il 1888 e il 1889 mentre il coefficiente di variazione percentuale (C.V. %) <sup>3</sup> è risultato pari al 5,2%.

La successione cronologica dei valori (fig. 1) pone in evidenza una certa tendenza all'aumento stimabile in base alla seguente relazione:

$$T = - 5,070 + 0,009 \cdot t \quad (r = + 0,4766)$$

che rappresenta la retta interpolante i dati « T » in funzione del tempo « t » espresso in anni; essa ha valore solo per il periodo di osservazione considerato e quindi non sarebbe prudente estrapolare dati più indietro o più avanti nel tempo.

### REGIME TERMICO

L'analisi dei dati termici mensili (tab. 1 e fig. 2) è stata condotta, sulla base dello schema di Strahler (1968), con una elaborazione che ha fornito, come risultati, la seguente serie di valori:

- medie mensili (T<sub>m</sub>' ),
- medie delle massime (T' max g) e delle minime (T' min g) giornaliere,
- medie dei massimi (T' max) e dei minimi (T' min) mensili,
- massimi (T' max) e minimi (T' min) assoluti.

Il massimo annuale dei valori medi mensili si verifica nel mese di luglio (23,7 °C) mentre il minimo in quello di gennaio (1,3 °C). Aprile (12,1 °C) e ottobre (12,7° C) sono i mesi che più si avvicinano alla media annua (12,4° C) del periodo di osservazione. Il collocamento di questi valori peculiari nell'anno è simile a quanto avviene per buona parte della penisola italiana con clima più continentale (Mennella, 1967). Dalla fig. 2 si rileva che due gruppi di mesi hanno valori termici poco differenti e cioè il trimestre dicembre, gennaio e febbraio e quello costituito da giugno, luglio e agosto; questi gruppi possono quindi essere fatti coincidere con le stagioni invernale ed estiva; pertanto, sulla base dei soli valori termici, l'anno meteorologico trova il suo inizio più consono nel mese di dicembre.

Le curve delle medie delle massime (c) e delle minime (e) giornaliere e delle medie dei massimi (b) e dei minimi (f) mensili (fig. 2) mantengono un certo parallelismo con la curva (d) delle medie mensili; andamento più irregolare hanno le curve delle temperature estreme massime (a) e minime (g) assolute; in particolare sono da mettere in evidenza il massimo assoluto del periodo di osserva-

<sup>3</sup> Se « X' » è la media di una serie di valori ed « s » lo scarto quadratico medio, il coefficiente di variazione percentuale « C.V.% » risulta:

$$C.V.\% = \frac{s}{X'} \cdot 100$$

Fig. 1 - Successioni cronologiche dei valori annui delle temperature « T », delle precipitazioni « P » e dei giorni piovosi « N ». Medie dei periodi di osservazione (—) e retta interpolante (- - -).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic	anno
T max	(°C)	19,7 (1896)	21,9 (1894)	27,0 (1897)	30,8 (1947)	38,0 (1955)	39,2 (1947)	39,4 (1947)	32,8 (1897)	27,3 (1900)	23,5 (1904)	21,0 (1898)	39,4
T max	(°C)	9,6	13,3	19,3	23,8	32,4	33,7	33,1	29,3	22,0	15,9	11,5	22,5
T max g	(°C)	4,6	6,7	12,4	16,9	26,4	29,5	28,2	23,8	16,7	9,6	5,6	16,9
T m	(°C)	1,3	3,2	7,7	12,1	16,7	20,9	22,7	19,0	12,7	6,5	2,5	12,4
T min g	(°C)	-2,1	-0,4	3,0	7,2	11,5	15,4	17,9	14,1	8,7	3,3	-0,7	7,9
T min	(°C)	-7,5	-5,0	-0,7	3,3	6,8	12,0	14,4	13,7	9,6	-0,7	-5,5	3,7
T min	(°C)	-17,0 (1954)	-14,2 (1956)	-9,0 (1890)	-3,0 (1888)	1,6 (1892)	4,7 (1873)	8,9 (1876)	2,6 (1877)	-2,2 (1887)	-9,0 (1867)	-14,5 (1933)	-17,0
Esc g	(°C)	6,7	7,1	9,4	9,7	10,4	11,0	11,6	9,7	8,0	6,3	6,3	9,0
F. L.'	(%)	63,7	9,7	—	—	—	—	—	—	—	—	26,6	—
F. H.'	(%)	—	—	—	—	0,8	69,0	30,2	—	—	—	—	—
F. L.	(%)	50,0	19,0	—	—	—	—	—	—	—	—	31,0	—
F. H.	(%)	—	—	—	—	20,9	51,2	27,9	—	—	—	—	—

Tab. 1. - *Temperatura dell'aria a Bra. Massimi (T max) e minimi (T min) assoluti mensili; medie dei massimi (T' max) e dei minimi (T' min) mensili; medie mensili delle massime (T max g) e delle minime (T min g) e giornaliere; medie mensili (T m); escursioni medie mensili giornaliere (Esc g); distribuzione delle massime (F. H.) e delle minime (F. L.) medie mensili; distribuzione dei massimi (F. H.) e dei minimi (F. L.) annuali. Periodo di osservazione 1864-1982.*

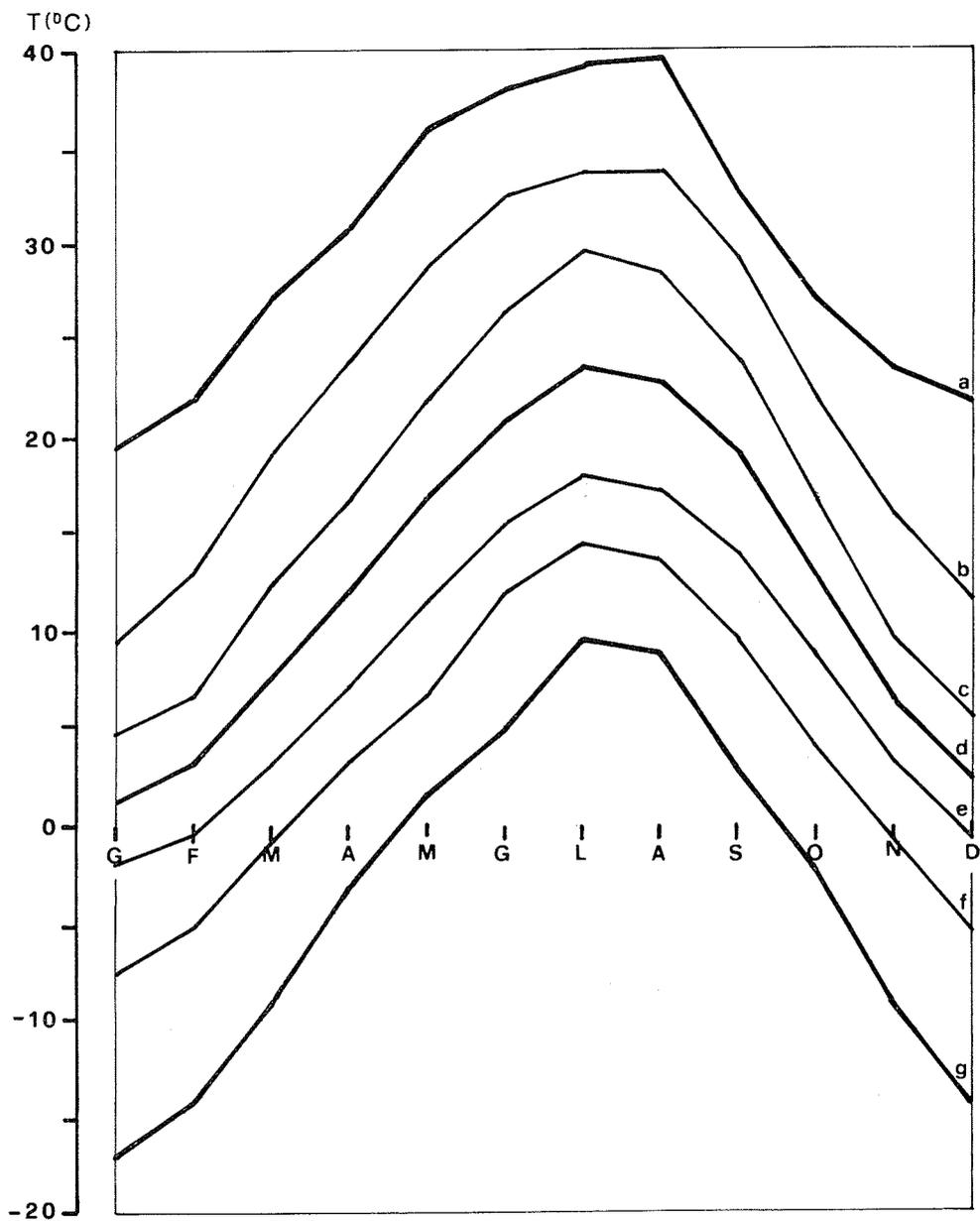


Fig. 2 - Regime termico. Medie mensili (d); medie delle massime (c) e delle minime (e) giornaliere; medie dei massimi (b) e dei minimi (f) mensili; massimi (a) e minimi (g) assoluti. Periodo di osservazione: 1864-1982.

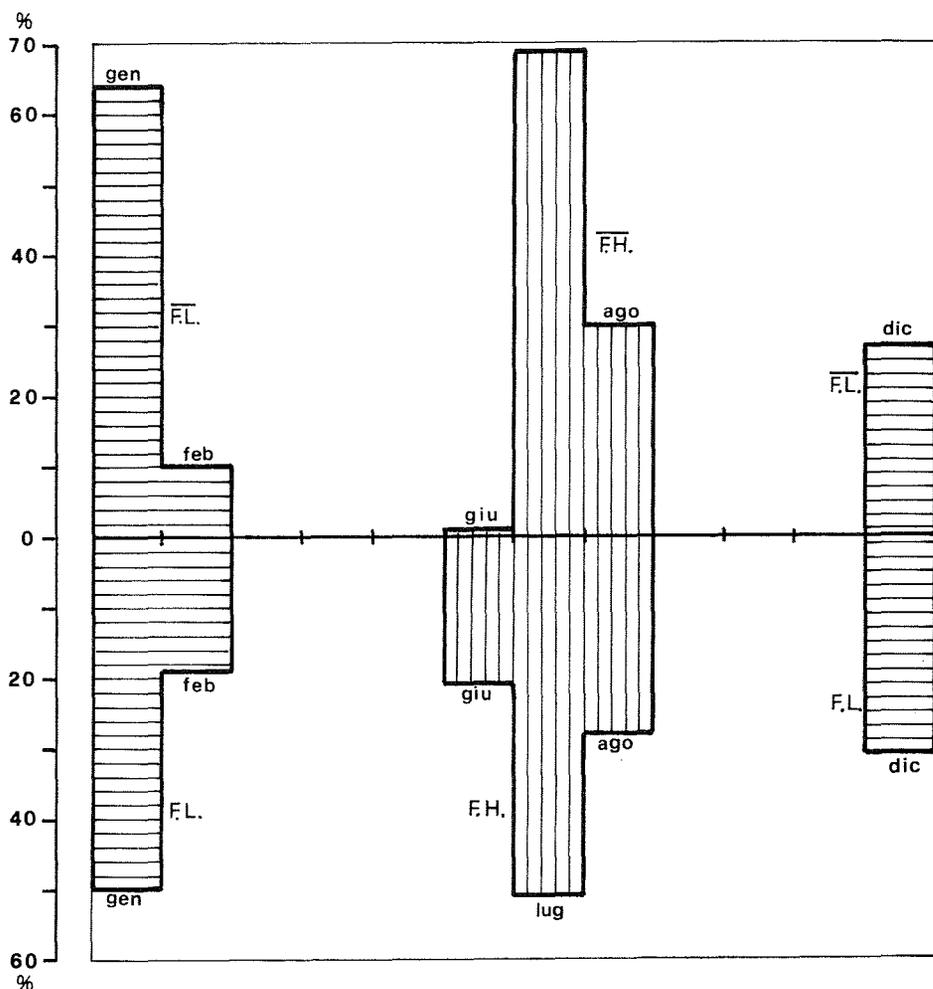


Fig. 3 - Distribuzione di frequenza dei massimi ( $\overline{F.H.}\%$ ) e dei minimi ( $\overline{F.L.}\%$ ) annuali delle medie mensili e dei massimi (F.H.%) e dei minimi (F.L.%) annuali dei valori estremi. Periodo di osservazione: 1864-1982.

zione (39,4 °C) rilevato nell'agosto 1947 e quello minimo (— 17,0 °C) rilevato nel gennaio 1954.<sup>4</sup>

Lo studio della distribuzione di frequenza dei massimi (F.H.' %) e dei minimi (F.L.' %) annuali delle medie mensili (tab. 1 e fig. 3) conferma il mese di luglio come quello più caldo (nel 69% dei casi) e il mese di gennaio come quello più freddo

<sup>4</sup> Recentemente il 20 luglio 1983 è stata registrata una temperatura massima pari a 40,5 °C mai registrata nel periodo di osservazione 1864-1982 considerato in questo lavoro. Successivamente il 29 luglio dello stesso anno la temperatura è nuovamente salita a 40,0 °C (per gentile comunicazione di Ettore Molinaro).

(nel 64% dei casi). La distribuzione di frequenza dei massimi (F.H. %) e dei minimi (F.L. %) annuali dei valori estremi (tab. 1 e fig. 3) risulta più dispersa intorno ai due mesi suddetti; in particolare nel mese di febbraio, il meno rigido del trimestre invernale, si sono verificate le più basse temperature annuali nel 19% dei casi, mentre nel mese di giugno, il meno caldo del trimestre estivo, si sono verificate le più alte temperature annuali nel 21% dei casi.

## ESCURSIONI TERMICHE

Nella tab. 1 sono riportate le *escursioni medie giornaliere* ottenute come differenza tra le medie delle massime e delle minime giornaliere ( $T' \text{ max } g - T' \text{ min } g$ ) di ogni mese. L'andamento di tali escursioni (fig. 4) è simile al regime termico con un massimo di 11,6 °C nel mese di luglio e con un minimo di 6,3 °C nei mesi di novembre e di dicembre, risultando di 9,0 °C il valore medio annuale.

Dalla differenza tra la temperatura media mensile del mese più caldo (luglio con 23,7 °C) e quella del mese più freddo (gennaio con 1,3 °C), si è ottenuta la *escursione media annua* del periodo di osservazione pari a 22,4 °C superiore al valore di 20 °C considerato dal Mori (1957) come limite al di sopra del quale il clima di una regione si può definire di tipo continentale. O. V. Johansson (in Pinna, 1977), al fine di fornire una più precisa classificazione della marittimità e della continentalità, a base esclusivamente termica, ha proposto la seguente formulazione:

$$C (\%) = 1,6 \cdot \frac{A}{\text{sen} (\varphi + 10^\circ)} - 14$$

dove « A » rappresenta l'escursione media annua e «  $\varphi$  » la latitudine geografica. Il valore da noi ottenuto è risultato pari al 30% che assegna, secondo il suddetto Autore, alla stazione di Bra un clima moderatamente continentale.

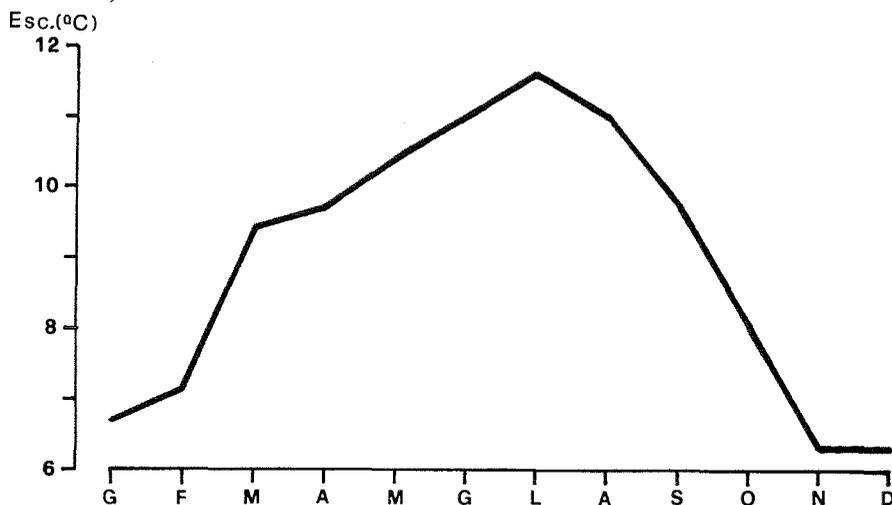


Fig. 4 - Regime delle escursioni medie giornaliere. Periodo di osservazione 1864-1982.

L'*escursione assoluta*, definita come differenza fra le temperature massima (39,4 °C) e minima (— 17,0 °C) assolute riscontrate in tutto il periodo di osservazione, ci è risultata pari a 56,4 °C, inferiore al massimo assoluto italiano di 60 °C riscontrato dal Mennella (1967); recentemente è stato determinato un valore più alto (65 °C) per la stazione piemontese di Nizza Monferrato (Perosino, 1983).

## FENOMENI DI GELO E DISGELO

I cambiamenti di stato solido/liquido e viceversa dell'acqua costituiscono un fattore fisico (spesso limitante) che condiziona in modo determinante gli ambienti naturali: l'azione di disgregazione meccanica nei confronti delle rocce, l'influenza dello scioglimento della neve e del ghiaccio nei confronti dei processi idrologici, le conseguenze negative delle gelate precoci e tardive, ecc...

Sulla base della definizione adottata dal Pèguy (1970) si definisce giorno di gelo quello in cui la temperatura minima è uguale o inferiore a 0 °C e giorno senza disgelo quello con temperatura massima che non supera lo 0 °C. La tabulazione giornaliera degli estremi diurni, presente negli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico, permette di dare un inquadramento, seppur nei suoi lineamenti generale, della frequenza dei suddetti fenomeni. L'elaborazione dei dati ha riguardato il periodo massimo di anni in cui sono stati disponibili i dati giornalieri: 1951-1965, 1968, 1969 e 1972-1982 (28 anni).

I risultati dell'analisi sono sintetizzati nella fig. 5 ove, per ogni mese, sono riportati il numero medio dei giorni con gelo e senza disgelo, nonché la frequenza degli anni in cui questi fenomeni si sono verificati; nella stessa figura vengono anche indicate in quali date e decadi hanno avuto, sia eccezionalmente che mediamente, inizio e fine tali manifestazioni. Si può osservare dalla figura come dicembre, gennaio e febbraio si confermino i mesi più freddi in quanto, in essi, i fenomeni di gelo si verificano più frequentemente e con un numero medio di giorni più alto e sono gli unici a presentare casi di giorni senza disgelo anche se poco frequentemente.

## PRECIPITAZIONI

Le rilevazioni delle precipitazioni furono compiute regolarmente dal 1862 e sono continuate, con brevi interruzioni, fino ad oggi. Le interpolazioni hanno interessato soltanto il 1871, il 1872 e il 1972 (per pochi dati mensili), il 1883 e il 1884 (per il solo mese di gennaio) e, infine, il 1970 e il 1971 (per tutti i dodici mesi). In questo modo si è potuto avere a disposizione di un periodo di osservazione di 121 anni (fino al 1982 compreso).

Analogamente a quanto è stato fatto per la temperatura dell'aria, sono stati calcolati il valore medio annuo del periodo di osservazione ( $P' = 671$  mm) e il relativo scarto quadratico medio ( $s = 178$  mm). È risultato allora che:

- il 69,42% dei dati è compreso tra  $P' - s$  e  $P' + s$ ,
- il 95,87% dei dati è compreso tra  $P' - 2s$  e  $P' + 2s$ ,
- il 100,00% dei dati è compreso tra  $P' - 3s$  e  $P' + 3s$ ;

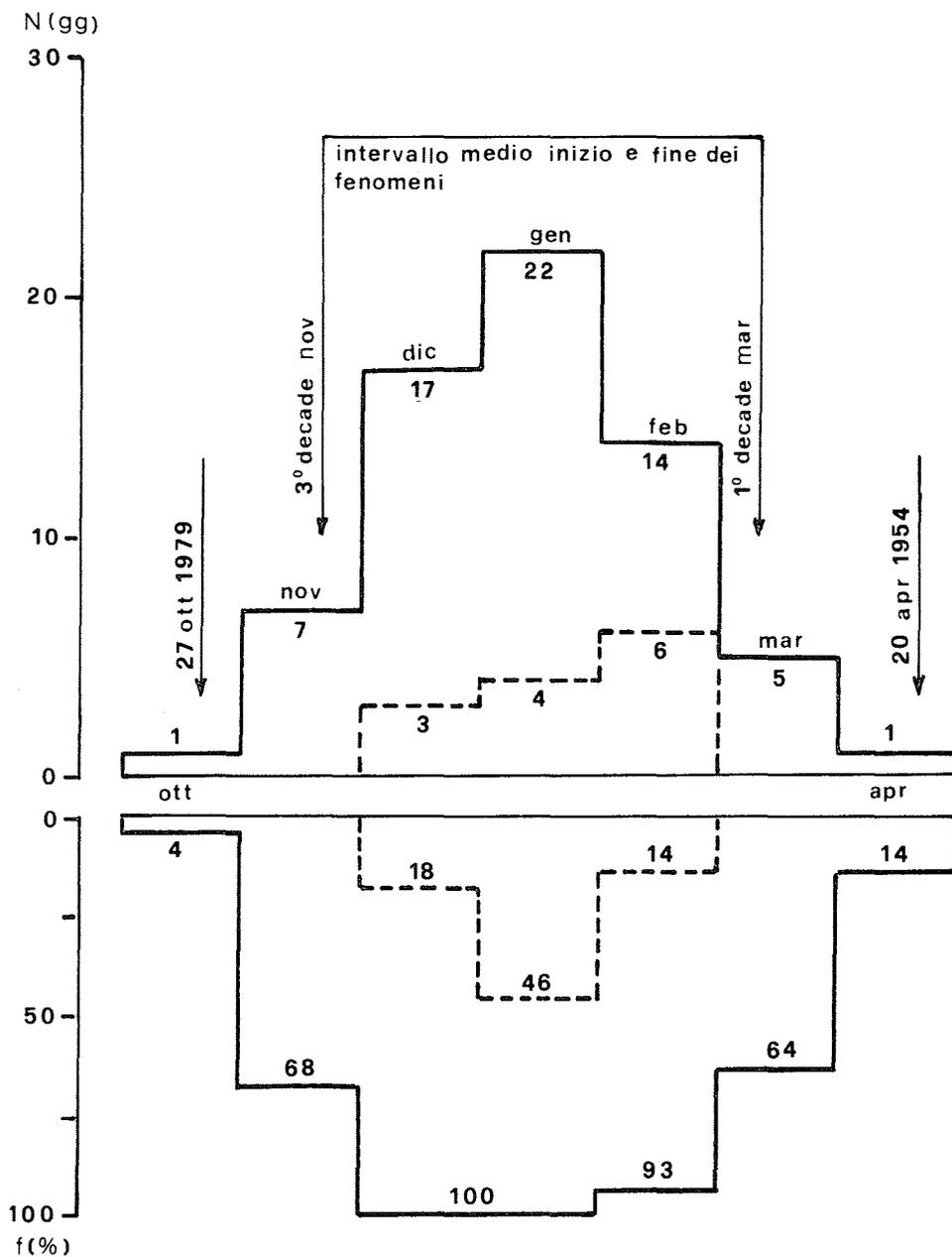


Fig. 5 - Numero medio di giorni con gelo e senza disgelo (N) e frequenza percentuale (f%) degli anni in cui si sono verificati i fenomeni.

(—)  $T_{\min} \leq 0^{\circ}\text{C}$

(---)  $T_{\max} \leq 0^{\circ}\text{C}$

Periodo di osservazione: 1951-1965, 1968, 1969 e 1972-1982 (28 anni).

si tratta, quindi, di una distribuzione vicina a quella normale. La correlazione fra i totali annui di precipitazione « P » (la cui successione cronologica è illustrata in fig. 1) e la loro frequenza « F » è risultata:

$$P = 971,048 - 599,980 \cdot F \quad (r = - 0,9699)$$

La precipitazione media annua del periodo di osservazione (671 mm) è inferiore sia alla media italiana di 970 mm (Contessini, 1956) che a quella della Pianura Padana di 760 mm (Mennella, 1967).

Per quanto riguarda l'ambito di variabilità, l'anno più umido è stato il 1920 con 1141 mm e il più secco è stato il 1921 con 288 mm, mentre il coefficiente di variazione percentuale (C.V. %) è risultato pari al 26,5%. Il rapporto dei due valori estremi prima segnalati è intorno a 4 il che, secondo Réménieras (1972), si verificherebbe nei climi nettamente continentali o mediterranei.

Il valore medio annuo delle precipitazioni (P') è alla base del calcolo dell'indice di continentalità igrica di Gams (1931) che si ottiene con la relazione:

$$\text{ctg } x = \frac{P'}{m \text{ s.l.m.}}$$

dove « x » è un valore angolare compreso tra 0° e 90°; per Bra è  $x = 23^{\circ}22'$ , superiore al valore di 20° al di sopra del quale sussistono condizioni favorevoli per l'insediamento di specie vegetali sciafile e microterme (Fenaroli, 1935).

Nella fig. 1 è rappresentata la successione cronologica dei totali annui dei giorni piovosi.<sup>5</sup> Anche per questa serie di dati la distribuzione può ritenersi vicina a quella normale essendo risultati:

- il valore medio annuo del periodo di osservazione  $N' = 77$ ,
- lo scarto quadratico medio  $s = 16$ ,
- il 66,12% dei dati è compreso tra  $N' - s$  e  $N' + s$ ,
- il 95,45% dei dati è compreso tra  $N' - 2s$  e  $N' + 2s$ ,
- il 100,00% dei dati è compreso tra  $N' - 3s$  e  $N' + 3s$ ;

la correlazione fra i dati « N » e la loro relativa frequenza « F », quindi, è risultata:

$$N = 104,169 - 54,652 \cdot F \quad (r = - 0,9887)$$

Osservando le successioni cronologiche dei totali annui di precipitazioni (P) e del numero di giorni piovosi (N) in fig. 1, si osserva una certa corrispondenza; tra queste due serie di valori, infatti, è risultato un valore del coefficiente di correlazione ( $r = + 0,6973$ ) che conferma, in linea di massima, che negli anni più umidi i giorni con precipitazioni sono più numerosi.

Per quanto riguarda l'ambito di variabilità, infine, il 1883 è stato l'anno con il maggior numero di giorni piovosi (110 gg), quello con il minor numero, invece, è stato il 1945 (39 gg) con un coefficiente di variazione percentuale (C.V. %) pari al 20,7%.

---

<sup>5</sup> Viene considerato giorno piovoso quello in cui le precipitazioni sono pari o superiori a 1 mm.

## REGIME PLUVIOMETRICO

L'analisi della distribuzione delle precipitazioni nel corso dell'anno è stata condotta sulla base dei regimi mediante l'elaborazione dei totali mensili pluviometrici (P) e del numero dei giorni piovosi (N) mensili (tab. 2 e fig. 6):

- medie mensili (M'),
- % delle medie mensili rispetto al mese medio (M' %),<sup>6</sup>
- massimi (H) e minimi (L) assoluti del periodo di osservazione,
- coefficienti di variazione % dei valori mensili (C.V. %),
- frequenze % dei massimi (F.H. %) e dei minimi (F.L. %) annuali dei valori mensili.

La distribuzione dei valori medi mensili (fig. 6) delle precipitazioni pone in evidenza due massimi (quello principale nel mese di maggio con 83 mm e quello secondario in ottobre con 80 mm) e due minimi (35 mm in gennaio il principale e 37 mm in luglio il secondario) praticamente equivalenti. Si può classificare, quindi, il regime pluviometrico di Bra come sub-litoraneo padano ... « presente in tutta la zona della pianura compresa tra i primi rilievi delle Prealpi e il corso del Po e che si addentra nell'ampia valle del Tanaro » (Mennella, 1967).

Tutti i mesi presentano una variabilità interannuale abbastanza spiccata: minore nell'estate (63% il valore minimo del coefficiente di variazione in giugno) e maggiore in inverno (108% il valore massimo in febbraio). I regimi delle frequenze percentuali dei massimi e dei minimi annuali dei valori mensili (fig. 6) confermano le stagioni primaverile ed autunnale come le più piovose; queste ultime presentano, inoltre, il maggior numero medio di giorni piovosi.

Nel corso del periodo di osservazione considerato, in quasi tutti i mesi si è verificata, una o più volte, assenza assoluta di precipitazioni (tab. 2); diversamente i minimi assoluti sono risultati superiori al valore di zero soltanto nei mesi di maggio (4 mm) e di giugno (6 mm). Per quanto riguarda i massimi assoluti questi sono stati da 3 a 6 volte superiori alle medie mensili ed in particolare sono da ricordare l'ottobre 1873 con 460 mm e l'aprile 1918 con 305 mm.<sup>7</sup>

### LINEE SEGNALATRICI DELLE POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE

Un inquadramento più completo del fenomeno pluviometrico su scala di tempo mensile, con particolare riferimento ai problemi di gestione delle risorse idriche, soprattutto per quel che riguarda i valori estremi, è possibile attraverso il metodo Fantoli (1913).

---

<sup>6</sup> Il mese medio (56 mm) è il valore della precipitazione media annua del periodo di osservazione (671 mm) divisa per 12; il calcolo delle % dei valori medi mensili rispetto al mese medio è stato effettuato per meglio evidenziare eventuali confronti con regimi di altre stazioni.

<sup>7</sup> Merita di essere ricordato, fra gli eventi eccezionali, anche il valore di 300 mm del maggio 1984 (per gentile comunicazione di Ettore Molinaro).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
P H	171 (1897)	197 (1974)	204 (1901)	305 (1918)	257 (1879)	168 (1903)	116 (1901)	144 (1896)	184 (1901)	460 (1873)	242 (1926)	178 (1927)
P M'	35	37	57	73	83	62	37	42	57	80	64	44
P M'%	62	65	102	131	149	111	65	76	101	143	114	97
P L	0	0	0	0	4	6	0	0	0	0	0	0
P C.V.%	102	108	83	66	65	63	74	72	81	89	89	93
P F.H.%	1,6	2,4	5,6	13,7	17,7	10,5	0,8	0,9	8,1	21,8	13,7	3,2
P F.L.%	15,3	16,8	7,6	5,3	1,5	3,1	6,8	6,9	6,9	7,6	6,9	15,3
N H	15 (1863)	16 (1888)	17 (1916)	22 (1918)	20 (1889)	15 (1903)	14 (1875)	12 (1976)	16 (1882)	20 (1889)	16 (1926)	15 (1903)
N M'	5	5	7	8	9	7	5	5	6	8	7	6
N M'%	5	74	102	125	147	116	77	84	90	118	104	88
N L	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
N F.H.%	3,5	73	56	48	46	46	55	48	57	57	55	65
N C.V.%	75	2,1	9,1	16,0	28,0	7,0	0,0	1,4	3,5	15,4	9,1	4,9
N F.L.%	16,7	16,7	6,5	1,8	3,0	3,6	10,7	7,7	7,7	6,0	8,3	11,3

TAB. 2 - P: regime delle precipitazioni (mm). N: regime del numero di giorni piovosi (gg). Massimi assoluti del periodo di osservazione (H); medie mensili (M'); percentuali delle medie mensili rispetto al mese medio (M'%); minimi assoluti del periodo di osservazione (L); coefficienti di variazione percentuale (C.V.%); frequenze percentuali dei massimi (F.H.%) e dei minimi (F.L.%). Periodo di osservazione: 1862-1982.

Facendo riferimento alla tabulazione dei 1452 dati dei totali mensili di precipitazioni di tutti i mesi dei 121 anni del periodo di osservazione, si sono eseguite tutte le possibili somme da uno a dodici mesi consecutivi superando, quindi, la normale suddivisione in anni civili che, nella maggior parte dei casi, non permette di evidenziare completamente l'eccezionalità di alcuni fenomeni pluviometrici. Successivamente i valori ottenuti sono stati, per ognuna dei dodici tipi di somma, prima ordinati in senso decrescente e, quindi, fra questi valori, sono stati scelti i dieci casi massimi e minimi e, infine, riportati sulle tabb. 3 e 4 e rappresentati in fig. 7. La scelta di più di un caso critico, per ogni gruppo di mesi, è motivata dalla convenienza di mettere in evidenza di quanto si differenziano tra loro gli eventi eccezionali.

Dalla bibliografia (Tonini, 1966; Bertuletti e Carollo, 1973; Carollo, 1970-1978; Perosino e Scarpinato, 1982) si è osservato che ai valori estremi si possono adattare, usualmente, curve inviluppo (*linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche*) definibili con equazioni del tipo:

$$P = a \cdot T^b \text{ per i massimi}$$

$$P = a \cdot (T - n)^b \text{ per i minimi}$$

dove « P » sono le precipitazioni (mm), « T » è il tempo (mesi) ed « n » è il numero massimo di mesi consecutivi con assenza di precipitazioni.

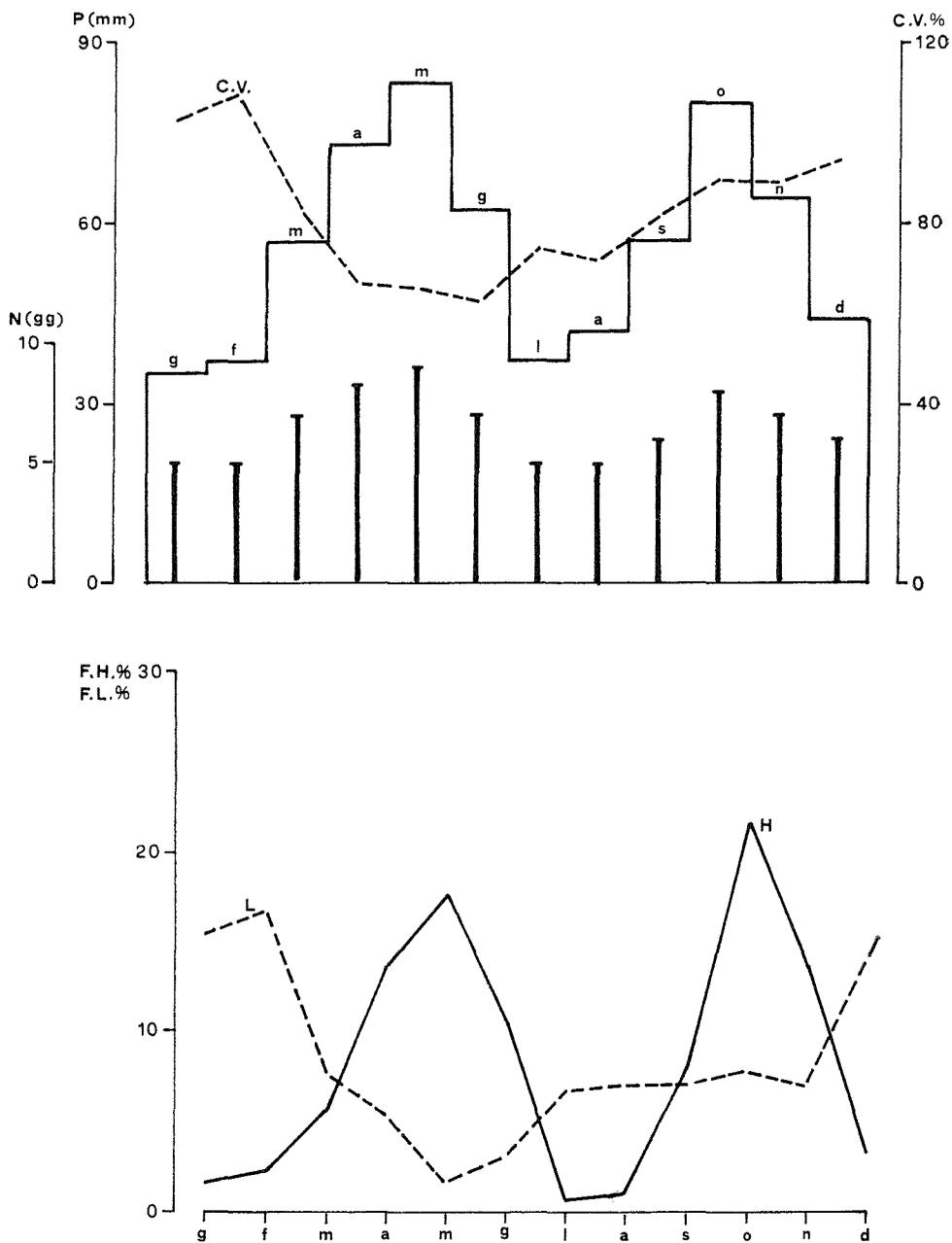


Fig. 6 - Regime pluviometrico a Bra. Precipitazioni medie mensili (P), coefficienti di variazione percentuale (C.V.%), numero medio di giorni piovosi mensili (N), frequenze percentuali dei massimi (F.H.%) e dei minimi (F.L.%) annuali. Periodo di osservazione: 1862-1982.

1 MESE			2 MESI			3 MESI		
<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>
460	1873	10	656	1873	10	698	1873	9
305	1918	4	451	1901	9	505	1907	9
267	1901	10	407	1907	9	505	1957	4
263	1907	10	396	1957	4	501	1976	8
257	1879	5	386	1918	4	498	1918	4
242	1926	11	367	1976	9	470	1901	8
233	1872	10	353	1889	5	461	1972	1
230	1905	5	336	1879	4	443	1889	4
229	1889	5	336	1975	5	442	1936	3
229	1975	5	331	1972	1	440	1974	2
4 MESI			5 MESI			6 MESI		
<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>
728	1873	8	747	1873	7	770	1873	6
595	1976	8	658	1976	7	761	1901	5
586	1901	7	642	1972	1	142	1972	1
577	1972	1	628	1901	6	721	1976	6
561	1907	8	613	1907	8	714	1896	8
559	1896	10	595	1973	12	658	1907	6
533	1936	3	582	1978	1	656	1936	1
533	1957	4	571	1936	2	648	1977	12
526	1960	9	570	1896	9	634	1973	12
525	1918	3	568	1975	2	619	1975	5
7 MESI			8 MESI			9 MESI		
<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>
807	1873	10	988	1901	3	1033	1896	5
784	1901	4	912	1873	4	1020	1873	3
781	1976	5	904	1935	10	1013	1901	2
773	1972	1	887	1976	8	995	1935	10
758	1878	11	862	1896	5	974	1972	1
753	1896	5	862	1971	11	974	1976	9
752	1975	5	858	1898	3	932	1975	3
743	1935	10	818	1878	10	927	1898	3
727	1898	4	809	1975	5	899	1878	9
715	1918	4	789	1907	4	888	1920	3
10 MESI			11 MESI			12 MESI		
<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>	<i>Valore</i>	<i>Anno</i>	<i>Mese</i>
1108	1976	8	1171	1976	7	1243	1901	3
1088	1896	4	1137	1901	3	1240	1872	12
1082	1901	3	1100	1896	3	1234	1976	6
1073	1873	2	1094	1971	11	1171	1971	11
1051	1972	1	1088	1920	1	1141	1920	1
1023	1935	10	1078	1873	1	1124	1935	7
989	1975	3	1051	1935	8	1123	1896	2
944	1878	8	1041	1975	2	1119	1975	3
941	1898	2	992	1878	7	1060	1897	12
941	1920	3	991	1897	12	1036	1973	5

TAB. 3 - Precipitazioni critiche (mm) da 1 a 12 mesi consecutivi (10 casi massimi). Periodo di osservazione: 1862-1982.

			2 MESI			3 MESI		
			Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
			0	1870	9	8	1883	12
			0	1884	1	17	1902	12
			2	1866	1	18	1921	9
			2	1878	1	18	1944	1
			2	1961	2	22	1957	8
			3	1884	10	23	1870	9
			4	1957	8	23	1879	11
			6	1921	10	24	1938	1
			7	1908	1	24	1951	12
			7	1971	9	25	1865	12
4 MESI			5 MESI			6 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
27	1879	12	41	1879	11	59	1879	10
30	1921	9	53	1883	10	70	1921	9
35	1883	11	58	1921	8	70	1945	2
38	1951	12	64	1948	11	74	1883	9
42	1938	1	70	1945	2	91	1937	11
46	1877	7	72	1877	7	100	1862	7
47	1945	4	72	1937	12	107	1877	6
50	1957	7	75	1923	6	117	1866	7
51	1955	11	82	1971	6	117	1870	9
52	1923	7	88	1946	9	119	1944	1
7 MESI			8 MESI			9 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
86	1883	8	113	1883	7	140	1944	11
94	1921	9	122	1921	8	149	1883	7
117	1945	1	129	1944	12	150	1921	7
118	1877	8	137	1877	7	169	1879	7
132	1866	6	163	1879	6	172	1877	6
145	1879	9	164	1870	9	216	1894	6
148	1870	9	189	1866	5	224	1944	1
151	1952	9	193	1946	9	229	1908	11
152	1946	7	200	1952	8	229	1967	7
157	1862	6	203	1909	1	231	1870	7
10 MESI			11 MESI			12 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
181	1879	6	205	1921	5	247	1921	5
181	1921	5	216	1944	11	285	1944	11
203	1944	11	264	1966	12	307	1966	11
205	1883	6	267	1883	5	322	1870	4
207	1877	6	291	1870	4	322	1908	9
246	1967	1	295	1908	9	350	1951	12
247	1870	7	296	1877	5	352	1946	7
252	1952	6	296	1879	6	355	1877	7
256	1908	11	310	1952	5	362	1883	4
257	1946	7	312	1946	9	374	1981	10

TAB. 4 - Precipitazioni critiche (mm) da 1 a 12 mesi consecutivi (10 casi minimi). Periodo di osservazione: 1862-1982.

Per la stazione di Bra nel periodo di 121 anni di osservazione (1862-1982), le curve di miglior adattamento presentano le seguenti formulazioni:

$$P = 500 \cdot T^{0,39} \text{ per i massimi}$$

$$P = 6 \cdot (T - 2)^{1,60} \text{ per i minimi}$$

Tali curve (fig. 7) delimitano un'area, sul grafico, comprendente tutti i possibili casi di precipitazioni da 1 a 12 mesi consecutivi verificatesi nell'arco dell'intero periodo di osservazione e permettono di evidenziare meglio gli eventi pluviometrici eccezionali per tutti gli intervalli di tempo per  $T = 1-12$  mesi. Per esempio nell'arco dei 121 anni considerati non si è mai verificata assenza di precipitazioni per più di due mesi consecutivi mentre il valore minimo per  $T = 12$  mesi (247 mm) è risultato inferiore a quello relativo all'anno civile più « secco » (il 1921 con 288 mm); il valore mensile più elevato (460 mm nell'ottobre 1873) è risultato più di 2/3 della media annua di 671 mm; rispetto a quest'ultima il caso critico massimo di 12 mesi consecutivi (1243 mm) è risultato quasi il doppio (e superiore anche al valore di 1141 mm dell'anno civile più piovoso del periodo di osservazione).

### PRECIPITAZIONI BREVI E INTENSE

Nell'ambito dei problemi della protezione del suolo (fenomeni di erosione accelerata e piene) hanno particolare importanza le piogge di notevole intensità e breve durata; tali fenomeni meritano, quindi, un'analisi che metta in evidenza la loro entità e distribuzione frequenziale nei diversi mesi dell'anno.

Si sono utilizzati i dati che il Servizio Idrografico riporta nella Parte I degli Annali Idrologici e che si riferiscono ai valori massimi annuali di precipitazioni da 1 a 5 giorni consecutivi e da 1 a 24 ore consecutive con relative date in cui tali fenomeni si sono verificati. Si è fatto riferimento anche ai tabulati conservati presso la biblioteca del Museo Civico Craveri di Storia Naturale di Bra sia per quel che riguarda gli anni seguenti il 1971 che per i massimi di precipitazioni per 0,5 ore essendo, questi ultimi, raramente pubblicati sugli Annali. In questo modo si sono potuti disporre di periodi di osservazione di 59 anni (1924-1982) per  $T = 1-5$  giorni e di 45 anni (1936-1969, 1972-1982) per  $T = 0,5-24$  ore; i massimi assoluti che si sono verificati nelle due serie di osservazione sono riportati nelle tabb. 5 e 6 con le relative date in cui hanno avuto inizio.

1 g		2 gg		3 gg		4 gg		5 gg	
<i>mm</i>	<i>data</i>	<i>mm</i>	<i>data</i>	<i>mm</i>	<i>data</i>	<i>mm</i>	<i>data</i>	<i>mm</i>	<i>data</i>
91	26 set 1947	115	8 giu 1953	121	7 giu 1953	139	9 apr 1957	144	6 nov 1962

TAB. 5 - Precipitazioni massime assolute (mm) da 1 a 5 giorni consecutivi e date inizio fenomeni. Periodo di osservazione 1924-1982.

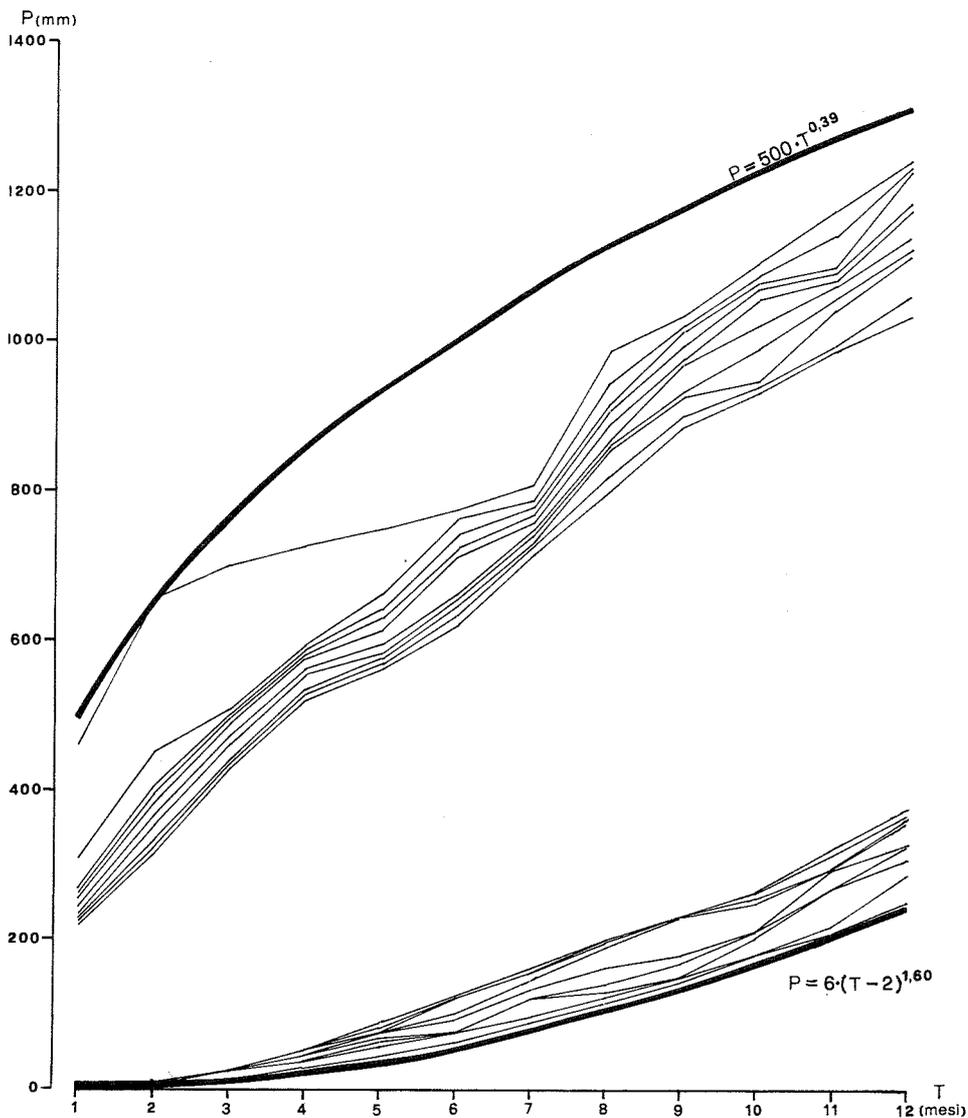


Fig. 7 - Linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche. 10 casi massimi e minimi di precipitazioni per T = 1-12 mesi consecutivi.

0,5 h		1 h		3 hh		6 hh		12 hh		24 hh	
mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
27	4 set 1939	44	12 lug 1955	60	4 set 1948	81	4 set 1948	81	4 set 1948	92	4 set 1948

TAB. 6 - Precipitazioni massime assolute (mm) da 0,5 a 24 ore consecutive. Periodo di osservazione 1936-1969, 1972-1982.

Data l'importanza della comprensione delle modalità di formazione dei deflussi e dell'alimentazione delle falde acquifere sotterranee e tenuto conto degli interventi che si rendono necessari per la difesa del territorio dai processi erosivi in seguito a precipitazioni brevi e intense, si è pensato di ricorrere ad una elaborazione che mettesse in evidenza tali manifestazioni per diversi tempi di ritorno « Tr »<sup>8</sup> caratterizzate, cioè, da diverse eccezionalità.

Un modello matematico, molto comune, da noi usato per la rappresentazione di eventi eccezionali, è quello di Gumbel (Chow, 1964; Mosetti, 1979) espresso per mezzo della seguente formulazione:

$$K = \frac{\sqrt{6}}{u} \cdot \left[ \gamma + \log_e \log_e \cdot \left( \frac{Tr}{Tr-1} \right) \right]$$

dove  $\gamma = 0,57721...$  è la costante di Eulero e « K » assume valori in funzione del numero « n » di dati ordinari in senso decrescente. Fra i diversi valori di « K » e i dati delle 11 serie ordinate di osservazione (1, 2, 3, 4 e 5 giorni e 0,5, 1, 3, 6, 12 e 24 ore) sono stati calcolati i coefficienti di correlazione « r » e i parametri delle rette interpolanti:

1	g	P = 48,9 + 14,4 · K	(r = + 0,983)
2	gg	P = 69,2 + 20,8 · K	(r = + 0,979)
3	gg	P = 77,9 + 22,7 · K	(r = + 0,978)
4	gg	P = 87,6 + 26,7 · K	(r = + 0,971)
5	gg	P = 94,2 + 31,5 · K	(r = + 0,976)
0,5	h	P = 16,8 + 5,8 · K	(r = + 0,950)
1	h	P = 23,1 + 9,2 · K	(r = + 0,975)
3	hh	P = 32,4 + 11,3 · K	(r = + 0,980)
6	hh	P = 38,8 + 13,4 · K	(r = + 0,967)
12	hh	P = 44,6 + 14,1 · K	(r = + 0,972)
24	hh	P = 57,0 + 14,9 · K	(r = + 0,973)

che permettono di ricavare valori di « P » per qualsiasi intervallo « T » e per qualsiasi tempo di ritorno « Tr ». A titolo di esempio, nella tab. 7, sono stati riportati i valori stimati di precipitazioni massime per i tempi di ritorno di 10, 20, 30, 45, 60 e 90 anni; a questi dati si possono adattare curve inviluppo che, dalla letteratura idrologica, hanno una formulazione del tipo:

$$P = a \cdot T^b$$

<sup>8</sup> Per tempo di ritorno « Tr » (in anni) si intende l'intervallo di tempo che, in media, intercorre tra due eventi che uguagliano o superano un determinato valore; esso può essere definito come l'inverso della frequenza già annotata in precedenza (in Chow, 1964):

$$Tr = \frac{n+1}{m}$$

dove « P » è il valore della precipitazione (mm) e « T » è il tempo espresso in giorni o in ore a seconda dei casi. Nella fig. 8 sono rappresentati i casi critici stimati per  $Tr = 20, 45$  e  $90$  anni e le relative curve inviluppo le cui equazioni sono risultate:

$$\left. \begin{aligned} P &= 76 \cdot T^{0,45} \quad (Tr = 20) \\ P &= 88 \cdot T^{0,45} \quad (Tr = 45) \\ P &= 97 \cdot T^{0,45} \quad (Tr = 90) \end{aligned} \right\} \text{1-5 giorni}$$

$$\left. \begin{aligned} P &= 39 \cdot T^{0,27} \quad (Tr = 20) \\ P &= 46 \cdot T^{0,24} \quad (Tr = 45) \\ P &= 51 \cdot T^{0,24} \quad (Tr = 90) \end{aligned} \right\} \text{0,5-24 ore}$$

Tr	K	precipitazioni 1-5 giorni					precipitazioni 0,5-24 ore					
		1 g	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg	0,5 h	1 h	3 hh	6 hh	12 hh	24 hh
10	1,31	66	95	105	113	134	22	34	46	55	62	74
20	1,87	74	106	118	124	151	25	39	52	62	70	82
30	2,19	80	115	127	146	163	29	43	57	68	75	90
45	2,51	85	121	134	154	173	31	46	61	72	80	94
60	2,74	88	126	140	161	180	33	48	63	75	83	98
90	3,05	93	133	147	169	190	34	51	67	80	88	102

TAB. 7 - Valori estrapolati (mm) per diversi tempi di ritorno ( $Tr$ ) per le precipitazioni massime da 1 a 5 giorni consecutivi e da 0,5 a 24 ore consecutive.

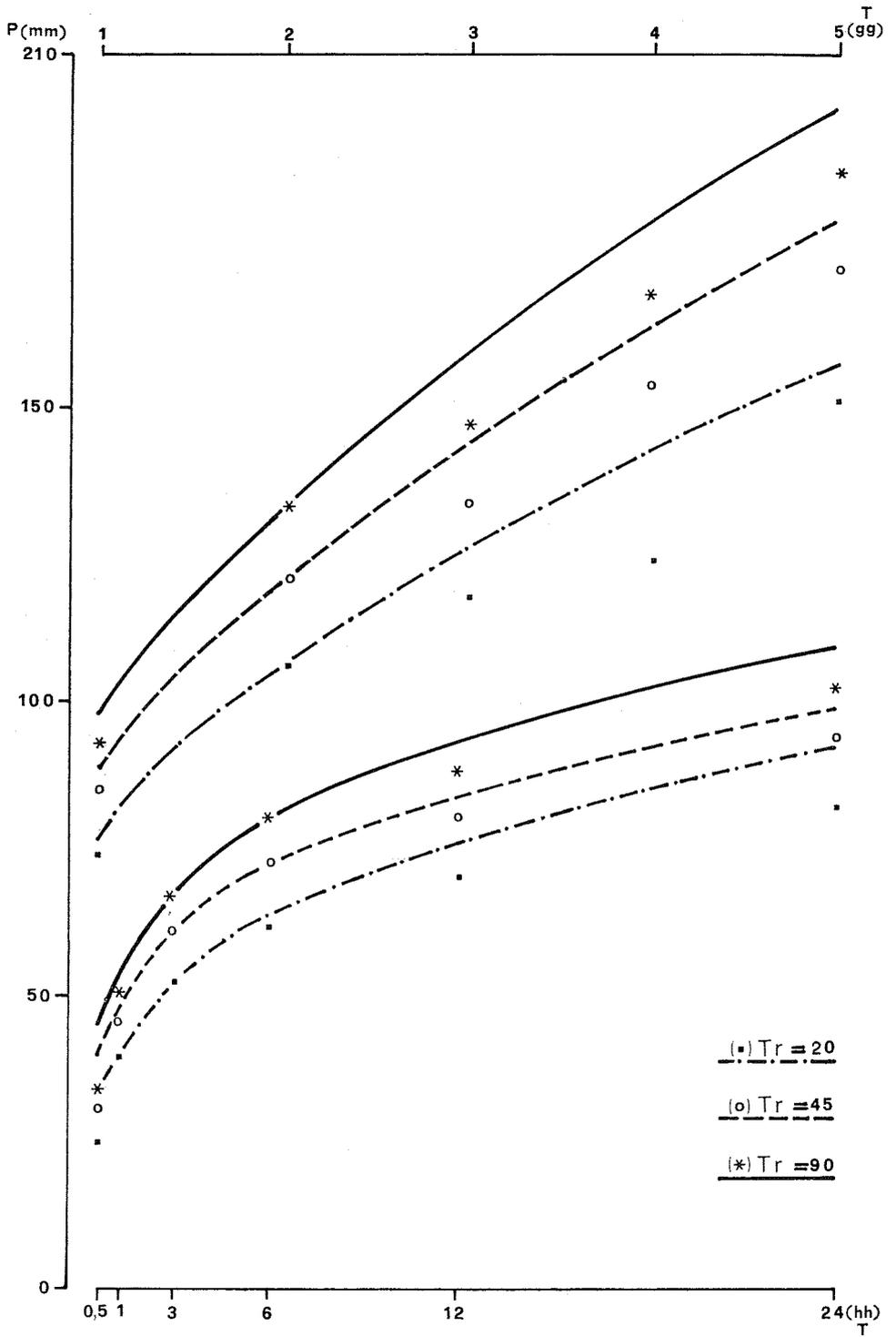
La distribuzione frequenziale dei massimi di precipitazioni annuali sia per intervalli di tempo da 1 a 5 giorni che per quelli di durata inferiore alla 24 ore, è stata studiata conteggiando, per ogni mese, il numero di casi, successivamente espresso in percentuale rispetto al numero totale (tabb. 8 e 9; fig. 9).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
1 g	2	2	6	9	11	4	9	9	11	15	13	11
2 gg	2	2	4	17	13	4	6	4	13	13	15	6
3 gg	2	2	6	17	15	4	4	2	11	13	15	9
4 gg	2	2	4	17	19	4	2	2	11	13	19	4
5 gg	2	2	2	17	23	2	2	2	11	13	19	4

TAB. 8 - Distribuzione delle frequenze delle precipitazioni massime annuali da 1 a 5 giorni consecutivi espresse in %. Periodo di osservazione 1924-1982.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
0,5 h	—	—	—	3	6	23	26	23	10	6	3	—
1 h	—	—	—	3	13	19	23	19	13	6	3	—
3 hh	—	—	—	3	13	19	19	19	16	6	3	—
6 hh	—	—	—	6	13	16	19	16	19	10	3	—
12 hh	—	—	3	13	13	10	10	13	16	16	6	—
24 hh	—	3	3	13	13	6	6	6	16	19	10	3

TAB. 9 - Distribuzione delle frequenze delle precipitazioni massime annuali da 0,5 a 24 ore consecutive espresse in %. Periodo di osservazione 1936-1969, 1972-1982.



La distribuzione frequenziale delle precipitazioni massime per  $T = 2-5$  giorni ricorda il regime pluviometrico con due massimi, praticamente equivalenti, nelle stagioni primaverile ed autunnale. Gli istogrammi, per intervalli più brevi di due giorni ( $T = 1$  giorno e  $T = 12-24$  ore) sono più livellati mentre, per intervalli più brevi alle 6 ore, iniziano a raggrupparsi intorno ai mesi estivi. Per  $T = 0,5$  ore, infine, la maggior parte dei casi è concentrata nel trimestre estivo (soprattutto nel mese di luglio) in quanto tali manifestazioni sono legate, essenzialmente, a rovesci di carattere temporalesco.

## CONCLUSIONI

Una descrizione generale del clima di Bra può essere effettuata per mezzo del climogramma *thermo-pluviometrico* (fig. 10) nel quale, per ogni mese, i valori medi delle temperature e delle precipitazioni rappresentano le coordinate che individuano dei punti che si localizzano in quadranti ottenuti, questi ultimi, dalla intersezione di due rette rappresentanti una il valore di partecipazione pari al mese medio (56 mm) e l'altra la temperatura media annua (12,4 °C). I mesi dicembre, gennaio e febbraio sono localizzati nel primo quadrante caratterizzato da basse temperature e scarse precipitazioni. Gli altri mesi rappresentano una situazione di transizione (spiccano ottobre e maggio per le abbondanti piogge e le miti temperature) tra la situazione invernale e quella estiva; quest'ultima è caratterizzata soprattutto dai due mesi luglio e agosto quando, per le elevate temperature, le perdite per evapotraspirazione sono maggiori (in concomitanza con la scarsità di piogge). Tale situazione potrebbe determinare situazioni di deficit idrico per la vegetazione.

Il calcolo degli indici di aridità di De Martonne (1926) conferma quanto appena affermato; esso può essere effettuato, per ciascun mese (tab. 10) per mezzo della relazione:

$$De = \frac{12 Pm'}{Tm' + 10}$$

dove «  $Pm'$  » e «  $Tm'$  » sono rispettivamente le precipitazioni (mm) e le temperature (°C) medie mensili. I valori calcolati per luglio e agosto sono compresi fra 5 e 15 considerati dal suddetto Autore come limiti entro i quali si ha una situazione di aridità. Ciò è confermato dal fatto che il rapporto  $Pm'/Tm'$  (calcolato per tutti i mesi; tab. 10) è risultato, per luglio e agosto, inferiore a 2 mm/°C limite, quest'ultimo, al di sotto del quale, secondo Gaussen (in Pinna, 1977), si verificano problemi di deficit idrico per la vegetazione.

A conclusione di questa analisi climatica, si è voluto applicare il metodo Thornthwaite (1946, 1954 e 1957) allo scopo di offrire un quadro più completo del clima e del bilancio idrologico di Bra. Nella tab. 10 e nella fig. 11 sono riportati

Fig. 8 - Precipitazioni intense e di breve durata. Valori stimati per tempi di ritorno  $Tr = 20, 45$  e  $90$  anni per  $T = 1-5$  giorni (i punti in alto) e per  $T = 1-24$  ore (i punti in basso) e relative curve inviluppo.

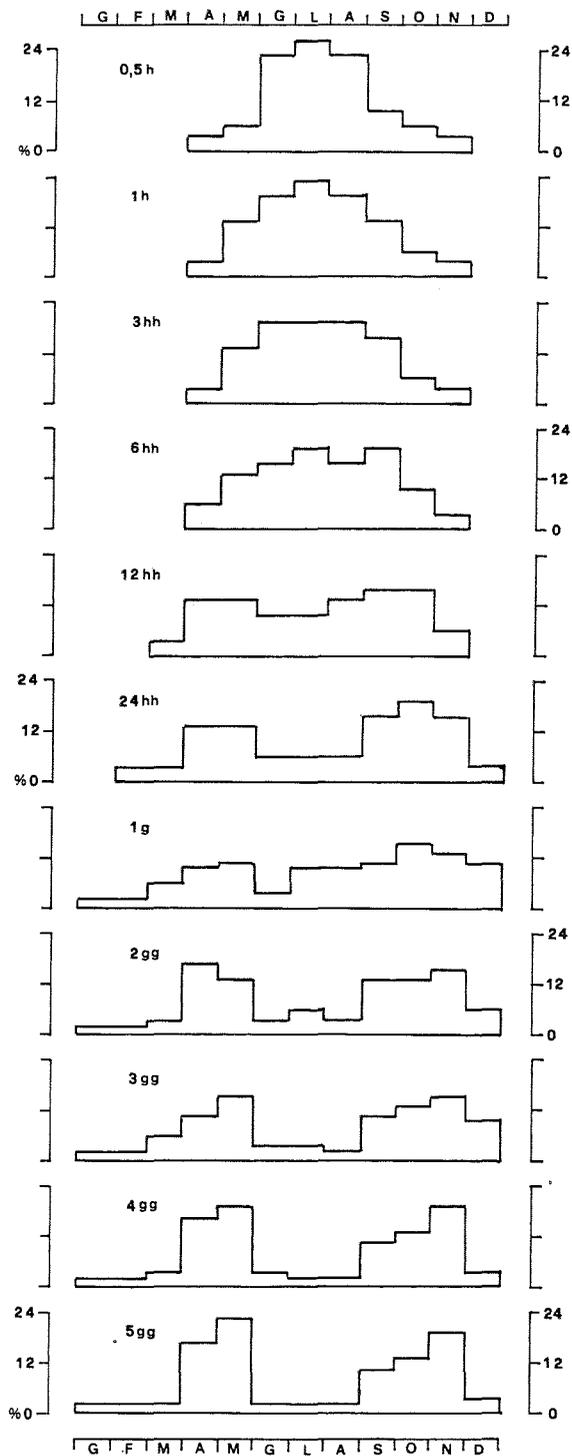


Fig. 9 - Istogrammi di distribuzione frequenziale (%) dei massimi di precipitazione per intervalli di tempo pari a 1-5 giorni consecutivi e a 0,5-24 ore consecutive.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	Anno
P'm (mm)	35	37	57	73	83	62	37	42	57	80	64	44	671
T'm (°C)	1,3	3,2	7,7	12,1	16,7	20,9	23,7	22,7	19,0	12,7	6,5	2,5	12,4
De	37	34	39	40	37	24	13	15	24	42	47	42	30
P'm/T'm	26,9	11,6	7,4	6,0	5,0	3,0	1,6	1,9	3,0	6,3	9,8	17,6	—
PE	1	6	26	51	97	123	149	126	87	48	14	4	732
-EP	34	31	31	22	-14	-61	-112	-84	-30	32	50	40	61
A. WL	0	0	0	0	-14	-75	-187	-271	-301	0	0	0	—
T	200	200	200	200	187	127	78	51	44	76	126	166	—
C. ST	34	0	0	0	-13	-58	-49	-27	-7	32	50	40	—
AE	1	6	26	51	96	120	86	69	64	48	14	4	585
D	0	0	0	0	1	3	63	57	23	0	0	0	147
S	0	31	31	22	0	0	0	0	1	0	0	0	84
RO	0	16	23	23	11	6	3	1	0	0	0	0	84
TMD	200	216	223	223	198	133	81	52	45	76	126	166	1739

TAB. 10 - Bilancio idrico a Bra. Precipitazioni medie mensili (P'm), temperature medie mensili (T'm), indici di aridità di De Martonne (De), indici di Gausson (P'm/T'm), evapotraspirazione potenziale (PE), perdita d'acqua cumulata (A. WL), riserva idrica del suolo (ST), variazioni della riserva (C. ST), evapotraspirazione reale (AE), deficit (D), eccedenza (S), scorrimento superficiale (RO), ritenzione totale di umidità (TMD).

Indice di aridità  $I_a = 100D/PE = 20$ ; indice di umidità  $I_h = 100S/PE = 11$ ; indice di umidità globale  $I_m = I_h - I_a = -9$ ; efficienza termica  $PE = 732$ ; concentrazione estiva dell'efficienza termica  $PE(\text{giu}) + PE(\text{lug}) + PE(\text{ago})/PE = 0,54$ .

Classificazione secondo Thornthwaite:  $C_sB'_2b'_3$  (clima da subumido a subarido, secondo mesotermico con moderata eccedenza idrica invernale).

e raffigurati i dati elaborati secondo il suddetto metodo; le modalità di calcolo e i relativi significati sono assai noti e divulgati da un'ampia letteratura (Franceschetti, 1977; Pinna, 1977;...). Il deficit idrico è rilevante nei mesi di luglio e di agosto e perdura anche nel settembre in quanto, anche se le precipitazioni cominciano ad aumentare, la riserva d'acqua è ancora scarsa. La maggior parte dell'acqua meteorica, dal mese di ottobre fino a quello di gennaio, viene, quindi, utilizzata per rimpinguare le riserve del sottosuolo e soltanto nel trimestre febbraio-aprile si ha un surplus d'acqua. Nei mesi di maggio e di giugno, infine, si verificano le migliori condizioni per lo sviluppo della vegetazione quando, contemporaneamente al notevole aumento della temperatura dell'aria, le disponibilità idriche del sottosuolo sono ancora abbondanti.

## BIBLIOGRAFIA

- ANNALI IDROLOGICI, 1913-1970 - *Min. LL. PP. Uff. Idrogr. Po, Serv. Idrogr.* Parma.  
 ANSELMO V., BERGESIO B., MOLINARO E., 1982 - Irraggiamento solare a Bra. *Riv. Piem. St. Nat.*, 3: 97-112, Carmagnola.  
 AUTORI VARI, 1980 - Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese. *Reg. Piemonte, Ass. tutela amb.*, 4 voll., atl., Torino.  
 BERGESIO B., BOGLIETTI I., MOLINARO E., 1980 - Attività scientifica e didattica: Stazione meteorologica e clima di Bra. *Il Museo Civico Craveri di Bra di storia naturale*: 246-271, Bra.

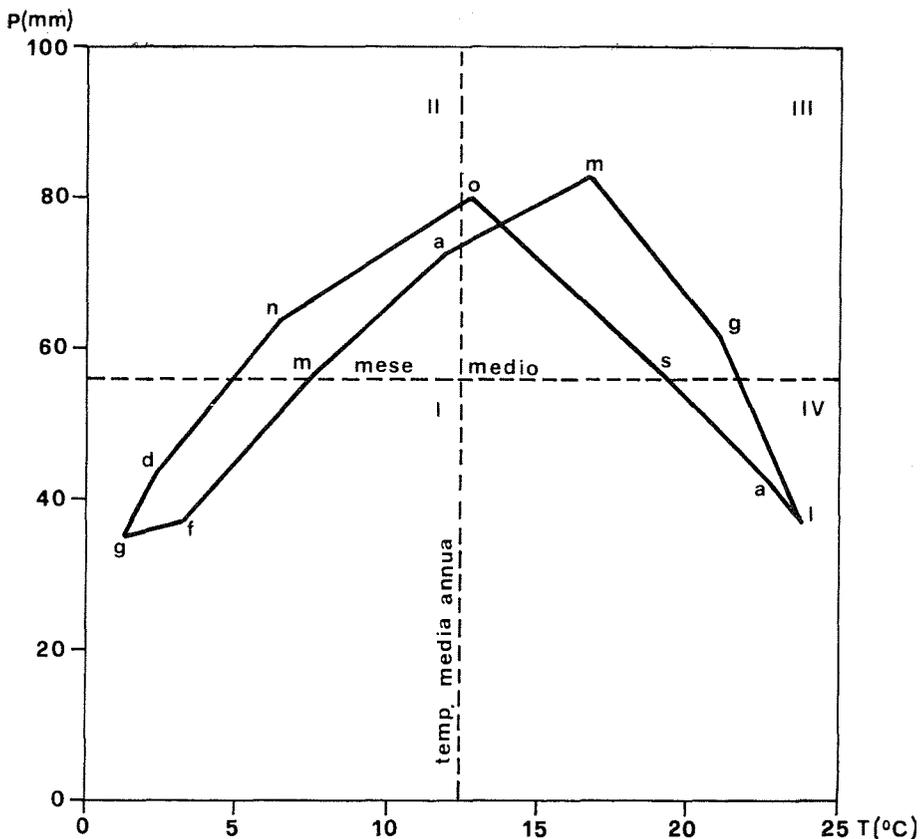


Fig. 10 - Climogramma termo-pluviometrico. Precipitazioni (P) e temperature (T) medie mensili.

BERTULETTI C., CAROLLO A., 1973 - Climatologia del bacino idrografico del Torrente Borlezza. *Pubbl. Amm. Prov. Bergamo*.

BRUCE J. P., CLARK R. H., 1966 - Introduction to hydrometeorology. *Pérgamon Press*, Toronto.

CAROLLO A., 1970 - Analisi delle precipitazioni rilevate alla stazione di Nepi. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 26: 121-139, Pallanza.

CAROLLO A., 1973 - Lineamenti generali delle precipitazioni nel bacino del Tevere. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 30: 189-235, Pallanza.

CAROLLO A., 1977 - Cartografia pluviometrica applicata alle risorse idriche. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 34: 247-300, Pallanza.

CAROLLO A., 1978a - Precipitazioni brevi e intense nella regione compresa tra i bacini idrografici del Fiume Sesia e del Lago Maggiore. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 36: 121-138, Pallanza.

CAROLLO A., 1978b - Il clima e l'ambiente: esperimenti di cartografia pluviometrica applicata alle risorse idriche. *Conv. «Metodi di cartografia geo-ambientale e di cartografia della vegetazione»*; Bologna 29-30 marzo; 143-148.

CHOW V. T., 1964 - Handbook of applied hidrology. *McGraw-Hill*, New York.

CONTESSINI F., 1956 - Impianti idroelettrici. *Tamburini*, Milano.

DE MARTONNE E., 1926 - Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. *La Météorologie*, 2, Paris.

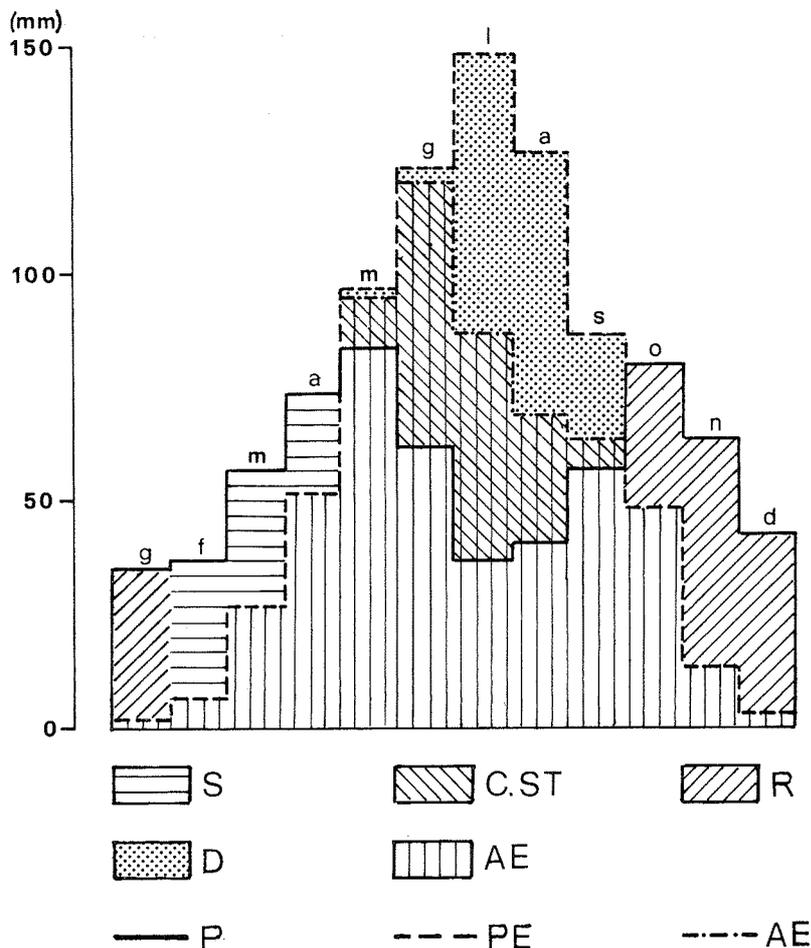


Fig. 11 - Bilancio idrico secondo Thornthwaite per Bra. Eccedenza idrica (S), deficit idrico (D), variazione della riserva (C.ST), evapotraspirazione reale (AE), ricostituzione della riserva (R), precipitazioni medie mensili (P), evapotraspirazione potenziale (PE).

EREDIA F., 1920 - Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915. *Min. LL. PP.*, 2 (1), Roma.

FANTOLI L., 1913 - Linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche e loro applicazione idraulica. *Rend. Ist. Lomb. Sci. Lett.*, 46: 65-103, Milano.

FENAROLI L., 1935 - L'indice di continentalità igrica come mezzo di rappresentazione delle caratteristiche climatologiche di stazione e la carta esepirica della montagna lombarda. *L'Universo*, 16 (1975).

FRANCESHETTI B., 1977 - Lezioni di geografia fisica: p. seconda. Anno acc. 1975/76, *Ms.*, *Ist. Geol. Univ.*, Torino.

GAMS H., 1931 - Die Klimatische Begrenzung von Pflanzenarealen und die verteilung der hygrischen kontinentalität in den Alpen. *Z. Gesell. Erdkunde*, 9, 321.

- MENNELLA C., 1967 - Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. 1, *EDART*, Napoli.
- MOLINARO E., 1980a - I. Craveri. *Il Museo Civico Craveri di Bra di storia naturale*: 2-54, Bra.
- MOLINARO E., 1980b - Guida al Museo: Saletta di meteorologia. *Il Museo Civico Craveri di Bra di storia naturale*: p. 132, Bra.
- MORI A., 1957 - Il clima. In: *L'Italia Fisica*: 21-63, *T.C.I.*, Milano.
- MOSETTI F., 1979 - Fondamenti di Oceanologia e Idrologia. *UTET*, Torino.
- PÉGUY C. P., 1970 - *Precis de Climatologie*. *Masson*, Paris.
- PEROSINO G. C., SCARPINATO T., 1982 - Elementi pluviometrici ed idrologici del bacino idrografico del torrente Cervo. *Riv. Piem. St. Nat.*, 3: 77-96, Carmagnola.
- PEROSINO G. C., 1983 - Climatologia di Nizza Monferrato. *Riv. Piem. St. Nat.*, 4: 171-187, Carmagnola.
- PINNA M., 1977 - Climatologia. *UTET*, Torino.
- PIUMATI A., 1924 - Riassunti mensili ed annuali e statistica del cinquantennio 1873-1923. *Ms., Arch. Mus. Craveri*, Bra.
- RÉMÉNIÉRAS G., 1972 - *L'hydrologie de l'ingenieur*. *Eyrolles*, Paris.
- SOKOLOV A. A., CHAPMAN T. G., 1974 - *Methods for water balance computations*. *Unesco Press*, Paris.
- STRAHLER A. N., 1968 - *Physical geography*. *J. Wiley & Sons Inc.*, New York.
- THORNTWHAITE C. W., 1946 - An approach toward a rational clasification of climate. *Trans. Amer. Geophys. Union*, v. 271.
- THORNTWHAITE C. W., MATHER J. R., 1954 - *The measurement of potential evapotraspiration*. *Seabrook*, New Jersey.
- THORNTWHAITE C. W., MATHER J. R., 1957 - *Introduction and tables for computing potential evapotraspiration and water balance*. *Concerton*.
- TONINI D., 1966 - Elementi di idrografia e di idrologia. v. 2, *Libr. Univ.*, Venezia.