

GIAN CARLO PEROSINO * - MARCO ROSSO *

CLIMATOLOGIA DI ALESSANDRIA **

SUMMARY - *The climate of Alessandria (Piedmont, NW Italy).*

In this work we have analyzed the data relative to the meteorological observations (air temperature and precipitations) made by the Alessandria station. It started its activity in 1857 and it is one of the oldest among those that are, at the moment, run by the Italian Hydrographic Service (Ministry of Works and Buildings) in Piedmontese area.

Some statistics have been recorded, other than those dealing with the climate. They have pointed out exceptional meteorological phenomena that should be regarded as important as those related to the surrounding environment, in general, and to the hydrogeological ruin and the hydric resources management in particular.

RIASSUNTO - In questo lavoro si sono analizzati i dati relativi alle osservazioni meteorologiche (temperatura dell'aria e precipitazioni) compiute dalla stazione di Alessandria che iniziò la sua attività dal 1857 risultando, quindi, una delle più antiche fra quelle attualmente gestite dal Servizio Idrografico Italiano (Ministero LL. PP.) sul territorio piemontese.

Sono state compiute alcune elaborazioni statistiche che, oltre alla definizione del clima, hanno permesso di evidenziare i fenomeni meteorologici eccezionali che sono da considerare con molta attenzione quali fattori di notevole incidenza nei confronti dell'ambiente in generale, del dissesto idrogeologico e della gestione delle risorse idriche in particolare.

Il moderno calcolatore rappresenta oggi uno dei più potenti mezzi a disposizione della ricerca scientifica. Le possibilità di immagazzinare grandi quantità di dati e di compiere operazioni rapidissime, permettono di effettuare elaborazioni fino a poco tempo fa inattuabili o che richiedevano tempi molto lunghi. La climatologia è una di quelle discipline che hanno maggiormente usufruito delle possibilità offerte recentemente dai calcolatori a tutti i livelli. Più in generale quasi tutti i settori di ricerca naturalistica hanno trovato nuovi impulsi grazie agli sviluppi e alle applicazioni per mezzo dell'informatica e dell'elettronica. Il maggior vantaggio è dato, essenzialmente, dalla possibilità di immagazzinare, in pochissimo spazio, una grande mole di informazioni, siano esse di tipo ornitologico o teriologico, o di carattere botanico, meteorologico, ecc...; altro notevole vantaggio è dato dalla velocità con la quale si può accedere alla popolazione di dati per mezzo di criteri selettivi.

* C.R.E.S.T., via Caprera 30, 10126 Torino.

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

Molto spesso si sentono formulare ipotesi di ambiziosi programmi basati, essenzialmente, sull'uso di moderni e potenti calcolatori elettronici con i quali compiere rapidamente analisi territoriali finalizzate ad una ottimale gestione delle risorse naturali oppure in grado di effettuare ripetuti monitoraggi ambientali che servano da base per la redazione di futuribili valutazioni di impatto ambientale. È chiaro comunque che tali programmi sono realizzabili a condizione che « *nella memoria dei calcolatori siano presenti dei dati* » oppure che « *vi siano degli operatori (o rilevatori) qualificati che raccolgano e introducano nella memoria dei dati* ».

Nel campo della climatologia (importante capitolo delle analisi territoriali) i dati sono, nella maggior parte dei casi, quelli pubblicati sugli Annali Idrologici del Servizio Idrografico (Ministero dei Lavori Pubblici) e rilevati da una fitta rete di stazioni meteorologiche distribuite su tutto il territorio nazionale. Di questa rete fa parte anche Alessandria (Lat. N. 44°55'; Long. — Mer. Roma — 3°52' W; 95 m s.l.m.).

La scelta di studiare il clima di questa località si è basata sul fatto che essa ha in dotazione una stazione meteorologica in funzione fin dal 1857. Fra tutte quelle gestite dalla Sezione di Torino dell'Ufficio Idrografico del Po (che controlla tutta l'area piemontese) è una delle più antiche. In teoria dovrebbero essere disponibili osservazioni meteorologiche compiute in un intervallo di tempo di ben 129 anni (1857-1985), più lungo, quindi, di quello di 120 anni di Bra (nel bacino del Tanaro) preso in considerazione da Perosino e Rosso (1984) in un recente lavoro.

La stazione meteorologica di Alessandria funzionò sempre, praticamente senza interruzioni, per più di un secolo, anche in periodi storici assai difficili (come durante i conflitti mondali). Purtroppo dal 1973 compreso, proprio mentre si affermavano definitivamente l'elettronica e l'informatica, le pubblicazioni degli Annali Idrologici, almeno per quanto riguarda la Sezione di Torino, cessarono e non tanto perché il Servizio Idrografico fosse stato smobilitato, ma perché le strutture cominciarono ad essere carenti per mancanza di personale. In sostanza in un periodo storico in cui il problema della disoccupazione è fra i più drammatici, l'importante ed utilissimo Servizio Idrografico va in crisi per mancanza di personale senza il quale non possono essere effettuate, raccolte, organizzate e pubblicate le rilevazioni meteorologiche; queste ultime, inoltre fanno parte dell'insieme di dati che dovrebbero essere inseriti nelle memorie dei calcolatori elettronici per poter effettuare quelle complesse analisi territoriali alle quali si è prima accennato.

Per quanto riguarda la stazione di Alessandria, la raccolta dei dati è stata effettuata per mezzo degli Annali Idrologici del Servizio Idrografico (1913-1972) e, per quanto riguarda le osservazioni antecedenti il 1913, della pubblicazione di Filippo Eredia « Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915 » edita dal Ministero dei Lavori Pubblici (1920); si è fatto inoltre uso dei 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 pochissimi dati mancanti.

Si tratta di osservazioni effettuate sui due parametri temperatura dell'aria e precipitazioni, gli unici per i quali sono a disposizione serie superiori ai 25-30 anni

normalmente raccomandati per ottenere risultati significativi dalle elaborazioni (Bruce, Clark, 1966; Sokolov, Chapman, 1974). In pratica sono stati elaborati, per mezzo di un calcolatore, oltre 11.000 dati, pur dovendo rinunciare a quelli posteriori al 1972 (13 anni fino al 1985 compreso) per i motivi di cui sopra. Quindi non sono compresi nelle rilevazioni alcuni eventi meteorologici eccezionali dell'ultimo decennio come le intense precipitazioni del maggio 1984 e la recente ondata di freddo intenso che, nel gennaio 1985, ha colpito tutta la penisola italiana.

TEMPERATURA DELL'ARIA

Gli Annali Idrologici riportano, per la stazione di Alessandria, le temperature mensili dal 1926 al 1972 (47 anni) e le sole temperature medie annue dal 1914. Sui valori medi annui (1914-1972: 59 anni; Fig. 1) è stata compiuta una prima serie di elaborazioni per verificare la normalità della loro distribuzione. A tale scopo sono stati calcolati la media aritmetica «T» e lo scarto quadratico medio «s».¹ Per le distribuzioni normali è noto che:

- il 68,27% dei dati è compreso tra $T - s$ e $T + s$,
- il 95,45% dei dati è compreso tra $T - 2s$ e $T + 2s$,
- il 99,73% dei dati è compreso tra $T - 3s$ e $T + 3s$.

Successivamente sono stati valutati i valori in corrispondenza del primo (I), del secondo (II) e del terzo (III) quartile in corrispondenza rispettivamente del 25%, del 50% e del 75% della curva di frequenza cumulata delle temperature medie annue ordinate in senso decrescente; quindi si è proceduto al calcolo dell'indice di Bowley «A»²; tale indice è tanto più vicino a 0 tanto più la distribuzione dei dati è normale.

Infine il coefficiente di correlazione «r» fra i singoli valori annui e la loro

¹ Data una serie di «n» valori « X_j » e la loro media « $\bar{X}$ », si definisce lo scarto quadratico medio «s» con la relazione:

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

e il coefficiente di variazione percentuale «C.V.%»:

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

² L'indice di Bowley «A» è definito dall'equazione:

$$A = \frac{D_1 - D_2}{D_1 + D_2}$$

dove $D_1 = I - II$ e $D_2 = II - III$.

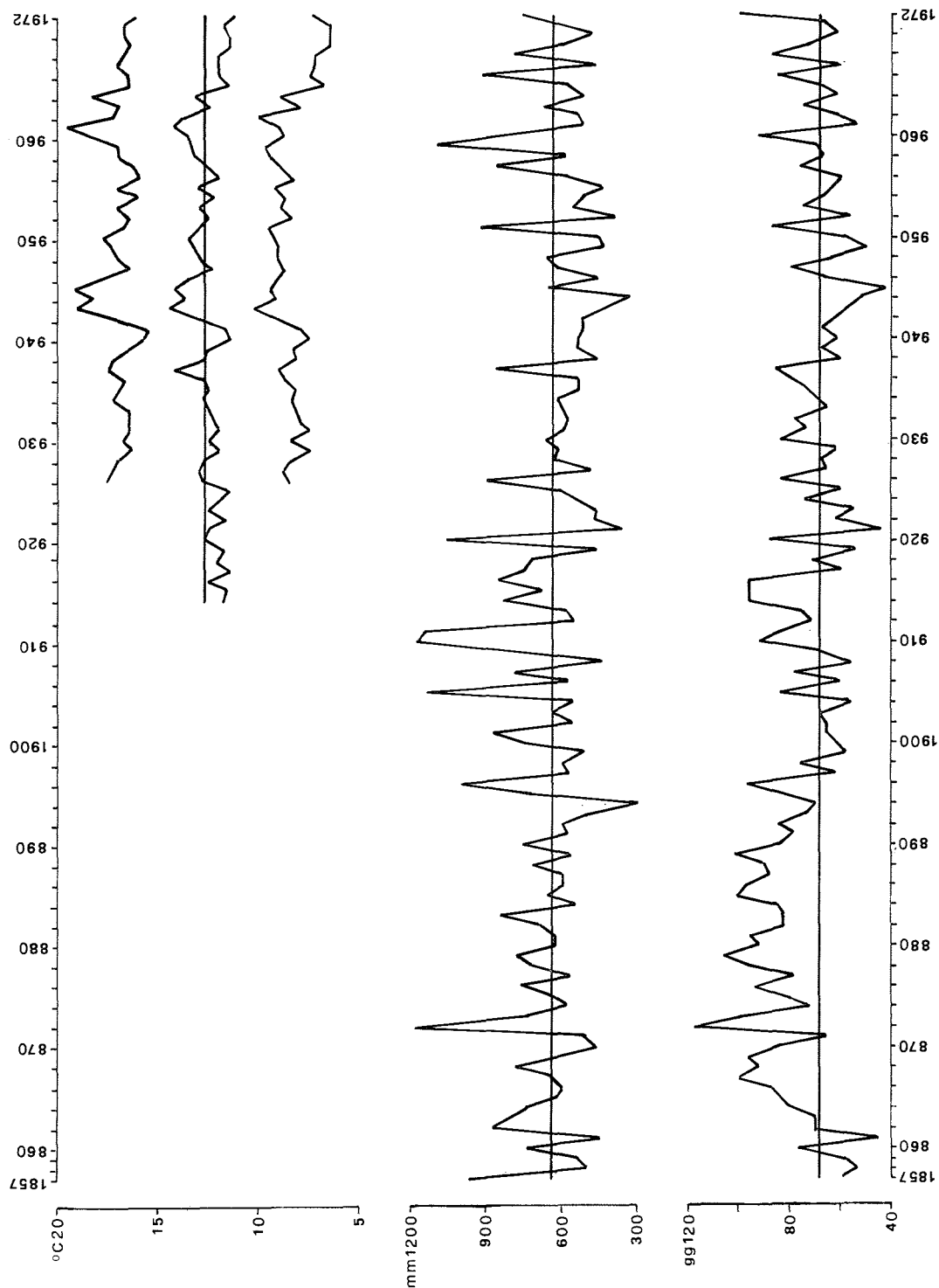


Fig. 1 - Successioni cronologiche di valori annui delle temperature (°C) dal 1914 e di quelli medi delle massime e delle minime diurne dal 1926, delle precipitazioni (mm) e del numero di giorni piovosi (gg) dal 1857.

frequenza « F »³ può confermare, se prossimo a 1, la normalità della distribuzione tanto da legittimare il calcolo dei coefficienti della retta interpolante $T = f(F)$ che permette, con molta cautela, di effettuare estrapolazioni di temperature con frequenze inferiori a quelle relative ai dati sperimentali.

I valori ottenuti da tali elaborazioni sono risultati:

T	=	12,7	°C
s	=	0,77	°C
C.V. %	=	6,1	%
T max	=	14,5	°C (1943)
I	=	13,1	°C
II	=	12,5	°C
III	=	12,0	°C
T min	=	11,3	°C (1917)
A	=	0,91	
$T - s < 64,4\% < T + s$			
$T - 2s < 94,9\% < T + 2s$			
$T - 3s < 100,0\% < T + 3s$			
$T = 13,9 - 2,6 \cdot F$ ($r = -0,98$)			

La media annua del periodo di osservazione (12,7 °C) può essere ritenuta significativa; essa è risultata inferiore a quella (13,9 °C) calcolata dal Mennella (1967) per la penisola italiana e compresa tra quelle (12-13 °C) indicate dallo stesso Autore per la Pianura Padana.

Un'analisi particolare meritano i valori termici annui estremi per l'importanza che essi assumono nel condizionare le biocenosi, l'agricoltura, i trasporti, ecc... In pratica si tratta di mettere in evidenza l'entità e il tempo di ritorno « Tr »⁴ di certi eventi di freddo intenso o di notevole caldo. Si è proceduto, prima di tutto, a formare due serie ordinate dei valori massimi e minimi per ogni anno per il periodo di osservazione 1926-1972 ($n = 47$) per il quale gli Annali riportano anche i dati estremi. L'elaborazione statistica dei dati è consistita, sostanzialmente nell'individuare le leggi teoriche di distribuzione che possono adattarsi ai particolari tipi di dati stessi. Un modello matematico molto comune, da noi usato per la rappresentazione degli eventi eccezionali, è quello di Gumbel che è risultato alta-

³ 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 » il numero dei dati della serie.

⁴ 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 « F » (in Chow, 1964):

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

mente soddisfacente dall'United States Weather Bureau (Hershfield e Kohler in Reich, 1963) e può essere espresso per mezzo della seguente formulazione (Chow, 1964; Mosetti, 1979):

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

dove $\gamma = 0,57721...$ è la costante di Eulero e il fattore di frequenza « K » assume valori in funzione della posizione « m » degli « n » dati ordinati in senso decrescente. Fra i diversi valori di « K » e i dati delle due serie sono stati calcolati i coefficienti di correlazione « r » e i parametri delle rette interpolanti che permettono di ricavare valori di temperature annue estreme per qualsiasi « Tr ». A titolo di esempio abbiamo calcolato i valori relativi ad alcuni tempi di ritorno sia per le temperature massime che per le minime:

massimi: $T = 34,68 + 2,14 \cdot K$ ($r = 0,99$)

minimi: $[T] = 10,40 + 3,88 \cdot K$ ($r = 0,96$)

Tr (anni)	K	T max (°C)	T min (°C)
10	1,305	37,5	— 15,5
20	1,866	38,7	— 17,6
30	2,189	39,4	— 18,9
50	2,593	40,2	— 20,5
80	2,962	41,0	— 21,9

La successione cronologica dei valori medi annui (Fig. 1) non pone in evidenza tendenze alla diminuzione o all'aumento e il calcolo del coefficiente di correlazione tra i dati « T » e il tempo « t » non è risultato significativo. Si è provato allora ad evidenziare eventuali periodi più caldi rispetto alla media (12,7 °C) con il calcolo delle medie mobili per $t = 15, 20, 25$ e 30 anni; i valori massimi ottenuti sono:

t (anni)	periodo	valore (°C)
15	1942-1956	13,1
20	1943-1962	13,2
25	1942-1966	13,1
30	1935-1964	13,0

A titolo di confronto è stato effettuato lo stesso calcolo anche per i dati della stazione di Bra (Perosino e Rosso, 1984) limitatamente allo stesso periodo di osservazione di Alessandria:

t (anni)	periodo	valore (°C)
15	1942-1956	12,8
20	1943-1962	12,9
25	1942-1966	12,7
30	1930-1959	12,6

nello stesso periodo di osservazione 1914-1972 la media generale di Bra è risultata pari a 12,4 °C. Confrontando i risultati ottenuti per le due stazioni si osserva

una buona corrispondenza e si evidenzia « ...l'ampia oscillazione verso il caldo che sembra abbia caratterizzato il trentennio 1930-1960 un po' su tutto il globo » (Schneider, 1976). Durio ed Altri (1982) hanno constatato che per Torino il periodo 1926-1970, sovrapposto quindi al trentennio 1930-1960, è risultato più caldo ($T = 12,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) rispetto alla fine del secolo precedente (1866-1905; $T = 11,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) subito dopo la « piccola era glaciale ». Recentemente sembra esservi una tendenza al raffreddamento del clima; Ianin (1970) nel suo studio sul clima del Colle del Gran San Bernardo, ha evidenziato un aumento delle temperature dalla fine del secolo scorso fino al 1964 con conseguente regresso dei ghiacciai valdostani di almeno del 20% fino al 1952 mentre nell'ultimo ventennio si registra una leggera avanzata. Comparando le medie del decennio 1953-1962 con quelle del trentennio 1931-1960, De Gemini (1962) conclude che l'isoterma media annua di $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ si è abbassata da 200 a 400 metri a seconda delle stagioni in Valtournanche (AO).

È certamente difficile avanzare oggi ipotesi sicure di modificazioni climatiche e sarebbero necessarie ulteriori ricerche anche più specifiche; concludiamo, intanto, con alcune interessanti osservazioni di Bernacca (in Serveda e San Gil, 1976): « ...oggi ci troviamo ad una inversione dell'andamento climatico; forse potrebbe iniziare la quarta fase della "piccola glaciazione", cioè potremmo ritornare a quel clima più "tonico" che caratterizzò il secolo scorso. E forse in questo nuovo assestamento climatico potrebbero inserirsi i capricci stagionali di questi ultimi tempi, compresi i più recenti episodi di siccità... ».

REGIME TERMICO ED ESCURSIONI

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_m),
- medie delle massime ($\bar{T}_{\max}$ g) e delle minime ($\bar{T}_{\min}$ g) giornaliere,
- medie dei massimi ($T_{\max}$) e dei minimi ($T_{\min}$) mensili,
- massimi ($T_{\max}$) e minimi ($T_{\min}$) assoluti;

nelle stesse Tab. 1 e Fig. 2 sono inoltre rappresentati:

- escursioni medie giornaliere (Esc. g.),
- distribuzione % delle massime ($F.\bar{H.}$) e delle minime ($F.\bar{L.}$) medie mensili,
- distribuzione % dei massimi ($F.H.$) e dei minimi ($F.L.$) annuali.

Il massimo annuale dei valori medi mensili si verifica nel mese di luglio ($24,3\text{ }^{\circ}\text{C}$) mentre il minimo in quello di gennaio ($0,3\text{ }^{\circ}\text{C}$). Aprile ($12,9\text{ }^{\circ}\text{C}$) e ottobre ($13,1\text{ }^{\circ}\text{C}$) sono i mesi che più si avvicinano alla media annua ($12,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Il collocamento di questi valori peculiari nell'anno è simile a quanto avviene per buona parte della penisola italiana con clima continentale (Mennella, 1967).

Le curve delle medie delle massime (c) e delle minime (e) giornaliere e delle medie dei massimi (c) e delle minime (e) 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 parti-

Tab. 1 - *Temperatura dell'aria ad Alessandria*. Massimi (T max) e minimi (T min) assoluti mensili; medie dei massimi ($\overline{T}$ max) e dei minimi ($\overline{T}$ min) mensili; medie mensili delle massime (T max g) e delle minime (T min g) giornaliere; medie mensili (T m); escursioni medie 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 1926-1972 (47 anni).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	sett	ott	nov	dic	anno
T' min	(°C)	13,6 (1944)	18,2 (1928)	26,2 (1945)	30,5 (1964)	33,6 (1945)	37,6 (1945)	39,5 (1947)	33,9 (1961)	27,7 (1948)	20,0 (1954)	18,0 (1967)	39,5 (28-7-1947)
T max	(°C)	8,0	13,3	19,3	24,0	28,2	32,2	34,0	29,5	23,1	15,8	10,5	34,6
T max g	(°C)	3,1	6,6	12,7	18,0	22,4	26,9	29,7	28,6	17,1	9,8	4,4	17,0
T m	(°C)	0,3	3,0	8,0	12,9	17,3	21,5	24,3	23,3	19,5	7,0	4,4	17,0
T min g	(°C)	-2,6	-0,6	3,3	7,8	12,1	16,1	18,8	17,9	14,7	4,1	-0,7	8,3
T min	(°C)	-8,6	-5,8	-1,6	2,6	6,7	11,3	13,7	13,3	9,3	-1,7	-6,9	-10,3
T min	(°C)	-18,0 (1971)	-16,7 (1929)	-9,0 (1971)	-4,0 (1970)	0,0 (1970)	7,8 (1962)	7,0 (1969)	2,0 (1972)	-4,0 (1971)	-6,5 (1966)	-15,8 (1933)	-1,80 (7-1-1971)
Esc. g	(°C)	5,7	7,2	9,4	10,2	10,3	10,8	10,9	10,7	8,1	5,7	5,1	8,7
F.L.	(%)	72	7	—	—	—	—	—	—	—	—	21	—
F.H.	(%)	—	—	—	—	—	—	79	21	—	—	—	—
F.L.	(%)	49	17	2	—	—	—	—	—	—	—	32	—
F.H.	(%)	—	—	—	—	3	21	38	38	—	—	—	—

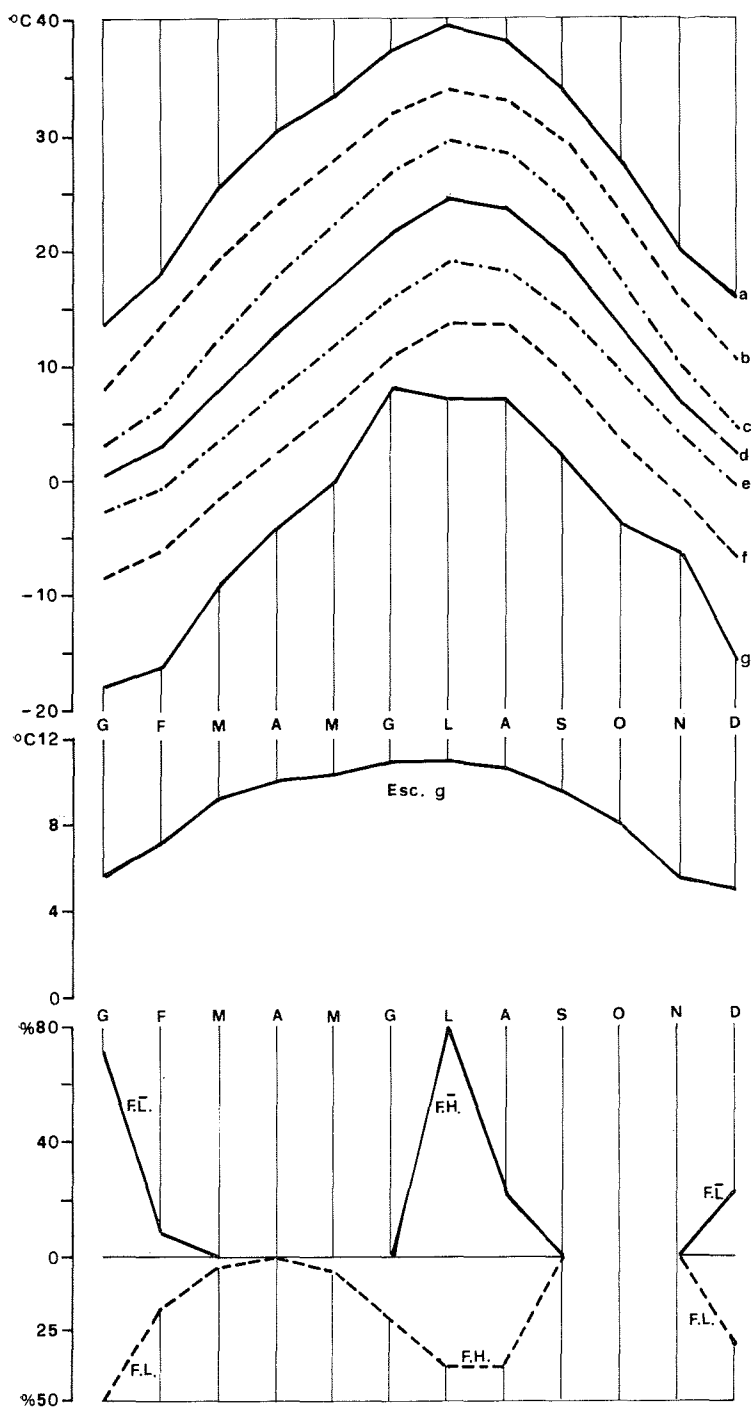


Fig. 2 - *Regime termico ad Alessandria*. Massimi (a) e minimi (g) assoluti; medie dei massimi (b) e dei minimi (f) mensili; medie mensili dei massimi (c) e dei minimi (e) giornali; medie mensili (d); escursioni medie giornaliere (Esc g); distribuzione delle massime (F.H.) e delle minime (F.L.) medie mensili a dei massimi (F.H.) e dei minimi (F.L.) annuali. Periodo di osservazione: 1926-1927 (47 anni).

colare sono da mettere in evidenza il massimo assoluto del periodo di osservazione (39,5 °C) rilevato nel 28 luglio 1947 e quello minimo (— 18,0 °C) nel 7 gennaio 1971. Dalla differenza tra questi ultimi due valori si ricava l'*escursione assoluta* (57,5 °C) inferiore al massimo assoluto italiano riscontrato dal Mennella (1967) di 60 °C nel periodo 1926-1955; recentemente è stato determinato un valore più elevato (65 °C) per la stazione piemontese di Nizza Monferrato (nel bacino del Belbo) nel periodo 1926-1963 (Perosino, 1983).

Lo studio della distribuzione di frequenza dei massimi ($F.\bar{H}.$ %) e dei minimi ($F.\bar{L}.$ %) annuali delle medie mensili (Tab. 1 e Fig. 2) conferma il mese di luglio come quello più caldo (79% dei casi) e il mese di gennaio come quello più freddo (72% dei casi). La distribuzione di frequenza dei massimi ($F.H.$ %) e dei minimi ($F.L.$ %) annuali dei valori estremi (Tab. 1 e Fig. 2) risulta più dispersa attorno ai mesi suddetti; in particolare si sono registrate le più rigide temperature invernali nel mese di marzo nel 2% dei casi e le più elevate estive nel mese di maggio nel 3% dei casi.

Nella Tab. 1 sono riportate le escursioni medie giornaliere ottenute come differenza tra le medie delle massime e delle minime giornaliere ($T_{\max g} - T_{\min g}$) di ogni mese. L'andamento di tali escursioni (Fig. 2) è simile al regime termico con un massimo di 10,9 °C nel mese di luglio e con un minimo di 5,1 °C nel mese di dicembre, risultando di 8,7 °C il valore medio annuale.

Dalla differenza tra le temperature medie mensili del mese più caldo (luglio con 24,3 °C) e del mese più freddo (gennaio con 0,3 °C) si è ottenuta l'*escursione media annua* del periodo di osservazione (24,0 °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:

$$C (\%) = 16 \cdot \frac{A}{\sin (\varphi + 10^\circ)} - 14$$

dove « A » rappresenta l'*escursione media annua* e « φ » la latitudine geografica. Il valore da noi ottenuto è risultato pari al 60% che assegna, secondo i limiti indicati dal suddetto Autore, alla stazione di Alessandria un clima continentale.

FENOMENI DI GELO E DISGELO

Sulla base della definizione adottata dal Péguy (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 fornire un inquadramento generale dei suddetti fenomeni (1942-1972: 31 anni). I risultati sono sintetizzati nella Tab. 2 e nella Fig. 3 ove, per ogni mese, sono riportati il numero medio dei giorni con gelo e senza disgelo, nonché la frequenza degli anni in cui questi si sono verificati. Nelle stesse tabella e figura vengono anche riportate in quali date e decenni hanno avuto, sia eccezionali

mente 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; un certo numero di casi si sono manifestati anche nei mesi di ottobre e di maggio.

TAB. 2 - *Fenomeni di gelo e disgelo ad Alessandria.* Medie mensili (Ng) del numero di giorni in cui si sono verificati fenomeni di gelo ($T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$) e senza disgelo ($T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$), calcolate nel numero di anni (Na) in cui si sono manifestati tali fenomeni (espressi anche come frequenza %). Vengono anche riportate le decadi medie e le date estreme di inizio e di fine. Periodo di osservazione 1942-1972 (31 anni).

	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag
Na $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	5	23	31	31	31	24	4	1
Na $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (%)	16	74	100	100	100	77	13	3
Ng $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	1,6	6,2	17,2	22,0	15,5	5,0	2,5	1,0
Na $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	1	18	18	8	1	—	—
Na $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ (%)	—	3	58	58	26	3	—	—
Ng $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$	—	1,0	4,3	7,2	5,1	2,0	—	—
decade media inizio $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	II di novembre							
decade media fine $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	II di marzo							
data estrema inizio $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	18-X-1971							
data estrema fine $T_{min} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	1-V-1970							
decade media inizio $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	III di dicembre							
decade media fine $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	II di gennaio							
data estrema inizio $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	25-XI-1965							
data estrema fine $T_{max} \leq 0\text{ }^{\circ}\text{C}$:	5-III-1971							

PRECIPITAZIONI

Le rilevazioni delle precipitazioni furono compiute regolarmente dal 1857 e sono continuate, quasi senza interruzioni (meno dell'1% i dati interpolati), fino ad oggi. Si è potuto così disporre di un periodo di osservazione di 116 anni (fino a tutto il 1972) per quanto riguarda i totali mensili sia delle precipitazioni che del numero dei giorni piovosi.⁵ Per i valori annui di questi due parametri (rappresentati in successione cronologica in Fig. 1), analogamente a quanto fatto per quelli delle temperature, si sono valutati una serie di valori per verificare la normalità delle distribuzioni dei dati ottendo per le precipitazioni:

P	=	642	mm
s	=	173	mm
C.V. %	=	27	%

⁵ Viene considerato giorno piovoso quello con precipitazioni pari o superiori a 1 mm.

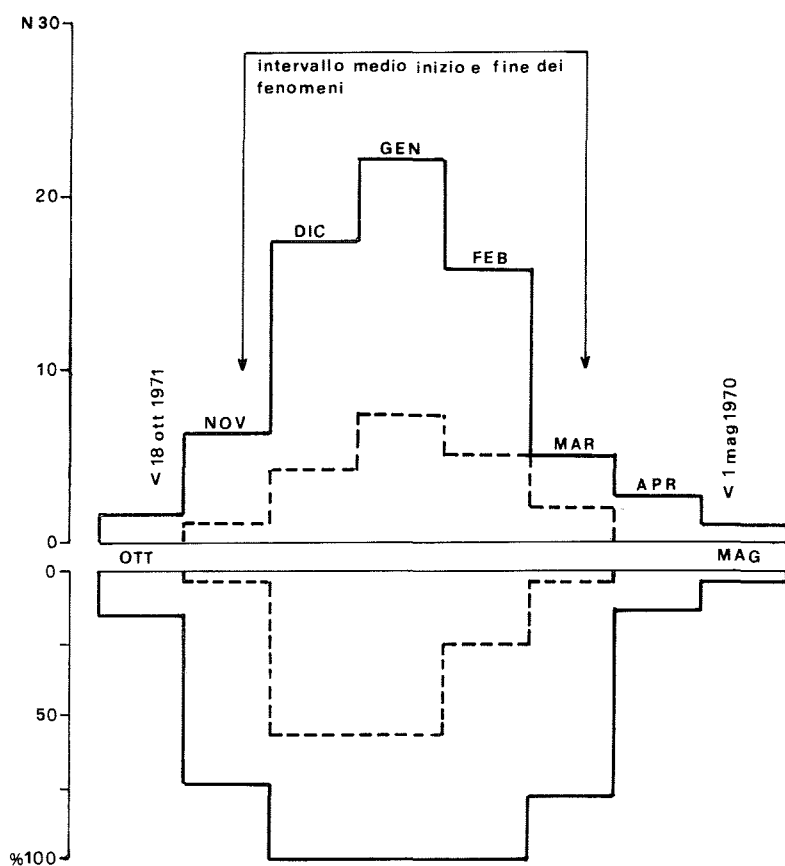


Fig. 3 - Fenomeni di gelo e disgelo ad Alessandria. Numero medio (N) di giorni con gelo (—) e senza disgelo (---) e frequenza % degli anni in cui si sono verificati i fenomeni. Vengono anche indicate le decadi medie e le date estreme di inizio e fine per $T_{min} \leq 0$. Periodo di osservazione 1942-1972 (31 anni).

$P_{max} = 1.181 \text{ mm (1910)}$
 $I = 755 \text{ mm}$
 $II = 605 \text{ mm}$
 $III = 536 \text{ mm}$
 $P_{min} = 306 \text{ mm (1894)}$
 $A = 0,37$
 $P - s < 71,6\% < P + s$
 $P - 2s < 94,0\% < P + 2s$
 $P - 3s < 99,1\% < P + 3s$
 $P = 936,8 - 578,6 \cdot F \text{ (} r = -0,94 \text{)}$

e per i giorni piovosi:

N	=	68	gg
s	=	14	gg
C.V. %	=	21	%
N max	=	118	gg (1872)
I	=	84	gg
II	=	72	gg
III	=	62	gg
N min	=	42	gg (1945)
A	=	0,09	
N — s < 67,2% < N + s			
N — 2s < 96,6% < N + 2s			
N — 3s < 100,0% < N + 3s			
N = 99,6 — 51,6 · F (r = — 0,96)			

mentre il coefficiente di correlazione tra le due serie r (P, N) è risultato pari a 0,55 piuttosto modesto; il che significherebbe che negli anni piovosi non sempre vi sono stati più giorni piovosi.

La *precipitazione media annua del periodo di osservazione* (642 mm) è risultata inferiore sia alla media italiana di 970 mm (Contessini, 1956) che a quella della Pianura Padana di 760 mm stimata dal Mennella (1967). Il rapporto tra i due valori estremi annuali P max/P min è risultato prossimo a quattro il che, secondo Réménieras (1972), si verificherebbe nei climi 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:

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

dove « x » è un valore angolare compreso tra 0° e 90°; per Alessandria è x = 8° 25', inferiore al valore di 20° al di sotto del quale sussistono condizioni favorevoli per l'insediamento di specie vegetali termofile (Fenaroli, 1935).

REGIME PLUVIOMETRICO

L'analisi della distribuzione delle precipitazioni nell'arco dell'anno è stata condotta mediante l'elaborazione dei totali pluviometrici (P) e del numero di giorni piovosi (N) mensili (Tab. 3 e Fig. 4):

- *medie mensili* (M),
- *% delle medie mensili rispetto al mese medio* (M%),⁶
- *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*.

⁶ Il mese medio (54 mm) è il valore della precipitazione media annua del periodo di osservazione (642 mm) divisa per 12.

TAB. 3 - P: *regime delle precipitazioni* (mm). N: *regime del numero dei giorni piovosi* (gg). Totali mensili massimi assoluti del periodo di osservazione (H); medie dei totali 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 1857-1972 (116 anni).

P H	144 (1897)	169 (1857)	184 (1901)	196 (1918)	232 (1917)	148 (1903)	189 (1906)	177 (1905)	151 (1868)	380 (1872)	345 (1926)	407 (1910)
P M	40	42	55	59	62	46	34	42	49	83	76	54
P M%	75	78	103	111	116	85	64	78	91	154	141	100
P L	0 (1896)	0 (1945)	0 (1953)	0 (1955)	3 (1870)	0 (1897)	0 (1862)	0 (1927)	0 (1865)	0 (1934)	0 (1919)	0 (1961)
P C.V.%	86	87	72	66	65	69	78	89	84	82	79	105
P F.H.%	6,8	4,3	5,1	8,5	11,1	3,4	2,6	2,6	6,0	23,1	21,4	5,1
P F.L.%	14,6	9,8	8,9	3,3	4,1	3,3	9,8	11,4	12,2	5,7	4,9	12,2
N H	17 (1867)	18 (1972)	16 (1916)	19 (1918)	18 (1879)	13 (1896)	11 (1860)	11 (1870)	16 (1882)	22 (1889)	17 (1926)	18 (1869)
N M	5	5	6	7	7	5	4	4	5	7	7	6
N M%	89	91	109	116	124	93	68	70	81	119	125	108
N L	0 (1896)	0 (1894)	0 (1944)	0 (1955)	1 (1870)	0 (1897)	0 (1862)	0 (1927)	0 (1865)	0 (1934)	0 (1919)	0 (1861)
N C.V.%	65	67	56	52	42	46	51	57	59	61	49	57
N F.H.%	8,3	6,1	9,8	15,2	12,9	0,8	0,0	0,8	5,3	15,2	15,9	9,8
N F.L.%	10,1	12,5	8,9	1,8	1,2	5,4	10,7	16,7	10,7	6,5	7,1	8,3

La distribuzione dei valori medi mensili delle precipitazioni pone in evidenza due massimi (maggio e ottobre) e due minimi (gennaio e luglio) praticamente equivalenti. L'entità di detti massimi e minimi permette di classificare il regime pluviometrico di Alessandria come *sub-litoraneo padano* secondo la classificazione adottata dal Mennella (1967). Tale andamento è confermato sia dal regime dei giorni piovosi, sia da quello degli altri parametri statistici.

LINEE SEGNALETRICI DELLE POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICHE

Un inquadramento più completo del fenomeno pluviometrico su scala di tempo mensile, con particolare riferimento alla gestione delle risorse idriche, soprattutto per quanto riguarda i valori estremi, è possibile attraverso il metodo Fantoli (1913). Per mezzo del calcolatore sono stati individuati i dieci casi estremi massimi e minimi di precipitazioni da 1 a 12 mesi consecutivi (Tabb. 4 e 5); la scelta di 10 casi è stata fatta per evidenziare 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 casi estremi (Fig. 5) si possono adattare curve inviluppo (linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche) definibili con espressioni del tipo:

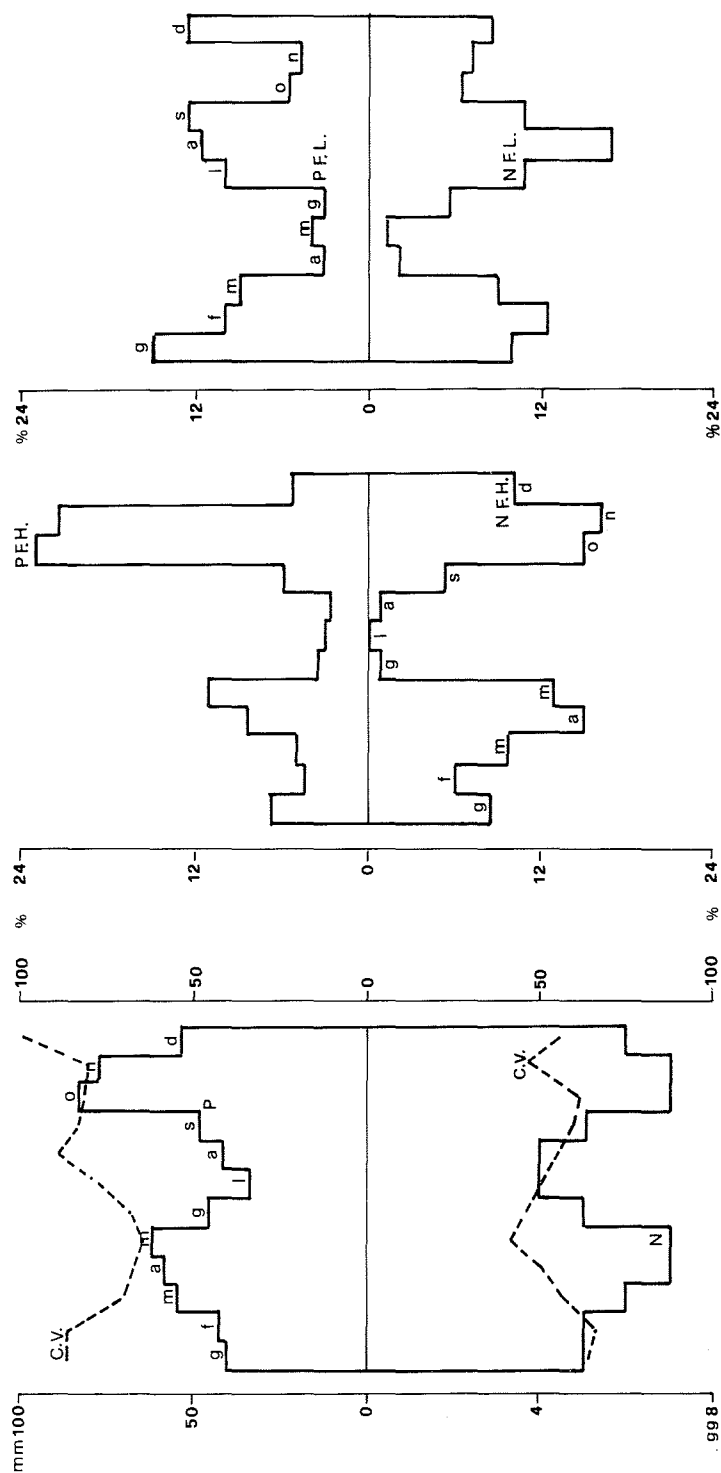


Fig. 4 - *Regime pluviometrico di Alessandria*. Valori medi mensili delle precipitazioni (P) e del numero di giorni piovosi (N) e relativi coefficienti di variazione (C.V.). Frequenze percentuali dei massimi (F.H.) e dei minimi (F.L.) Periodo di osservazione 1857-1972 (116 anni).

TAB. 4 - Valori critici (mm) delle precipitazioni massime da 1 a 12 mesi consecutivi con relative date (anno e mese) di inizio dei fenomeni. Periodo di osservazione 1857-1972 (116 anni).

1 MESE			2 MESI			3 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
407	1910	12	497	1910	12	716	1872	10
380	1872	10	451	1926	10	575	1910	11
349	1907	10	433	1872	10	566	1959	10
345	1926	11	420	1907	10	524	1907	10
283	1872	12	369	1960	10	499	1896	10
250	1896	10	353	1959	10	493	1960	9
239	1960	10	352	1911	10	491	1911	9
232	1917	5	343	1896	10	486	1926	10
228	1905	11	342	1879	4	446	1945	10
227	1959	10	342	1882	9	422	1879	3
4 MESI			5 MESI			6 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
740	1872	10	817	1872	10	907	1872	10
659	1910	9	749	1910	9	817	1910	8
643	1896	10	692	1959	8	772	1959	7
586	1959	10	674	1896	9	765	1896	8
583	1907	9	655	1905	4	747	1911	6
579	1911	8	632	1911	9	728	1905	4
576	1960	9	610	1960	9	656	1882	9
548	1905	5	586	1907	8	626	1862	8
539	1926	10	583	1882	9	625	1960	8
532	1879	2	566	1879	1	621	1926	10
7 MESI			8 MESI			9 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
1016	1872	10	1029	1872	10	1091	1896	5
918	1910	12	1004	1905	4	1080	1872	8
897	1905	5	996	1910	11	1073	1910	10
847	1896	7	980	1896	6	1058	1905	3
825	1959	6	897	1959	5	979	1959	4
770	1911	8	854	1911	9	942	1911	8
723	1882	9	804	1882	9	904	1916	9
703	1916	11	803	1878	10	878	1878	9
678	1878	11	777	1865	10	860	1882	9
676	1862	11	774	1916	10	844	1920	3
10 MESI			11 MESI			12 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
1170	1910	9	1308	1910	12	1521	1910	12
1127	1872	7	1167	1872	6	1242	1872	5
1114	1896	4	1135	1896	4	1169	1959	3
1091	1959	3	1115	1905	1	1165	1896	5
1079	1905	3	1110	1959	3	1158	1904	12
1013	1911	9	1017	1920	1	1058	1878	6
951	1862	8	995	1878	7	1050	1920	1
933	1878	8	967	1862	8	1041	1916	9
929	1882	9	967	1916	9	1020	1862	6
922	1916	8	962	1882	9	983	1950	12

TAB. 5 - Valori critici (mm) delle precipitazioni minime da 1 a 12 mesi consecutivi con relative date (anno e mese) di inizio dei fenomeni. Periodo di osservazione 1857-1972 (116 anni).

1 MESE			2 MESI			3 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
0	1861	8	0	1908	1	0	1919	10
0	1861	12	0	1919	10	8	1928	6
0	1862	7	0	1921	9	11	1921	9
0	1863	2	1	1953	2	15	1953	1
0	1865	9	3	1913	12	23	1870	3
0	1875	9	3	1959	1	25	1894	6
0	1880	3	3	1971	9	25	1938	2
0	1884	1	4	1938	3	27	1883	12
0	1894	2	5	1928	7	28	1857	12
0	1896	1	7	1870	4	28	1944	3
4 MESI			5 MESI			6 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
33	1921	9	60	1944	1	89	1944	1
33	1938	1	62	1883	11	91	1883	10
34	1928	5	62	1937	12	100	1945	2
39	1894	6	72	1952	11	111	1923	5
42	1883	12	75	1921	8	119	1938	1
45	1927	7	78	1894	6	124	1921	9
46	1871	7	81	1950	5	128	1952	11
46	1944	1	89	1857	11	129	1894	2
46	1952	12	92	1919	8	130	1870	1
47	1950	6	94	1945	2	136	1950	5
7 MESI			8 MESI			9 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
111	1944	1	139	1944	1	167	1944	1
135	1883	8	150	1883	8	179	1944	11
138	1894	2	152	1894	2	183	1883	7
139	1938	1	154	1944	12	191	1894	2
148	1944	12	168	1937	12	212	1921	9
152	1866	6	185	1919	5	216	1906	12
160	1921	9	192	1941	6	231	1871	2
162	1927	4	197	1921	9	228	1861	4
164	1919	6	198	1870	3	234	1858	1
165	1952	11	200	1886	2	244	1927	2
10 MESI			11 MESI			12 MESI		
Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese	Valore	Anno	Mese
225	1944	12	238	1921	9	269	1921	9
233	1894	1	250	1944	11	297	1943	6
235	1921	9	264	1894	2	306	1894	1
239	1857	12	267	1857	11	321	1948	11
245	1943	12	278	1943	7	353	1955	3
252	1883	6	301	1861	4	355	1861	3
260	1861	4	307	1948	11	362	1857	11
275	1870	1	308	1883	5	363	1964	5
275	1906	12	323	1952	5	372	1952	6
279	1919	3	326	1919	2	375	1946	9

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

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

dove « P » sono le precipitazioni, « T » è il tempo (mesi) ed « n » è il numero massimo di mesi consecutivi con assenza di precipitazioni. Per la stazione di Alessandria sono risultate:

$$P = 407 \cdot T^{0,54} \text{ per i massimi}$$

$$P = 15 \cdot (T - 3)^{1,3} \text{ per i minimi}$$

Tali curve (Fig. 5) delimitano un'area, sul grafico, comprendente tutti i possibili casi da 1 a 12 mesi consecutivi verificatisi nell'arco dell'intero periodo di osservazione. Nei 116 anni considerati non vi è mai stata totale assenza di precipitazioni per più di tre mesi consecutivi; il valore minimo di 12 mesi (269 mm) è risultato inferiore all'anno civile più secco (306 mm nel 1894) e notevolmente inferiore alle precipitazioni del solo mese eccezionale (380 mm) dell'ottobre 1872. Il caso critico massimo di 12 mesi consecutivi (1521 mm) è risultato superiore all'anno civile più umido (il 1910 con 1181 mm) e più del doppio della media annua del periodo di osservazione (642 mm).

PRECIPITAZIONI GIORNALIERE

Sugli Annali Idrologici dal 1951 al 1972 (22 anni) sono riportati anche i valori giornalieri delle precipitazioni. Seguendo le indicazioni del Péguy (1970) questi dati sono stati raggruppati, mese per mese e per anno, in classi di frequenza (di ampiezza di 1 mm fino a 10 mm, di 2 mm da 10 a 20 mm, di 5 mm da 20 a 40 e di 10 mm per valori più elevati). Sono state quindi costruite le curve cumulate dei casi di precipitazioni giornaliere raggruppate in tali classi dalle più elevate (oltre 80 mm) a quelle minime (inferiori a 1 mm). In Fig. 6 è riportata la curva cumulata annuale; in corrispondenza di essa, e delle altre curve mensili (non riportate), sono stati individuati i valori in corrispondenza del I quartile (25%), del II quartile o della mediana (50%) e del III quartile (75%) e riportati in Tab. 6 e in Fig. 7, dove si osservano andamenti che rispecchiano sostanzialmente il regime pluviometrico precedentemente descritto. Le precipitazioni giornaliere inferiori a 1 mm rappresentano circa il 25% dei casi risultando le più frequenti; quelle elevate, viceversa, sono decisamente meno probabili risultando, per es., intorno al 7-8% la frequenza di quelle superiori a 20 mm.

PRECIPITAZIONI BREVI E INTENSE

Sugli Annali Idrologici sono riportati i valori massimi annuali per 1, 2, 3, 4 e 5 giorni consecutivi e per 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive con relative date in cui tali manifestazioni si sono verificate. Per la stazione di Alessandria sono disponibili periodi di osservazione di 60 anni (1913-1973) per $T = 1-5$ gg e di 30 anni

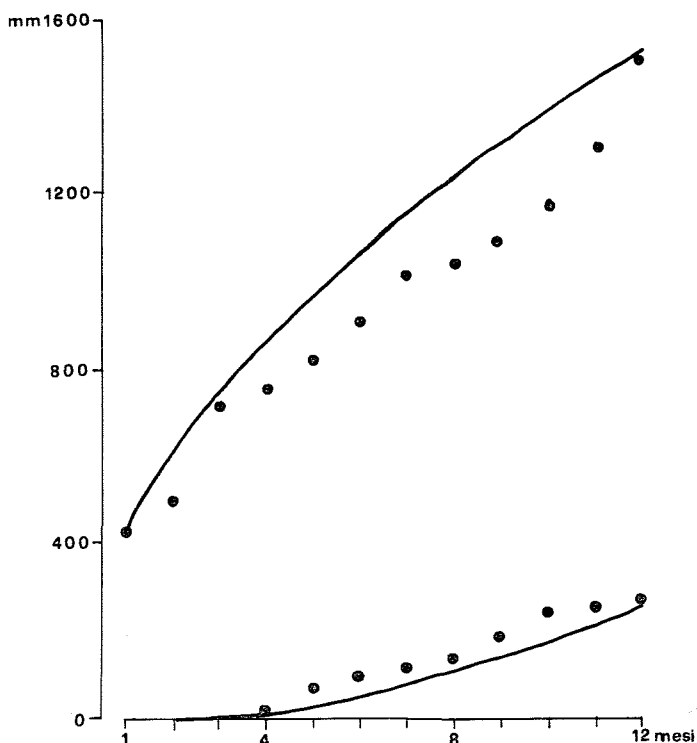


Fig. 5 - Linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche e casi massimi e minimi di precipitazioni da 1 a 12 mesi consecutivi. $P = 407 \cdot T^{0,54}$ e $P = 15 \cdot (T - 3)^{1,3}$ rispettivamente le equazioni delle curve inviluppo. Periodo di osservazione: 1857-1972 (116 anni).

(1935-1939, 1942, 1947-1970) per $T = 1-24$ hh; i principali valori estremi (cinque e tre rispettivamente) sono riportati in Tab. 7.

Sulle serie di questi valori, ordinati in senso decrescente, analogamente a quanto fatto per i valori estremi delle temperature, è stato applicato il metodo Gumbel ottenendo una serie di equazioni riportate in Tab. 9; da queste ultime sono stati estrapolati valori per $T = 1-5$ gg e per $T = 1-24$ hh per diversi tempi di ritorno « T_r » anche superiori a quello dei dati sperimentali (Tab. 10). A questi ultimi dati si possono adattare curve inviluppo che, dalla letteratura idrologica, hanno una formulazione del tipo:

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

dove « P » è il valore della precipitazione (mm) e « T » è il tempo espresso in giorni o in ore. Nella Fig. 8 sono rappresentati i casi critici stimati per $T_r = 10$, 30 e 60 anni e le relative curve inviluppo che per $T = 1-5$ gg sono risultate rispettivamente:

$$P \ 65 \cdot T^{0,49} \ (T_r = 10 \text{ anni})$$

$$P \ 77 \cdot T^{0,49} \ (T_r = 30 \text{ anni})$$

$$P \ 90 \cdot T^{0,49} \ (T_r = 60 \text{ anni})$$

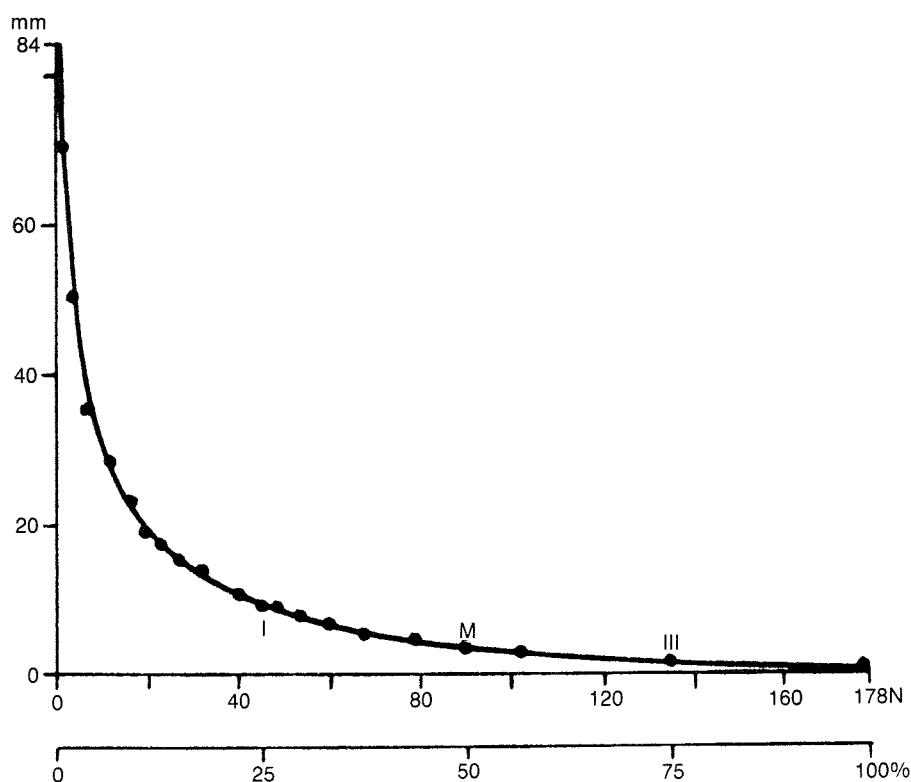


Fig. 6 - Curva cumulata del numero medio annuo (N) di casi di precipitazioni giornaliere (mm) raggruppate in classi di frequenza dalle più elevate (oltre 80 mm) a quelle minime (inferiori a 1 mm); primo quartile (I), mediana (M) e terzo quartile (III). Periodo di osservazione 1951-1972 (22 anni).

TAB. 6 - Valori (mm) valutati in corrispondenza del primo quartile (I), della mediana (M) e del terzo quartile (III) sulle curve cumulate mensili dei casi di precipitazioni giornaliere raggruppati in classi di frequenza dalle più elevate (oltre 80 mm) a quelle minime (inferiori a 1 mm) e valori massimi assoluti (P max) riscontrati nel periodo di osservazione 1951-1972 (22 anni).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
I	6,0	7,9	8,9	9,1	9,6	6,7	8,7	8,8	9,0	9,7	9,9	6,9
M	2,1	3,1	4,7	4,2	2,8	2,1	2,3	2,6	2,8	3,1	3,2	2,0
III	1,0	1,3	1,5	1,5	1,0	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,7	0,9
P max	28,8	32,4	47,0	62,8	38,2	46,6	48,6	84,2	46,4	66,4	50,6	60,0
	(1971)	(1968)	(1957)	(1961)	(1969)	(1956)	(1959)	(1968)	(1962)	(1951)	(1957)	(1959)

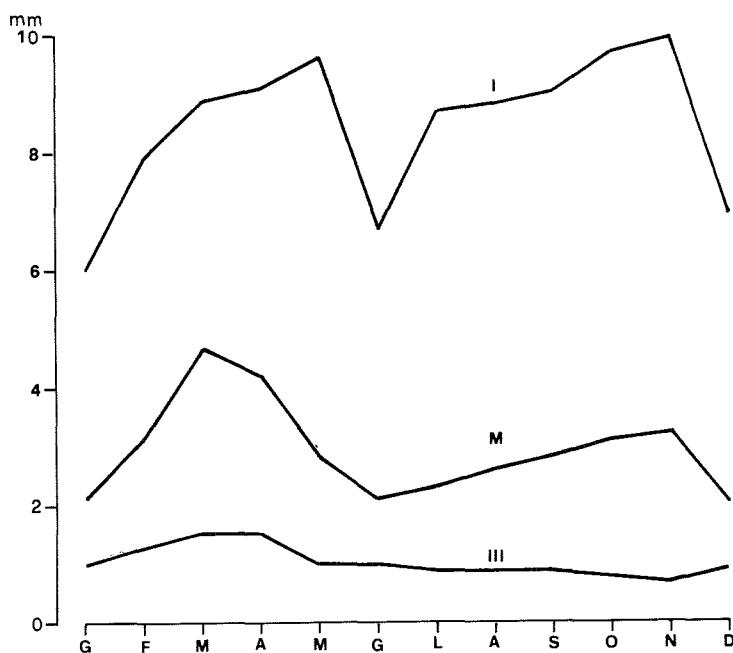


Fig. 7 - Regimi dei valori (mm) valutati in corrispondenza del primo quartile (I), della mediana (M) e del terzo quartile (III) sulle curve di frequenza cumulate mensili delle precipitazioni giornaliere. Periodo di osservazione 1951-1972 (22 anni).

mentre per $T = 1-24$ hh sono risultate le equazioni:

$$P = 35 \cdot T^{0,25} \quad (T_r = 10 \text{ anni})$$

$$P = 41 \cdot T^{0,25} \quad (T_r = 30 \text{ anni})$$

$$P = 45 \cdot T^{0,25} \quad (T_r = 360 \text{ anni})$$

In pratica con questa metodologia è possibile « prevedere » l'entità e la frequenza degli eventi pluviometrici brevi ed intensi in funzione dei costi delle opere necessarie per la difesa dai fenomeni di dissesto idrogeologico.

La distribuzione frequenziale (%) dei massimi di precipitazioni annuali sia per $T = 1-5$ gg, sia per $T = 1-24$ hh, è riportata nella Tab. 8 e nella Fig. 9. Si osserva un andamento simile a quello del regime pluviometrico per intervalli superiori alle 12 ore. Per intervalli minori gli istogrammi tendono a concentrarsi diminuendo considerevolmente i casi invernali. Al limite, per $T = 1$ h, si ha una notevole concentrazione estiva (con il massimo nel mese di luglio) in quanto tali manifestazioni sono legate, essenzialmente, a rovesci di carattere temporalesco.

TAB. 7 - *Precipitazioni brevi ed intense ad Alessandria*. Principali casi critici per le precipitazioni massime annuali da 1 a 5 giorni consecutivi (periodo di osservazione 1913-1972: 60 anni) e da 1 a 24 ore consecutive (periodo di osservazione 1935-1939, 1942, 1947-1970: 30 anni).

1 g		2 gg		3 gg		4 gg		5 gg	
mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
84	30- 8-68	123	20-10-59	141	30-10-45	206	30-10-45	237	30-10-45
80	4-11-26	107	30-10-45	131	10-11-51	165	9-11-51	199	8-11-51
71	30-10-45	97	3-11-26	124	19-10-59	150	28- 5-17	150	28- 5-17
70	10- 8-29	92	30- 8-68	120	2-11-26	124	19-10-59	138	6-11-57
70	30- 9-51	91	28- 5-17	116	28- 5-17	122	2-11-26	123	2-11-26
1 h		3 hh		6 hh		12 hh		24 hh	
mm	data	mm	data	mm	data	mm	data	mm	data
36	19- 8-39	49	30- 8-59	77	29- 8-68	84	29- 8-68	87	28- 8-68
34	30- 8-59	44	15-10-66	55	15-10-66	58	15-10-66	70	1-11-37
30	15- 7-57	43	18- 7-49	51	18- 7-49	55	23- 4-61	68	30- 9-65

TAB. 8 - Distribuzione delle frequenze delle precipitazioni massime annuali da 1 a 5 giorni consecutivi (periodo di osservazione 1913-1972: 60 anni) e da 1 a 24 ore consecutive (periodo di osservazione 1935-1939, 1942, 1947-1970: 30 anni).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
5 gg	6	6	3	8	9	3	2	2	15	18	25	3
4 gg	5	6	3	7	9	3	3	2	16	18	25	3
3 gg	3	6	2	8	9	4	5	2	16	18	25	2
2 gg	3	5	2	8	9	3	3	7	17	23	18	2
1 g	3	5	2	6	8	5	3	8	18	20	20	2
24 hh	2	5	3	7	8	3	8	9	17	20	18	—
12 hh	—	4	1	7	8	4	12	15	12	17	17	3
6 hh	—	—	—	5	15	10	14	18	13	10	9	6
3 hh	—	—	—	3	13	15	21	20	20	4	—	4
1 h	—	2	—	—	13	23	30	21	8	4	—	—

TAB. 9 - Rette interpolanti i dati delle serie di osservazione 1-5 gg e 1-24 hh (ordinati in senso decrescente) e i parametri «K» di Gumbel (con relativi coefficienti di correlazione).

1 h	$P = 20,8 + 7,8 \cdot K$	(0,992)
3 hh	$P = 27,0 + 10,8 \cdot K$	(0,992)
6 hh	$P = 34,0 + 13,5 \cdot K$	(0,958)
12 hh	$P = 41,4 + 13,7 \cdot K$	(0,972)
24 hh	$P = 52,1 + 16,7 \cdot K$	(0,992)
1 g	$P = 46,3 + 14,4 \cdot K$	(0,995)
2 gg	$P = 62,9 + 21,2 \cdot K$	(0,996)
3 gg	$P = 72,4 + 24,6 \cdot K$	(0,993)
4 gg	$P = 80,0 + 31,3 \cdot K$	(0,968)
5 gg	$P = 85,4 + 36,0 \cdot K$	(0,957)

TAB. 10 - Valori estrapolati (mm) con il metodo Gumbel per diversi tempi di ritorno (Tr) per le precipitazioni massime da 1 a 24 ore consecutive e da 1 a 5 giorni consecutivi.

Tr	K	1 h	3 hh	6 hh	12 hh	24 hh	1 g	2 gg	3 gg	4 gg	5 gg
10	1,31	31	41	51	59	74	65	91	104	120	132
20	1,87	35	47	59	67	83	73	102	118	138	152
30	2,19	37	50	63	71	89	77	109	126	148	164
45	2,51	40	54	67	76	94	82	116	134	158	175
60	2,74	42	56	70	79	98	85	121	139	165	183
90	3,05	44	60	75	83	103	90	128	147	175	195

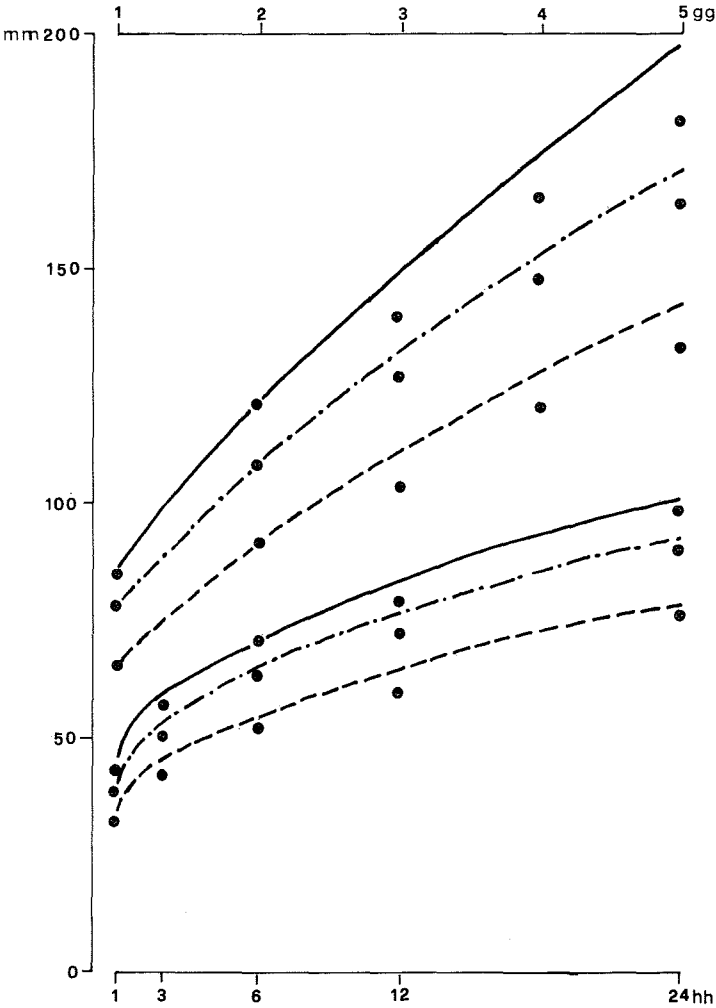


Fig. 8 - Precipitazioni intense e di breve durata e curve inviluppo di valori stimati per tempi di ritorno $Tr = 10$ (---), 30 (- · - ·) e 60 (—) anni per $T = 1-5$ giorni (i punti in alto) e per $T = 1-24$ ore (i punti in basso) e relative curve inviluppo.

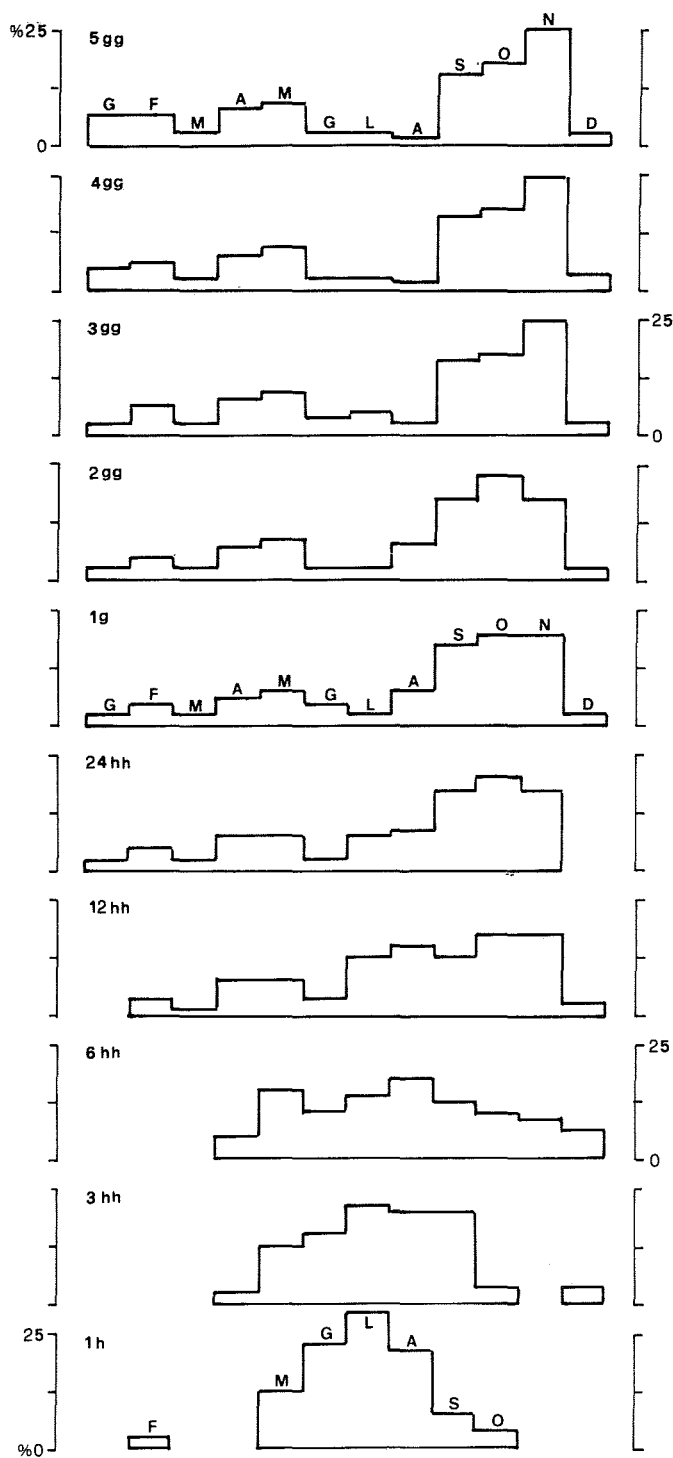


Fig. 9 - Distribuzione delle frequenze % delle precipitazioni massime annuali da 1 a 5 giorni consecutivi (periodo di osservazione 1913-1972; 60 anni) e da 1 a 4 ore consecutive (periodo di osservazione 935-1939, 1942, 1947-1970; 30 anni).

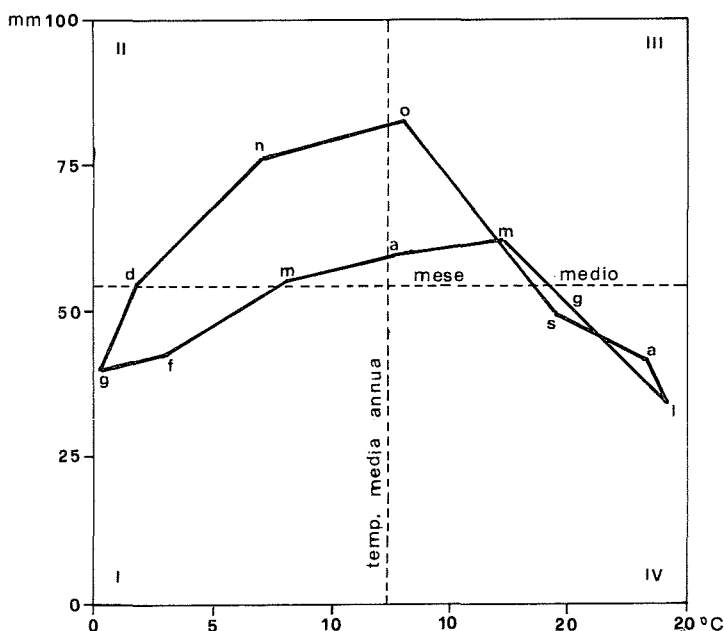


Fig. 10 - *Climogramma termopluviometrico di Alessandria*. Valori medi mensili delle precipitazioni (mm) e delle temperature (°C).

CONCLUSIONI

Una descrizione generale del clima di Alessandria può essere effettuata per mezzo del diagramma termopluviometrico (Fig. 10) nel quale, per ogni mese, i valori medi della temperatura 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 precipitazione pari al mese medio (54 mm) e l'altra la temperatura media annua (12,7 °C). Del primo quadrante fanno parte gennaio e febbraio (basse temperature e scarse precipitazioni). I mesi primaverili ed autunnali si localizzano nei quadranti II e III e costituiscono una transizione rispetto al IV caratterizzato da alte temperature e scarse precipitazioni (quadrimestre giugno-settembre); in modo particolare nel mese di luglio si possono determinare più frequentemente situazioni di deficit idrico.

Il calcolo degli indici di De Martonne (1926) conferma quanto appena affermato; esso può essere effettuato, per ciascun mese (Tab. 11), per mezzo della relazione:

$$De = \frac{12 \cdot PM}{T_m + 10}$$

dove « PM » e « T_m » sono rispettivamente le precipitazioni (mm) e le temperature (°C) medie mensili. I valori calcolati per luglio e agosto sono compresi fra

TAB. 11 - *Bilancio idrico ad Alessandria*. Precipitazioni medie mensili (PM), temperature medie mensili (Tm), evapotraspirazione potenziale (EP), indici di aridità di De Martonne (De), indici di Gausson (PM/Tm), 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 $I_a = 100D/EP = 28$; indice di umidità $I_h = 100S/EP = 11$; indice di umidità globale $I_m = I_h - I_a = -17$; efficienza termica $EP = 761$; concentrazione estiva dell'efficienza termica $EP(giu) + EP(lug) + EP(ago)/EP = 0,55$.

Classificazione secondo Thornthwaite: $C_1B_1s.b_3$ (clima da subumido a subarido, secondo mesotermico, con eccedenza idrica invernale).

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
PM	40	42	55	59	62	46	34	42	49	83	76	54	642
Tm	0,3	3,0	8,0	12,9	17,3	21,5	24,3	23,3	19,5	13,1	7,0	1,9	12,7
EP	1	5	26	56	94	130	156	136	92	47	16	2	761
De	47	39	37	31	27	18	12	15	20	43	54	54	28
PM/Tm	133,3	14,0	6,9	4,6	3,6	2,1	1,4	1,8	2,5	6,3	10,9	28,4	—
P - EP	39	37	29	3	-32	-84	-122	-94	-43	36	60	52	-119
A.WL	0	0	0	0	-32	-116	-238	-332	-375	0	0	0	—
ST	200	200	200	200	169	115	56	38	30	66	126	178	—
C.ST	22	0	0	0	-31	-54	-59	-18	-8	36	60	52	—
AE	1	5	26	56	93	100	83	60	57	47	16	2	546
D	0	0	0	0	1	30	73	76	35	0	0	0	215
S	17	37	29	3	0	0	0	0	0	0	0	0	86
RO	8	2	26	14	7	4	3	1	1	0	0	0	86
TMD	208	222	226	214	176	119	59	39	31	66	126	178	1664

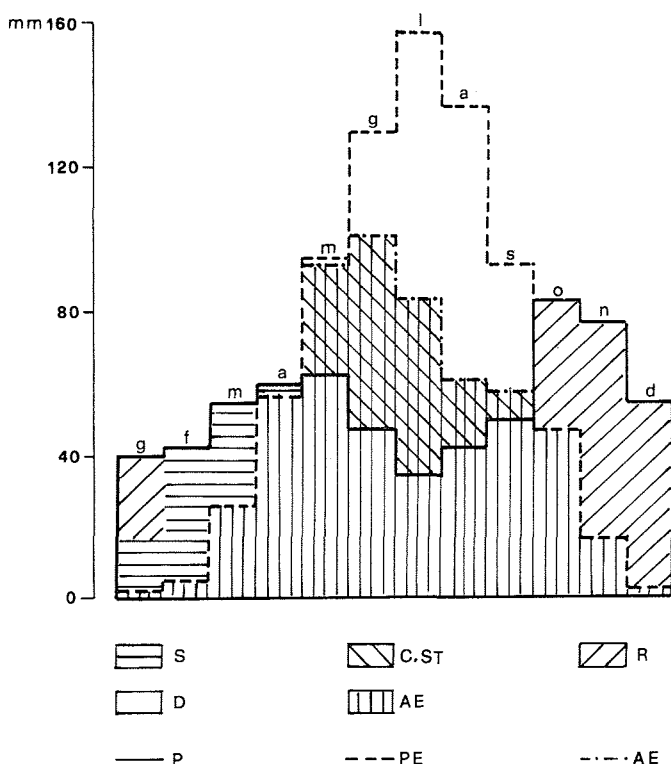


Fig. 11 - *Bilancio idrico secondo Thornthwaite di Alessandria*. Eccedenza idrica (S), deficit idrico (D), variazioni della riserva (C.ST), evapotraspirazione reale (AE), ricostituzione della riserva (R), precipitazioni medie mensili (P), evapotraspirazione potenziale (PE).

5 e 15 considerati dal suddetto Autore come limiti entro i quali si ha una situazione di aridità. Ciò è confermato dai rapporti PM/T_m (calcolato per tutti i mesi; Tab. 11) che, per luglio e agosto, sono risultati inferiori a $2 \text{ mm}/^{\circ}\text{C}$ limite, quest'ultimo, al di sotto del quale, secondo Gaussen (in Pinna, 1977), si verificano problemi di deficit idrico per la vegetazione.

Per avere un inquadramento generale più completo del bilancio idrico di Alessandria si è voluto applicare il metodo Thornthwaite (1946, 1954 e 1957). Nella Tab. 11 e nella Fig. 11 sono riportati i dati elaborati secondo il suddetto metodo; le modalità di calcolo e i significati dei simboli sono assai noti e divulgati da un'ampia letteratura (Franceschetti, 1977; Pinna, 1977;...).

Il deficit idrico è rilevante nei mesi di luglio e agosto ma già inizia da giugno e perdura ancora nel settembre. Da ottobre fino a gennaio, l'incremento delle precipitazioni e la diminuzione dell'evapotraspirazione (per il diminuire della temperatura) concorrono, essenzialmente, alla ricostituzione della riserva idrica per cui si hanno fenomeni di scorrimento superficiale principalmente in occasione di ro-

vesci con intensità superiore a quella della capacità di assorbimento del terreno. Vistososi fenomeni di ruscellamento si hanno invece nei mesi primaverili quando la riserva idrica è al colmo, l'evapotraspirazione ancora bassa e le piogge abbondanti.

BIBLIOGRAFIA

- AUTORI VARI, 1980 - Progetto per la pianificazione delle risorse idriche del territorio piemontese. - Reg. Piemonte Ass. Tutela Amb., Torino.
- 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. - Pergamon 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 ed 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. - Mc Graw-Hill, New York.
- CONTESSINI F., 1956 - Impianti idroelettrici. - Tamburini, Milano.
- DE GEMINI F., 1962 - Il ghiacciaio grande di Verra e le sue variazioni negli ultimi decenni. - *Boll. Com. Geol. It.*, 12: 23-40, Torino.
- DE MARTONNE E., 1926 - Une nouvelle fonction climatologique: l'indice d'aridité. - *La Météorologie*, 2, Paris.
- DURIO P., MORI D., PEROSINO G. C., 1982 - Le variazioni climatiche, le glaciazioni, la morfogenesi glaciale (particolari riferimenti al Piemonte e alla Valle d'Aosta). Lab. Riforma. Assessorato alla Cultura della Provincia di Torino.
- EREDIA F., 1920 - Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915. - Ministero LL.PP., 2(I), 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).
- FRANCESCHETTI B., 1977 - Lezioni di geografia fisica. Parte II. 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.
- JANIN B., 1970 - Le Col du Grand-Saint-Bernard. Climat et Variations Climatiques. - Mesumeci, Aosta.
- MENNELLA C., 1967 - Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio. - EDART, Napoli.
- 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., 1983 - Climatologia di Nizza Monferrato. - *Riv. Piem. St. Nat.*, 4: 171-187. Carmagnola (To).
- PEROSINO G. C., Rosso M., 1984 - Climatologia di Bra. - *Riv. Piem. St. Nat.*, 5: 177-204. - Carmagnola (To).

- PEROSINO G. C., SCARPINATO T., 1982 - Elementi pluviometrici ed idrologici del bacino idrografico del torrente Cervo. - *Riv. Piem. St. Nat.*, 3: 77-96. Carmagnola (To).
- PINNA M., 1977 - Climatologia. - UTET, Torino.
- REICH B. M., 1963 - Short-duration rainfall intensity estimates and other design aids regions of sparse data. - *Jour. Hydrol.*, 1: 3-28.
- RÉMÉNIÉRAS G., 1972 - L'hydrologie de l'ingénieur. - Eyrolles, Paris.
- SERVEDA V., SAN GIL J. A., 1976 - L'atmosfera e le previsioni del tempo. - Istituto Geografico De Agostini. Novara.
- SERVIZIO IDROGRAFICO, 1913-1972 - Annali Idrologici (Ufficio Idrografico del Po - Parma). - Ministero LL.PP., Ist. Polig. dello Stato, Roma.
- SCHNEIDER S. H., 1976 - The Genesis Strategy, Climate and Global Survival (trad. ital.: 1976. «Strategia della genesi, Modificazioni climatiche e Sopravvivenza globale». Mondadori, Milano).
- 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.
- THORNTHWAITE C. W., 1946 - An approach toward a rational classification of climate. - *Trans. Amer. Geophys. Union*, V. 271.
- THORNTHWAITE C. W., MATHER J. R., 1954 - The measurement of potential evapotranspiration. - Seabrook, New Jersey.
- THORNTHWAITE C. W., MATHER J. R., 1957 - Introduction and tables for computing potential evapotranspiration and water balance. - Concerdon.
- TONINI D., 1966 - Elementi di idrografia e di idrologia. - Libr. Univ., Venezia.