

GIAN CARLO PEROSINO - TERESINA SCARPINATO

ELEMENTI PLUVIOMETRICI ED IDROLOGICI DEL BACINO IDROGRAFICO DEL TORRENTE CERVO *

RIASSUNTO - Il presente lavoro ha lo scopo di individuare le principali caratteristiche pluviometriche ed idrologiche del bacino idrografico del Torrente Cervo considerato a monte dell'abitato di Biella (412 m s.l.m., NW Italia).

L'esigenza di tali tipi di ricerche deriva dal fatto che i fenomeni di dissesto idrogeologico che interessano la Regione Piemonte sono sempre più frequenti tanto da costituire, oggi, uno dei più gravi problemi da risolvere in sede di progettazione di interventi sul territorio diretti ad una gestione più accurata delle risorse idriche.

È emerso, per il territorio preso in esame, che difficilmente, per le abbondanti precipitazioni, si possono riscontrare periodi di grave deficit idrico; mentre maggiore attenzione bisogna rivolgere ai fenomeni di piena che possono essere di una certa rilevanza come, del resto, è stato dimostrato dall'ultimo importante evento alluvionale del novembre 1968.

RÉSUMÉ - *Éléments pluviométriques et hydrologiques du bassin hydrographique du Torrent Cervo.* - Ce travail a le but d'envisager les principales caractéristiques pluviométriques et hydrologiques du bassin hydrographiques du Torrent Cervo, considéré en a mont des lieux habités de Biella (412 m s.l.m., NW Italie).

L'exigence de telles recherches provient du fait que les phénomènes des dérangement hydrogéologique, qui intéressent la Région Piémont, sont de plus en plus fréquents jusqu'au point que aujourd'hui ils constituent un des plus graves problèmes qu'il faut résoudre à travers les projets d'interventions sur le territoire à fin d'obtenir une gestion plus soignée des ressources hydriques.

Il est émergé, pour ce qui concerne le territoire examiné, que bien difficilement, à cause des copieuses précipitations, on peut vérifier des périodes de grave déficit hydrique; tandis qu'il faut adresser plus d'attention aux phénomènes de crue qui peuvent être d'une certaine importance, comme a montré la dernière importante alluvion de novembre 1968.

INTRODUZIONE

Le alluvioni, le frane e gli smottamenti, le difficoltà crescenti nella gestione delle risorse idriche, sono fenomeni che caratterizzano con sempre maggiore frequenza il territorio nazionale e il Piemonte in particolare. Contemporaneamente si « discute » sul « dissesto idrogeologico » come è dimostrato dal sempre più elevato numero di convegni, tavole rotonde, pubblicazioni divulgative; emerge sempre la volontà dei politici ad affrontare questo grave problema come fondamentale e da

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

inserirne nei progetti di gestione del territorio. Da questo punto di vista è indubbio che, a parole, progressi, in questi ultimi anni, sono stati fatti; ma i naturalisti e i geologi sanno bene che per progettare interventi diretti sul territorio in questo campo occorre avere conoscenze dettagliate sul clima e sulla idrologia che caratterizzano un determinato territorio e, in particolar modo, sui fenomeni meteorologici cosiddetti « eccezionali » che, molto spesso, innescano quei fenomeni a cui si è accennato; si tratta, in sostanza di « costruire modelli matematici e grafici » su fenomeni naturali assai complessi per cui sono necessari numerosissimi dati (riguardanti la temperatura dell'aria, precipitazioni, misure di deflussi, ecc...).

Dunque approfondite analisi di carattere climatico ed idrologico sono alla base dei progetti di gestione delle risorse naturali del territorio. Questi studi, quasi sempre, si basano sui dati rilevati, dal 1913, dalla rete di stazioni climatiche gestita dal Servizio Idrografico per il Ministero dei Lavori Pubblici che (a conferma di quanto sopra detto, a proposito della volontà dei politici, grandi parolai nei convegni) dal 1971 ad oggi (maggio '81 mentre stiamo scrivendo) a causa del disinteresse dello Stato nei confronti di un Ente non certo inutile, non ha più pubblicato alcun dato, rischiando di rendere vano il meticoloso lavoro dei curatori delle stazioni e facendo mancare ai ricercatori l'ultimo prezioso decennio di osservazioni.

Quanto scritto (anche se giustamente polemicamente) è utile per comprendere le ragioni per le quali gli studi climatici ed idrologici pubblicati a partire dal 1971 sono basati, molto spesso, su serie di osservazioni antecedenti a quell'anno, così come in questo nostro lavoro anche se si sono potuti avere a disposizione, nella maggior parte dei casi, periodi di osservazione superiori a 25-30 anni, normalmente raccomandati per ottenere risultati significativi (Bruce e Clark, 1966; Sokolov e Chapman, 1974; Carollo, 1977).

L'areale studiato è quello del bacino idrografico del Torrente Cervo, particolarmente interessante, a nostro avviso, perché colpito, in passato, da fenomeni di piena particolarmente intensi.

L'areale contribuente del Torrente Cervo (124, 125 Km²), a monte della sezione di chiusura in corrispondenza dell'abitato di Biella (e quindi comprendente anche il bacino del Torrente Oropa, maggiore affluente di destra) è costituito da un territorio montuoso inserito nella regione delle Alpi Pennine e più precisamente fa parte del grande bacino del Fiume Sesia, di cui il corso d'acqua su accennato rappresenta un affluente di destra.

Il bacino del Torrente Cervo, così delimitato, è inquadrato tra le seguenti coordinate geografiche dei suoi limiti estremi longitudinali e latitudinali:

45°43'21''	Latitudine N
45°43'34''	
4°32'43''	Longitudine W, M. Mario
4°21'39''	

L'areale in studio confina, da N a SW, con i bacini dei Torrenti Sorba, Sersera, Strona di Cossato ed Elvo, tutti affluenti di destra del Fiume Sesia e ad W con il bacino del Torrente Lys, affluente di sinistra della Dora Baltea.

Il bacino idrografico è orientato in direzione NW-SE e la linea dello spartiacque risulta chiaramente definibile.

Dal fianco occidentale a quello orientale, le cime più elevate, situate sullo spartiacque di questo territorio, sono le seguenti: M. Pietra Bianca (2490 m), M. Creso (2546 m), Punta Caparelli (2409 m), M. Gemelli (2473 m), M. Rosso (2343 m), Cima di Bò (2556 m, il rilievo più elevato) e la Punta di Gravile (2392 m).

Il presente lavoro ha, come obiettivo, la caratterizzazione (nelle loro linee generali) pluviometrica ed idrologica del bacino del Torrente Cervo, rivolta, in particolar modo, alle problematiche connesse con le risorse idriche e con la protezione del suolo.

PRECIPITAZIONI

Lo studio di questo elemento climatico è basato sui dati rilevati dal Servizio Idrografico del Ministero dei LL.PP. per il periodo di osservazione 1913-1970 e da osservatori locali per gli anni antecedenti e posteriori a questo intervallo di tempo. Tali dati sono raccolti negli Annali Idrologici (1913-1970) del Servizio Idrografico (Parte I - Sez. A), nella pubblicazione di Filippo Eredia « Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915 » edita dal Ministero dei LL.PP. (1920) e nei Bollettini Mensili del Collegio Edili di Biella (1971-giugno 1976).

Le stazioni pluviometriche interessanti l'areale in studio, insieme alle loro caratteristiche e periodi di osservazione, sono raccolte nella fig. 1. Come si può rilevare i periodi di osservazione non sono coincidenti fra loro; si è ritenuto opportuno, almeno per le analisi su scala mensile e annua, di poter giungere ad avere un trentennio di rilevazioni comuni in modo da impostare il lavoro di elaborazione su un adeguato periodo di osservazione che possa fornire risultati significativi.

Il più opportuno intervallo di tempo è stato individuato dal 1925 al 1954 per le stazioni di Biella, S. Giuseppe di Casto, Campiglia, Piedicavallo e Oropa. Due stazioni presentano alcuni anni in cui sono assenti le rilevazioni; si è proceduto, allora, a un processo di interpolazione dei dati mancanti con l'ausilio delle rilevazioni effettuate in località vicine.

Tenendo conto del numero di stazioni, in relazione dell'estensione dell'areale in studio, del modesto numero dei dati interpolati e della lunghezza del periodo comune di osservazione, si ritiene di poter impostare un adeguato studio delle precipitazioni nel bacino idrografico considerato.

Per avere una valutazione sintetica di questo elemento climatico, lo studio delle precipitazioni areali o afflussi meteorici risulta di notevole utilità per la successiva analisi idrologica del bacino del Torrente Cervo.

La determinazione degli afflussi meteorici si basa sulla ipotesi che la « pioggia puntuale osservata per una data stazione sia rappresentativa di quella caduta in una zona più o meno estesa intorno alla stazione stessa » (Réménieras, 1972). Per la delimitazione di questa « zona di competenza » il metodo qui usato è quello dei poligoni di Thiessen, rapido e sufficientemente preciso, come è stato confermato da alcuni autori (Carollo, 1973) confrontandolo con altri metodi.

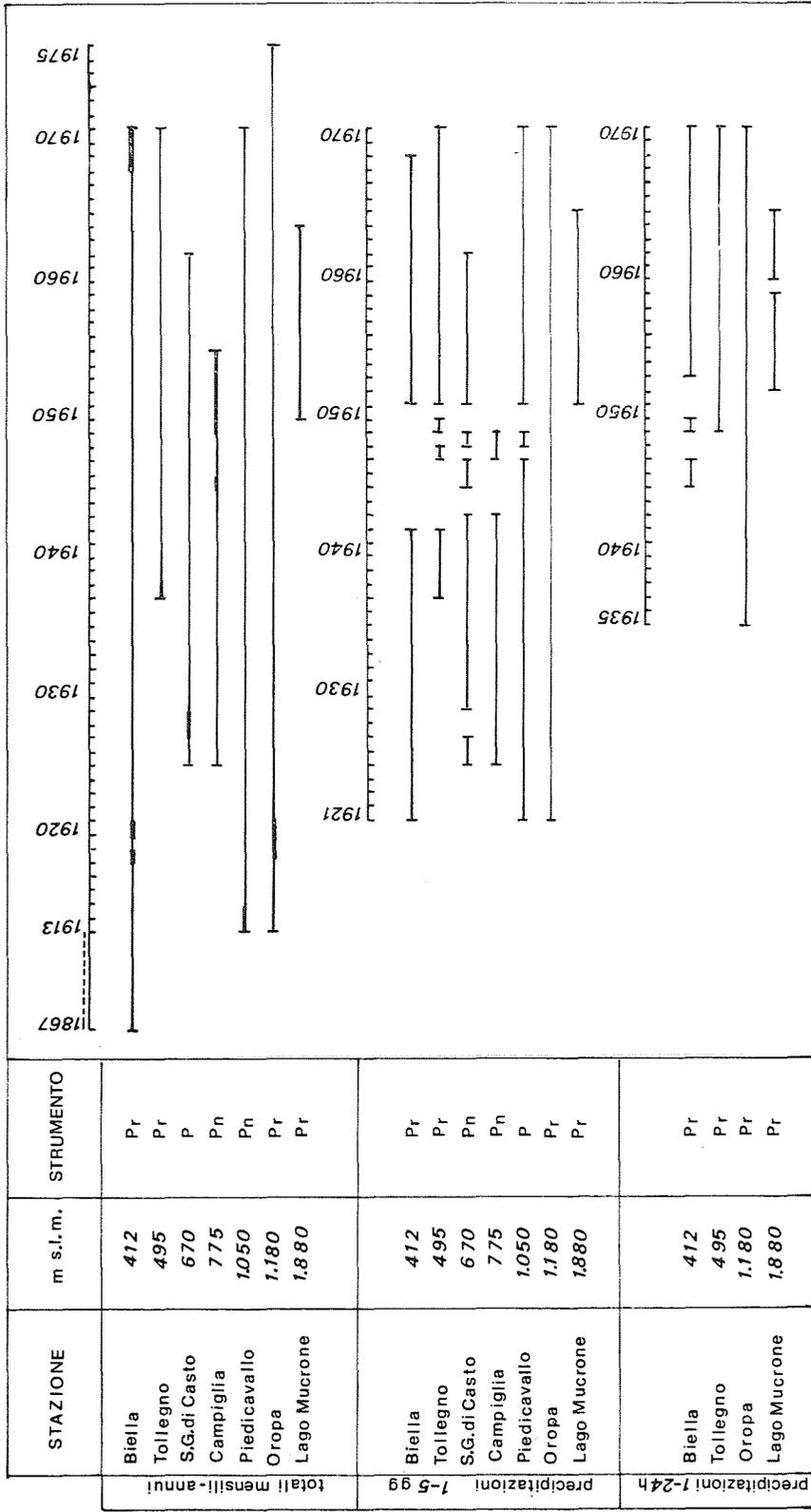


Fig. 1 - Periodi di osservazione e caratteristiche delle stazioni pluviometriche. Pluviografo (Pr), pluviogramma (Pn) e pluviometro (P). Dati di osservazione completi (—) e interpolati (---).

Tale metodo è stato applicato per i totali pluviometrici mensili delle cinque stazioni per l'intero periodo di osservazione comune 1925-1954; i dati così ottenuti sono riportati nella tab. I e rappresentati nella fig. 2 come totali mensili ed annui medi, massimi e minimi assoluti e dove sono indicati i coefficienti di variazione e le frequenze dei massimi e minimi annuali; nella fig. 3 è rappresentata la successione cronologica dei totali annui con relativa equazione di tendenza estrapolata con la legge dei minimi quadrati applicata alle due variabili, precipitazioni e tempo, legate fra loro da una correlazione semplice e lineare.

Le stesse analisi sono state compiute per Biella e Oropa in quanto per le due stazioni sono disponibili periodi di osservazione massimi assai lunghi (tab. I e figg. 2 e 3): 104 anni (1867-1970) e 63 anni (1913-1975) rispettivamente.

Le precipitazioni annue sono, per l'intero areale (1869 mm per il periodo 1925-1954) assai elevate rispetto a quelle calcolate dal Mennella (1967) per il Piemonte (1197 mm), per la Regione Alpina (1500 mm) e per la Valle Padana (760 mm) e dal Contessini (1956) per l'Italia (970 mm) per il periodo 1921-1950.

TAB. I - Precipitazioni e afflussi meteorici. Massimi assoluti (H), medie (M), minimi assoluti (L), coefficienti di variazione (C.V.%), frequenze dei massimi (F.H.%) e dei minimi annuali (F.L.%).

Bacino del T. Cervo chiuso a Biella, afflussi meteorici, 1925-1954.

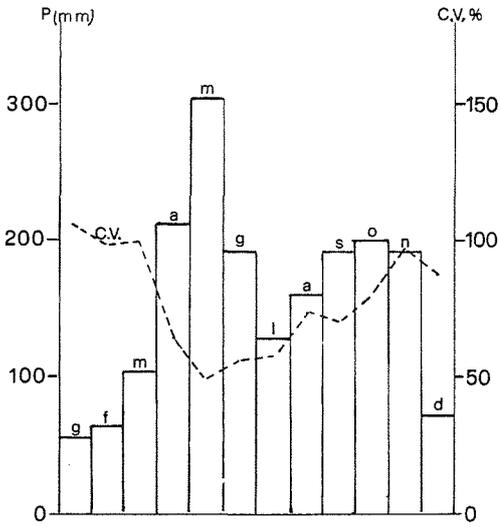
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
H (mm)	231	232	373	606	713	493	299	522	506	527	744	248	2639
M (mm)	54	64	102	211	302	192	129	160	191	198	193	73	1869
L (mm)	3	—	2	39	54	60	26	23	28	12	6	—	1072
C.V.%	106.9	95.7	100.0	65.1	49.7	56.7	58.0	74.1	69.7	82.3	98.0	88.1	22.8
F.H.%	—	—	3.3	16.7	26.7	10.0	—	10.0	13.3	13.3	6.7	—	
F.L.%	26.7	26.7	16.7	—	—	—	—	—	3.3	10.0	—	16.7	

Oropa (1180 m s.l.m.), precipitazioni, 1913-1975.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
H (mm)	278	377	384	650	856	590	481	585	641	740	830	384	3092
M (mm)	56	72	127	207	297	221	137	158	195	230	175	82	1958
L (mm)	—	—	—	7	45	54	18	14	3	—	—	—	1191
C.V.%	106.6	106.4	82.8	68.2	59.6	52.4	65.1	72.3	75.1	89.0	98.6	96.6	24.5
F.H.%	—	1.6	1.6	11.1	25.4	14.3	1.6	4.8	14.3	19.0	6.3	1.6	
F.L.%	27.0	25.4	9.5	3.2	—	—	1.6	—	3.2	11.1	7.9	15.9	

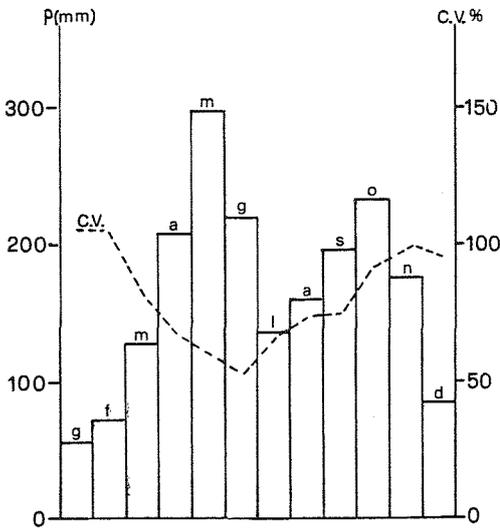
Biella (412 m s.l.m.), precipitazioni, 1867-1970

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
H (mm)	341	387	486	982	758	433	486	384	492	682	640	297	3286
M (mm)	49	52	94	162	182	162	109	109	129	165	119	66	1398
L (mm)	—	—	—	2	4	24	20	1	2	—	2	—	590
C.V.%	122.6	113.2	91.5	79.1	65.4	57.2	68.7	72.7	71.5	94.4	99.7	100.1	33.8
F.H.%	1.9	—	4.8	17.3	19.2	16.3	2.9	2.9	5.8	16.3	12.5	1.0	
F.L.%	25.0	25.0	9.6	2.9	—	—	1.9	3.9	5.8	8.7	6.7	16.3	

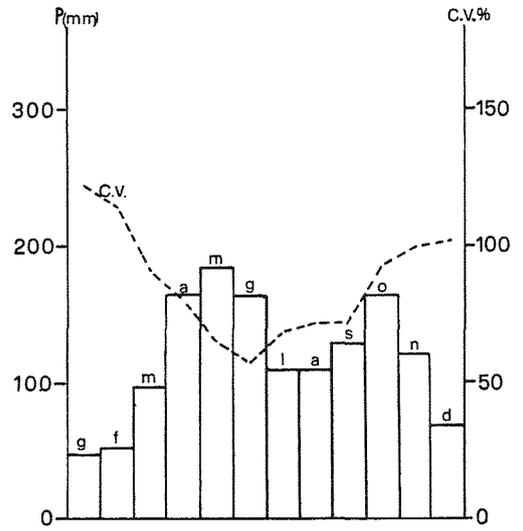


afflussi meteorici (1925-1954).

Fig. 2 - Regimazione dei totali pluviometrici mensili e dei loro coefficienti di variazione %.

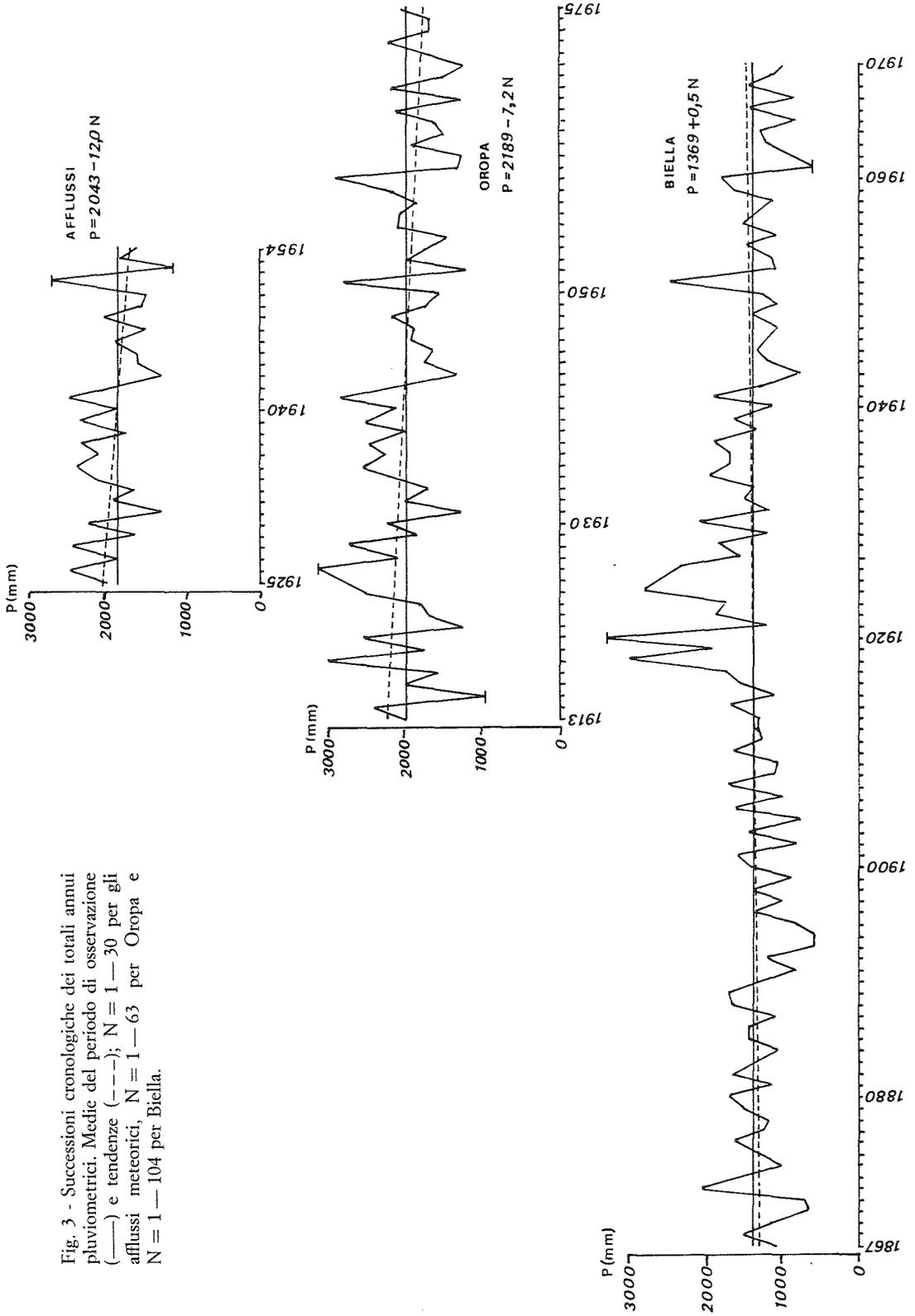


Oropa (1913-1975)



Biella (1867-1970)

Fig. 3 - Successioni cronologiche dei totali annui pluviometrici. Medie del periodo di osservazione (—) e tendenze (---); N = 1 — 30 per gli afflussi meteorici, N = 1 — 63 per Oropa e N = 1 — 104 per Biella.



Per quanto concerne i valori estremi, si può constatare che, in generale, le precipitazioni massime possono essere pari a una volta e mezzo la media e quelle minime possono raggiungere la metà di questo valore. Lo scostamento dei dati intorno alla media raggiunge il 25% di questa ultima.

Le serie cronologiche dei dati annui (fig. 3) pongono in evidenza, nel periodo 1925-1954, delle successioni alquanto irregolari di valori, nelle quali, però, si possono riscontrare due periodi di cui uno piuttosto umido nella seconda metà del decennio 1930-1940 e l'altro, alquanto siccitoso, nel decennio 1940-1950.

La retta interpolante i dati pluviometrici in funzione del tempo (anni) evidenzia una tendenza, nel trentennio 1925-1954, alla diminuzione. Sia la serie centenaria di Biella che quella sessantennale di Oropa, rendono ragione di questa tendenza. Infatti l'esame delle precipitazioni a lungo periodo pone in evidenza che dalla metà del decennio 1910-1920 a quello successivo, si ha un periodo di piogge molto elevato che spicca nettamente sugli altri e che raggiunge il suo massimo nel 1920 con 3289 mm a Biella e con 3092 mm nel 1926 a Oropa. Tale situazione comporta che la parte iniziale del trentennio 1925-1954, rappresenta, nel nostro areale, la porzione discendente di una ampia oscillazione e ciò influisce sull'insieme di dati nel determinare la tendenza alla diminuzione.

L'analisi delle precipitazioni su scala mensile pone in evidenza come tutti i regimi (tab. I e fig. 2) appartengono, secondo la classificazione del Mennella (1967), al tipo sub-litoraneo occidentale, con il massimo principale nel mese di maggio e quello secondario in ottobre, il minimo principale nel gennaio e quello secondario nel luglio.

Un migliore approfondimento dei regimi può essere acquisito mediante lo studio dei coefficienti di variazione e della distribuzione, nell'anno, delle frequenze percentuali dei valori massimi e minimi annuali delle precipitazioni mensili. In sintesi si può osservare che nei mesi invernali il fenomeno delle precipitazioni è molto irregolare variando queste fra valori minimi prossimi o uguali allo zero e valori massimi che possono essere spesso di 4 o 5 volte superiori alla media. Maggio non è mai, insieme a giugno, il mese meno piovoso; viceversa accade per i mesi invernali dove, più frequentemente, si verifica il minimo annuale. Per quanto riguarda i mesi estivi, che tipicamente non sono quelli più piovosi, raramente per essi la mancanza di precipitazioni può essere così usuale come per il periodo invernale.

Allo scopo di avere un inquadramento più completo del fenomeno pluviometrico su scala mensile, soprattutto quando si voglia impostare un discorso sulle disponibilità idriche, assume notevole importanza conoscere le precipitazioni non soltanto nei loro valori medi, ma anche in quelli estremi.

In questo tipo di analisi si è adottato il metodo Fantoli (1913) ripreso, quindi, dal Tonini (1966), facendo riferimento, al solito, alle stazioni e ai periodi di osservazione già precedentemente segnalati.

In pratica, per ogni stazione, si sono eseguite, mediante calcolatore, tutte le possibili somme da uno a dodici mesi consecutivi nell'arco dell'intero periodo di osservazione. Nel fare questo, quindi, si supera 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 dati, sono stati scelti i cinque casi critici massimi e minimi e, infine, rappresentati in grafico nella fig. 4. La scelta di più di un caso critico, per ogni gruppo di mesi, è stata motivata con l'opportunità di esaminare quanto si potessero differenziare tra loro gli eventi eccezionali.

Dalla bibliografia si è osservato che ai valori estremi sono adattate, usualmente (Tonini, 1966; Carollo, 1970) curve inviluppo (linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche) con una formulazione del tipo:

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

$$P = a \cdot (T - 1)^b \text{ per i minimi}$$

dove P è il valore di precipitazione in mm, T è il tempo espresso in mesi.

Nel trentennio comune 1925-1954, per l'areale in studio, le curve di migliore adattamento presentano le seguenti formulazioni:

$$P = 754 \cdot T^{0,58} \text{ per i massimi}$$

$$P = 3,0 \cdot (T - 1)^{2,4} \text{ per i minimi}$$

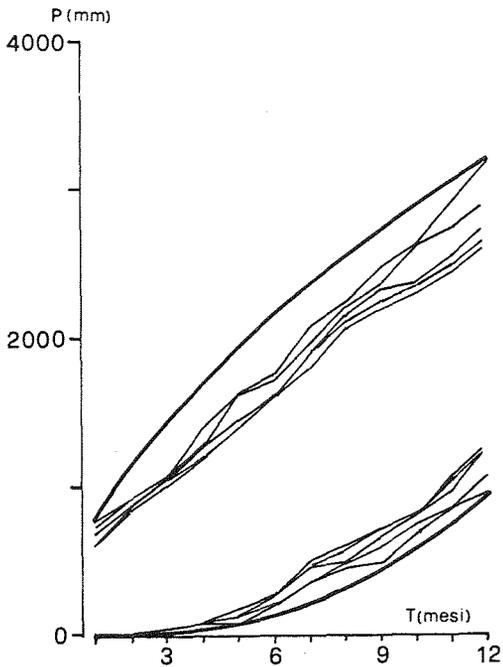
mentre per le due più lunghe serie di Oropa e Biella, sono state ottenute le seguenti espressioni:

stazioni	massimi	minimi
Oropa	$860 \cdot T^{0,57}$	$2,9 \cdot (T - 1)^{2,4}$
Biella	$984 \cdot T^{0,50}$	$0,6 \cdot (T - 1)^{2,7}$

Tali curve (fig. 4) delimitano un'area, sul grafico, comprendente tutti i possibili casi di precipitazione da 1 a 12 mesi consecutivi verificatisi nell'arco dell'intero periodo di osservazione.

Le linee segnalatrici costituiscono il punto di riferimento per confrontare certe situazioni che, talvolta, vengono considerate come « mai prima verificatesi ». Ad esempio, si è presa in considerazione la stazione di Oropa e sono state messe a confronto tutte le possibili somme dei totali pluviometrici da uno a dodici mesi, per il periodo che intercorre tra il gennaio 1975 e il giugno 1976, allora segnalato dai mezzi di informazione come il più siccitoso che, a memoria d'uomo, colpì l'Europa Occidentale e l'Italia Settentrionale; la collocazione di questi ultimi dati permette (linea tratteggiata in fig. 4) di far risaltare come essi non rappresentano casi estremi, ma costituiscono situazioni di siccità che possono accadere con una certa frequenza, dato che, a Oropa, per almeno cinque volte (e forse più) in circa 60 anni, si sono verificati valori inferiori.

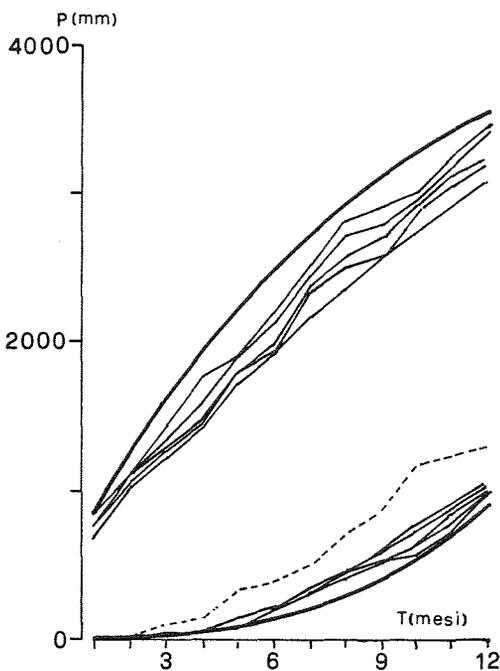
Dall'esame dei dati originali, considerando le date in cui si sono verificati i casi critici massimi, per T = 1-12 mesi consecutivi, si osserva una certa ricorrenza intorno a mesi particolari che sono il maggio e il novembre del 1926, l'aprile del 1928, l'agosto e il novembre del 1935 e il novembre del 1951; proprio nel maggio del 1926 e nel novembre del 1951 sono da ricordare, tra l'altro, due piene eccezionali del Po (Contessini, 1956). Per quel che riguarda i minimi, invece, una certa ricorrenza si nota intorno all'ultimo mese degli anni 1930, 1945 e 1952 e ai



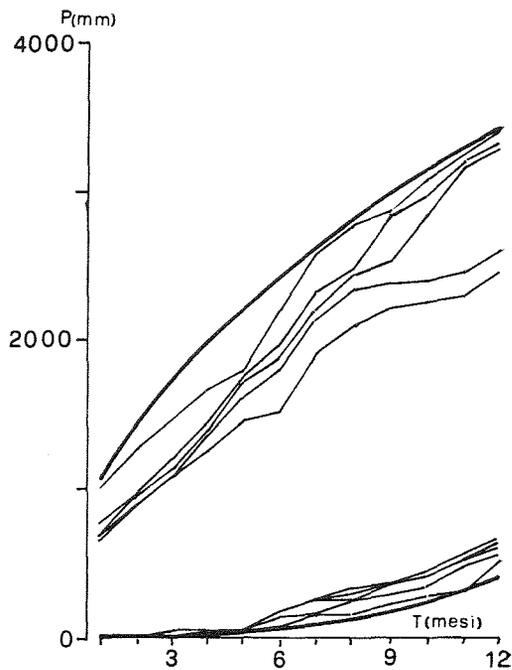
afflussi meteorici (1925-1954)
Tr = 30

Fig. 4 - Linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche. 5 casi massimi e minimi per T = 1 — 12 mesi consecutivi (—), casi dal gennaio 1975 al giugno 1976 (---) e curve inviluppo (—).

- | | | |
|-------------------------------|------------|--------------|
| $P = 754 \cdot T^{0,58}$ | per i max. | aff. meteor. |
| $P = 3,0 \cdot (T - 1)^{2,4}$ | per i min. | |
| $P = 860 \cdot T^{0,57}$ | per i max. | Oropa |
| $P = 2,9 \cdot (T - 1)^{2,4}$ | per i min. | |
| $P = 984 \cdot T^{0,50}$ | per i max. | Biella |
| $P = 0,6 \cdot (T - 1)^{2,7}$ | per i min. | |



Oropa (1913-1975) Tr = 63



Biella (1867-1970) Tr = 104

primi due degli anni seguenti; sono anni, questi ultimi, compresi entro quei periodi messi in evidenza dall'analisi delle successioni cronologiche (fig. 3) e caratterizzati da scarse precipitazioni.

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, per cui tali fenomeni meritano una trattazione particolare che metta in evidenza la loro entità e distribuzione frequenziale nei diversi mesi dell'anno.

Il Servizio Idrografico riporta, di anno in anno, nella Parte I degli Annali Idrologici, i valori massimi di precipitazione da uno a cinque giorni consecutivi con relative date in cui tali fenomeni si sono verificati.

Utilizzando il metodo di Thiessen sono state calcolate le precipitazioni areali massime per $T = 1-5$ giorni consecutivi per il periodo massimo comune alle cinque stazioni di osservazione (15 anni; 1925, 1926 e 1929-1941):

	1 g	2 g	3 g	4 g	5 g
precipitazioni (mm)	271	398	483	498	506

L'equazione involuppo che si adatta a questi valori è:

$$P = 300 \cdot T^{0.48}$$

che si riferisce a tutto il bacino chiuso a Biella.

Considerando che tali elaborazioni sono tanto più significative quanto più ampio è il periodo di osservazione, ci è sembrato opportuno riportare l'equazione della curva involuppo adattata ai valori massimi di precipitazione da uno a cinque giorni consecutivi per la stazione di Oropa per la quale è disponibile un periodo di osservazione di 50 anni (1921-1970):

$$P = 410 \cdot T^{0.45}$$

Da un'analisi compiuta sui dati originali riportati sugli Annali Idrologici ed effettuata sulla distribuzione frequenziale di questi eventi massimi nel corso dell'anno, si rileva che questi, in complesso, sono particolarmente presenti nel quadrimestre agosto-novembre manifestandosi un certo numero di casi nel trimestre aprile-giugno mentre sono del tutto assenti in gennaio.

È opportuno, però, ricordare che in questa analisi, considerando gli estremi delle cinque serie ($T = 1-5$ gg) di osservazione, ogni equazione, spesso, non si riferisce ad un medesimo evento meteorologico; questo sistema di procedimento viene ritenuto, comunque, ugualmente adeguato per ottenere una migliore garanzia dei rischi derivanti dalle piene in seguito ai possibili eventi meteorologici eccezionali (Roche, 1963).

In relazione allo studio dei fenomeni di piena in bacini di piccole dimensioni, come ad esempio quello del Torrente Cervo, riveste una notevole importanza l'esame delle precipitazioni verificatesi in intervalli di tempo inferiori al giorno. A tale proposito il Servizio Idrografico pubblica, di anno in anno (Annali Idrologici, Parte I) i valori massimi di pioggia in corrispondenza ad intervalli di tempo di 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive registrate ai pluviografi.

Nell'ambito delle serie di stazioni prese in considerazione nel presente studio, solo Oropa e Biella sono provviste di tale tipo di strumento; i periodi di osser-

vazione sono dal 1935 al 1970 (36 anni) per Oropa e gli anni 1945, 1946, 1949, 1953-1967 (18 anni) per Biella.

I massimi assoluti, rilevati alle due stazioni, unitamente alle date in cui si sono manifestati, sono risultati essere i seguenti:

	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
Biella	mm 66 5 ago 1939	mm 127 18 mag 1960	mm 180 18 mag 1960	mm 236 22 ago 1965	mm 276 22 ago 1965
Oropa	mm 52 31 mag 1949	mm 91 14 giu 1964	mm 163 14 giu 1964	mm 165 14 giu 1964	mm 202 14 giu 1964

Poiché i valori rappresentati nel precedente quadro appartengono ad anni in cui venivano effettuate contemporaneamente le osservazioni alle due stazioni, è lecito sottolineare come l'entità dei massimi assoluti siano superiori ad Oropa rispetto a Biella.

Analogamente a quanto effettuato per le precipitazioni da uno a cinque giorni consecutivi, sono state determinate le equazioni delle curve inviluppo per periodi di tempo da una a ventiquattro ore; le curve di miglior adattamento hanno presentato le seguenti formulazioni:

$$P = 90 \cdot T^{0,39} \text{ per Oropa}$$

$$P = 84 \cdot T^{0,37} \text{ per Biella}$$

Nell'areale in studio, come si è visto, solo alcune stazioni sono provviste di pluviografo, ma risulterebbe importante conoscere l'entità di questi eventi anche per le altre località di rilevazione. A tale proposito si è cercato, attraverso un procedimento di analogia, di giungere ad una stima delle piogge orarie tenendo conto del valore massimo per $T = 1$ giorno e corrispondente al maggior tempo di ritorno comune * nelle stazioni provviste di pluviometro e dell'articolazione tipo delle precipitazioni nell'arco di tempo giornaliero nelle località provviste di strumento registratore. A tale scopo si è presa in considerazione la stazione di Oropa che è caratterizzata dal più lungo periodo di osservazione (1935-1970) e che presenta un certo numero di casi in cui le piogge da 1 a 24 ore appartengono ad uno stesso evento meteorologico. Integrando le serie di dati a disposizione per tutte le stazioni con i poligoni di Thiessen ed applicando ad essi l'articolazione tipo delle precipitazioni nell'arco delle 24 ore identificata per Oropa (assunta rappresentativa per tutto il bacino) si ottiene, per un tempo di ritorno pari a 20 anni:

$$P = 68 \cdot T^{0,46}$$

coincidente per i bacini del Torrente Cervo chiusi a Biella e a Passobreve (località quest'ultima situata sul torrente omonimo, più a monte, 580 m s.l.m. e dotata di idrometrografo).

* Per tempo di ritorno (T_r) si intende l'intervallo di tempo che, in media, intercorre tra due eventi che uguagliano o superano un determinato valore.

Ordinando una serie di N dati e indicando con m la posizione gerarchica occupata da ciascun valore, si ha:

$$T_r = \frac{N}{m}$$

Questa estrapolazione soffre della limitazione di considerare l'evento massimo di un giorno analogo a quello di 24 ore, quando questi due valori non sono rilevati con le stesse modalità, in quanto il primo può manifestarsi anche in intervalli di tempo diversi da quello usuale, come totale giornaliero, misurato dalle ore 9 del giorno considerato alla stessa ora del giorno successivo.

Per completare lo studio delle precipitazioni nell'ambito giornaliero, si è analizzata (sulla base dei dati originali riportati sugli Annali Idrologici) la distribuzione di questi eventi estremi per i diversi intervalli $T = 1-24$ ore. È emerso come, riducendosi l'intervallo di tempo, le precipitazioni siano localizzate in un modesto numero di mesi e, in particolare, quelli più caldi. Probabilmente questi fenomeni meteorologici sono legati a situazioni temporalesche alle quali si accompagnano piogge brevi e intense. Per intervalli di tempo superiori alle sei ore, invece, le piogge interessano un maggior numero di mesi, in genere da aprile a novembre, con le frequenze più elevate al passaggio tra l'estate e l'autunno, richiamando, così, la distribuzione delle precipitazioni massime da uno a cinque giorni consecutivi.

IDROLOGIA

Sul Torrente Cervo sono state effettuate osservazioni di deflusso da parte del Servizio Idrografico che ha installato una stazione di misura a Passobreve, ove le rilevazioni hanno avuto luogo dal 1937 al 1944 e dal 1951 al 1955, quindi, per un periodo complessivo di tredici anni. La località di misura, che si trova a circa 50 Km dalla confluenza del Cervo nel Sesia, è situata ad una altitudine di 580 m s.l.m. e il bacino idrografico a monte ha una superficie di 74,260 Km².

Le portate medie giornaliere (m³/sec), unitamente ai massimi e minimi mensili,

TAB. II - Bacino del T. Cervo chiuso a Passobreve. Valori mensili e annui degli afflussi, dei deflussi, dei coefficienti di variazione (%) e di deflusso. Periodo di osservazione: 1937-1944 e 1951-1955.

Afflussi meteorici (mm)

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
max	225	211	312	428	445	402	275	423	539	518	686	127	2639
medie	56	71	85	178	236	213	142	152	219	254	139	57	1803
min	2	2	3	3	44	57	60	53	54	27	6	1	1072
C.V.%	119.0	89.8	100.1	70.2	60.6	48.0	39.0	59.9	68.3	65.2	127.6	83.6	29.0

Deflussi (mm)

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
max	125	99	104	305	510	360	263	271	387	382	307	102	2277
medie	35	35	61	175	265	216	121	100	118	176	112	47	1461
min	16	13	32	29	103	42	35	25	24	33	28	26	684
C.V.%	82.6	80.6	47.4	43.5	46.2	50.1	55.2	86.2	89.4	68.8	70.7	53.5	29.9

Coefficienti di deflusso

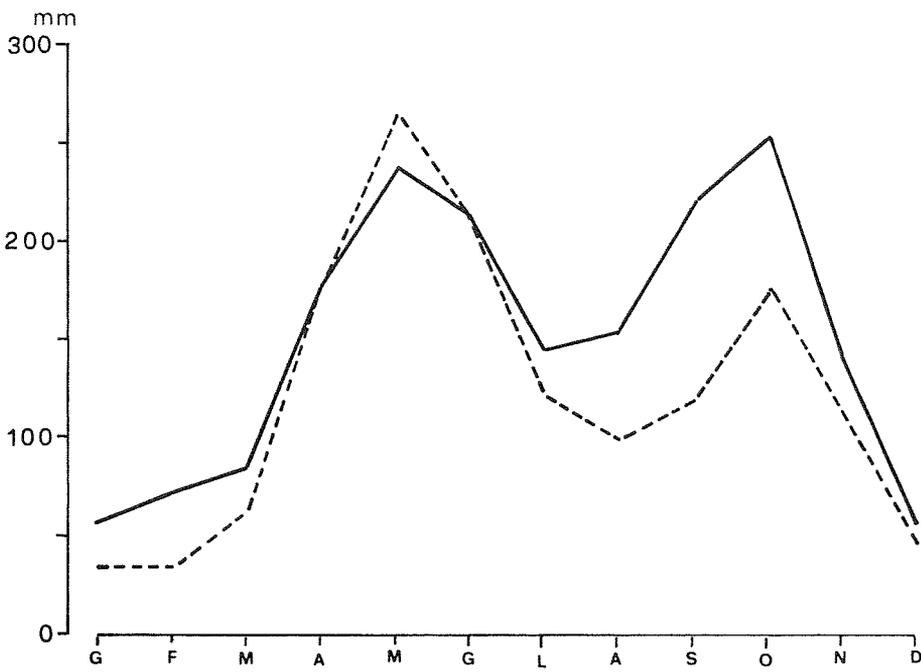
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
	0.62	0.49	0.72	0.98	1.12	1.01	0.85	0.65	0.54	0.69	0.80	0.83	0.81

TAB. III - T. Cervo a Passobrevé. Valori giornalieri massimi, medi e minimi delle portate (m^3/sec) e dei contributi ($l/sec \cdot Km^2$).
Periodo di osservazione: 1937-1944 e 1951-1955.

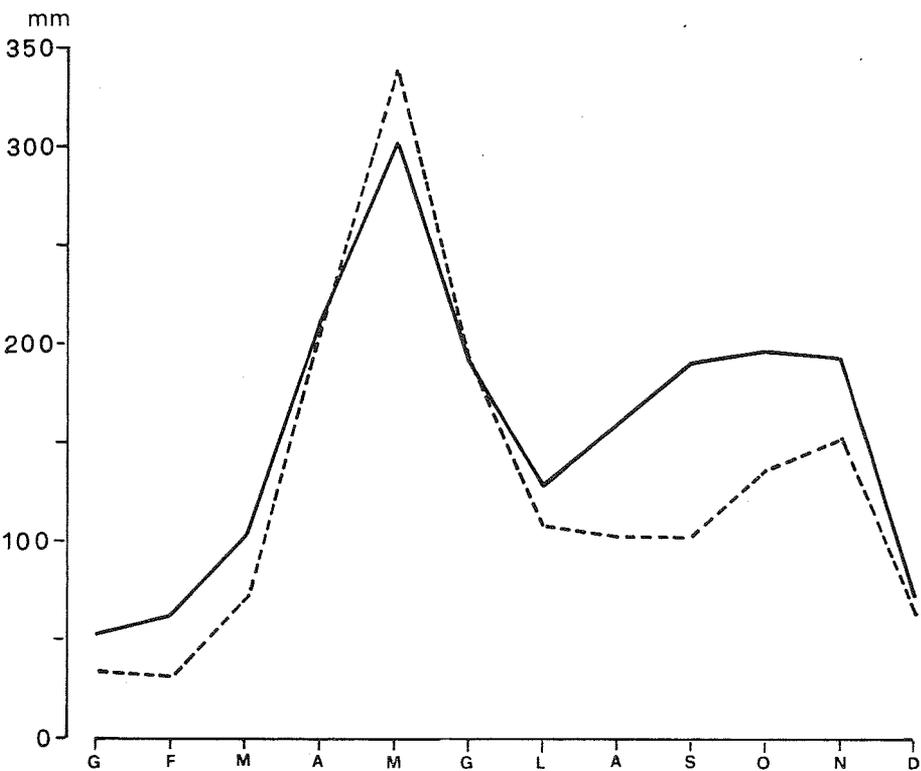
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
m^3/sec	8.30	11.90	12.10	20.62	82.40	57.25	34.50	40.90	52.11	47.22	42.40	8.94	82.40
$l/sec \cdot Km^2$	112.1	160.8	163.5	278.6	1113.5	773.6	466.2	552.7	704.2	638.1	572.9	120.8	1113.5
min	0.95	1.06	1.68	5.01	7.32	6.17	3.36	2.75	3.38	4.86	3.20	1.31	3.42
$l/sec \cdot Km^2$	12.8	14.3	22.8	67.6	98.9	83.7	45.3	37.2	45.6	65.8	43.3	17.6	46.34
m^3/sec	0.34	0.25	0.56	0.58	0.83	0.72	0.61	0.49	0.52	0.42	0.35	0.52	0.25
$l/sec \cdot Km^2$	4.6	3.4	7.6	7.8	11.2	9.7	8.2	6.6	7.0	5.7	4.7	7.0	3.4

TAB. IV - Bacino del T. Cervo chiuso a Biella. Portate (m^3/sec), contributi ($l/sec \cdot Km^2$), afflussi e deflussi (mm) medi mensili.
Periodo di osservazione: 1925-1954.

	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	anno
afflussi	54	64	102	211	302	192	129	160	191	198	193	73	1869
portate	1.55	1.46	3.44	9.75	15.92	9.14	5.18	4.90	4.85	6.45	7.25	2.87	5.60
contributi	12.5	11.8	27.7	78.5	128.3	73.6	41.7	39.5	39.1	52.0	58.4	23.1	45.1
deflussi	33	31	73	207	338	194	110	104	103	137	154	61	1514



Bacino idrografico del Torrente Cervo a Passobrevé (1937-1944 e 1951-1956).



Bacino idrografico del Torrente Cervo a Biella (1925-1954).

Fig. 5 - Regimi degli afflussi (—) e dei deflussi (---).

sono riportate nella parte II degli Annali Idrologici del Servizio Idrografico; i deflussi sono espressi anche come contributo ($l/sec \cdot Km^2$) e come altezza (mm) della lama liquida uniformemente estesa a monte nella sezione di chiusura. I valori medi mensili ed annui degli afflussi meteorici e dei deflussi, i massimi e i minimi, i coefficienti di variazione e di deflusso sono riportati in tab. II; mentre i valori giornalieri medi ed estremi delle portate e dei contributi sono riportati in tab. III.

Un esame generale dell'articolazione degli afflussi e dei deflussi (tab. II e fig. 5) rileva come, nella maggior parte dell'anno, questi parametri idrometeorologici abbiano un andamento analogo, con i primi superiori ai secondi. Nel periodo compreso tra la primavera inoltrata e l'inizio dell'estate, la situazione si inverte poiché, probabilmente, in questo lasso di tempo, le portate del corso d'acqua sono alimentate anche dalla fusione della neve accumulata nel bacino durante la stagione fredda. Nell'ambito della classificazione proposta da Tonini (1966) siamo in presenza, quindi, di un corso d'acqua a regime chiaramente nivopluviale.

Le più cospicue differenze tra afflussi e deflussi (deficit di deflusso) si manifestano durante l'estate e il primo autunno, con il massimo che si verifica a settembre. Tale fenomeno è dovuto, indubbiamente, alla notevole entità dei processi evapotraspirativi nei mesi più caldi. Pur non avendo effettuato ricerche idrogeologiche specifiche, si può supporre che in questo periodo dell'anno, il deflusso avvenga anche a spese del patrimonio idrico sotterraneo del bacino e che, all'inizio della stagione delle piogge, parte di queste ultime vadano a rimpinguare le acque del sottosuolo; nel tardo autunno, invece, il deficit di deflusso tende a diminuire.

L'analisi dell'andamento dei coefficienti di variazione (tab. II) contribuisce a interpretare meglio il regime del corso d'acqua. Nei mesi più caldi la variabilità interannuale dei deflussi è superiore a quella degli afflussi per il fatto che il regime del corso d'acqua è legato a quello delle piogge, e, quindi, i deflussi, oltre a risentire della variabilità intrinseca delle precipitazioni, sono influenzati anche dalle differenti modalità con cui il bacino risponde agli apporti di acqua meteorica (intensità e concentrazione della pioggia, grado di umidità del terreno prima del manifestarsi di quest'ultima, ecc...). I più modesti valori del coefficiente di variazione si verificano quando è presente, nell'areale in studio, l'influenza del manto nevoso, che si comporta come un serbatoio idrico con funzione di regolazione delle portate del corso d'acqua.

Quale sintesi della situazione idrologica, sono stati calcolati i coefficienti di deflusso mensili ed annuo (tab. II); sulla base di quest'ultimo (0,81), il Torrente Cervo può essere collocato, nella classificazione idrologica del Pallucchini (1934), nel tipo alpino, in cui rientrano tutti quei corsi d'acqua con coefficiente di deflusso superiore a 0,7.

Passando ad esaminare i deflussi su scala giornaliera, si può osservare che da una portata media annua di $3,42 m^3/sec$ (tab. III), si può giungere ad una minima assoluta del periodo di osservazione di $0,25 m^3/sec$ (rilevata il 12 febbraio 1954) e quindi ad una massima di $82,40 m^3/sec$ (27 maggio 1951).

Sulla base delle conoscenze idrologiche acquisite sul Torrente Cervo a Passo-breve ($74,260 Km^2$), si può procedere ad una stima dei deflussi sullo stesso corso d'acqua ma in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino a Biella ($124, 125 Km^3$) attraverso il ben noto metodo dell'analogia. In altri termini si tratta,

sulla base della conoscenza degli afflussi meteorici su quest'ultimo areale, di estendere ad essi i coefficienti di deflusso riscontrati a Passobreve. Le coperture nevose nei due bacini, che possono esercitare una notevole influenza sui regimi di deflusso, almeno come estensione, non dovrebbero essere molto diverse fra loro, in quanto abbastanza simili sono le distribuzioni delle fasce altimetriche nei due areali. I dati di deflusso così ottenuti su scala mensile ed annua, sono raccolti nella tab. IV, mentre il loro regime, insieme a quello degli afflussi è rappresentato in fig. 5. Il regime del Torrente Cervo a Biella, non differisce sostanzialmente da quello rilevato alla stazione di Passobreve.

Il torrente Cervo a Biella fornisce, quindi, una portata media annua stimata, per il trentennio 1925-1954, pari a 5,6 m³/sec; mentre, si ricorda, quella valutata con misure sperimentali per lo stesso Torrente a Passobreve, per il periodo 1937-1955, è pari a 3,42 m³/sec.

Una delle problematiche fondamentali, nell'ambito della idrologia, è costituita dallo studio dei fenomeni delle piene, per le gravi conseguenze che possono comportare sull'uomo e sul territorio. Quando si parla di piena ci si riferisce, generalmente, alla sua portata massima istantanea e al colmo che, per il Torrente Cervo a Passobreve, in tredici anni di osservazione, è stata pari a 200 m³/sec circa (27 maggio 1951).

La modesta lunghezza del periodo di osservazione e l'opportunità di conoscere i deflussi di massima piena nelle componenti areali principali (sub-bacino del Torrente Oropa, 25,281 Km², il bacino del Torrente Cervo chiuso in corrispondenza dell'abitato di Biella, 124, 125 Km², e lo stesso chiuso a Passobreve, 74,260 Km², quest'ultimo per avere raffronti con rilevazioni dirette), ci ha indotto a valutare le portate di massima piena con metodi indiretti, in modo da porre in evidenza eventi con il più elevato grado di eccezionalità. Tali metodi di stima sono basati sull'uso di formulazioni che derivano da studi su scala regionale compiuti da diversi ricercatori. Occorre sottolineare immediatamente, però, che il fenomeno della piena costituisce un evento idrologico talmente complesso, per cui occorre usare cautela nell'uso di espressioni solitamente alquanto semplificatrici.

Tra le molteplici formulazioni che appaiono in letteratura, abbiamo ritenuto opportuno ricorrere a quelle del Giandotti e del Turazza (Tonini, 1966) che, oltre ad essere ampiamente applicate, sono caratterizzate da una maggiore completezza, poiché tengono conto di un più elevato numero di fattori che, in natura, concorrono a determinare il fenomeno in studio.

La formulazione del Giandotti è la seguente:

$$Q = \frac{\lambda \cdot S \cdot P \cdot \sqrt{Z}}{4\sqrt{S} + 1,5 \cdot \sqrt{L}}$$

dove: Q è la portata di massima piena (m³/sec),
 λ è un coefficiente pari a 116 per bacini di area inferiore a 500 Km²,
 S è l'area del bacino (Km²),
 P è l'altezza degli afflussi (m) di durata pari al tempo di corrivazione (ore),
 L è la lunghezza del corso d'acqua dalle origini alla sezione di chiusura (Km): 20,775 Km per il Torrente Cervo a Biella, 13,800 Km per lo

stesso a Passobreve e 12,525 Km per il Torrente Oropa,
 Z è la differenza (m) tra l'altitudine mediana e quella della sezione di
 chiusura: 852 m per il bacino del Cervo chiuso a Biella, 879 m per lo
 stesso chiuso a Passobreve e 837 m per quello del Torrente Oropa.

L'espressione del Turazza risulta essere la seguente:

$$Q = 11,57 \cdot S \cdot K \cdot \frac{P}{T_C}$$

dove: K è il coefficiente di deflusso medio annuo (0,8 quello calcolato per il bacino chiuso a Passobreve in 13 anni di osservazione),

T_C è il tempo di corrivazione (giorni),

Q, S e P hanno lo stesso significato che nella formula di Giandotti.

L'applicazione delle due espressioni presuppone la determinazione del tempo di corrivazione (T_C), definito come quello necessario perché una particella d'acqua possa giungere dal punto più lontano del bacino considerato fino alla sezione di chiusura (Tonini, 1966) ed è determinabile, secondo il Giandotti, con la seguente formulazione:

$$T_C = \frac{4 \cdot \sqrt{S} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{Z}}$$

dove S, L e Z presentano lo stesso significato e le stesse unità di misura prima segnalati.

Sulla base degli elementi morfometrici rilevati per i diversi bacini, si ottengono i seguenti valori del tempo di corrivazione:

Torrente Cervo chiuso a Passobreve	2 ^h 20'
Torrente Cervo chiuso a Biella	3 ^h 14'
Torrente Oropa chiuso a Biella	1 ^h 53'

Per il calcolo dell'entità delle piogge, si deve considerare l'altezza di afflusso massima riscontrata per i tre bacini per un intervallo di tempo pari a quello di corrivazione; essendo, tale intervallo su scala oraria, occorre allora fare riferimento alle equazioni delle curve inviluppo relative alle massime precipitazioni per T = 1-24 ore consecutive, già calcolate per la stazione di Oropa (P = 90 · T^{0,39} con Tr = 36) nei riguardi del Torrente omonimo e per i bacini del Torrente Cervo chiusi a Passobreve e a Biella (per ambuedue la stessa equazione: P = 68 · T^{0,46} con Tr = 20).

In tal modo le piogge ottenute relativamente ai tempi di corrivazione, utilizzando le suddette equazioni, sono:

Torrente Cervo chiuso a Passobreve	P = 79 mm
Torrente Cervo chiuso a Biella	P = 94 mm
Torrente Oropa chiuso a Biella	P = 115 mm

Introducendo tali valori nelle formulazioni del Giandotti e del Turazza, si è valutata la massima piena che presenta i seguenti valori:

	Giandotti		Turazza	
	m ³ /sec	m ³ /sec·Km ²	m ³ /sec	m ³ /sec·Km ²
T. Cervo a Passobreve (Tr = 20)	504	7,081	559	7,581
Γ. Cervo a Biella (Tr = 20)	769	7,545	802	8,182
T. Oropa a Biella (Tr = 36)	384	10,840	342	11,720

I dati ottenuti mediante l'impiego delle due formule, nei limiti della complessità e difficoltà delle valutazioni delle portate eccezionali, possono essere considerati dello stesso ordine. Quanto all'entità dei deflussi, essi possono sembrare veramente notevoli, se raffrontate all'unico dato sperimentale di 200 m³/sec riscontrato in 13 anni di osservazione a Passobreve, ma occorre tener conto che queste stime sono basate su tempi di ritorno più lunghi. D'altra parte, se passiamo dalle portate ai contributi, si può rilevare che tali ordini di valori, sono stati anche superati nella realtà in occasione di fenomeni di piena quali quelli del novembre 1968 in taluni piccoli bacini del Sesia con caratteristiche simili a quelle in studio (Giuffrida, Annali Idrologici del 1968, Parte II, Sezione F).

Occorre infine rilevare che, nella costruzione della curva inviluppo delle piogge massime per Oropa, si è tenuto conto di valori pluviometrici massimi per T = 1-24 ore consecutive che non appartengono necessariamente ad uno stesso evento e ciò comporta, inevitabilmente, una sovrastima delle precipitazioni.

L'elaborazione degli afflussi meteorici con il metodo Fantoli, ci permette di poter stimare l'entità dei deflussi nelle situazioni eccezionali per T = 12 mesi consecutivi e questo risulta importante agli effetti di una eventuale utilizzazione delle risorse idriche del bacino. Moltiplicando i valori eccezionali di 12 mesi per il coefficiente di deflusso ottenuto dalle rilevazioni idrologiche effettuate in corrispondenza della sezione di chiusura del bacino del Torrente Cervo a Passobreve, si ottengono dei valori di altezza di deflusso pari a 2581 mm per i massimi e 769 mm per i minimi per l'intero bacino chiuso a Biella e per un tempo di ritorno pari a 30 anni; a questi valori corrispondono, rispettivamente, portate di 10, 16 m³/sec e di 3,03 m³/sec, con la prima che è quasi il doppio e la seconda quasi la metà rispetto alla media annua del periodo (5,60 m³/sec).

A conclusione di questa ricerca, si può affermare che il bacino idrografico del Torrente Cervo, inserito in un territorio caratterizzato da abbondanti precipitazioni, raramente presenta situazioni di grave deficit idrico, mentre il fenomeno idrologico che riveste la maggiore importanza è costituito dalle piene alla formazione delle quali contribuiscono sia la notevole entità delle piogge brevi e intense, sia la rilevante pendenza dei corsi d'acqua e dei versanti vallivi; infatti le stime delle massime piene possibili da noi ottenute sono dello stesso ordine di quelle riscontrate per alcuni torrenti del biellese quando si manifestarono le alluvioni del novembre del 1968.

BIBLIOGRAFIA

- BERTULETTI C. e CAROLLO A., 1973 - Climatologia del bacino idrografico del Torrente Borlezza. Pubblicazione a cura dell'Amministrazione Provinciale di Bergamo.
 BRUCE J. P. e CLARK R. H., 1966 - Introduction to Hydrometeorology. Pergamon Press. Toronto.

- CAROLLO A., 1970 - Lineamenti generali di un bacino imbrifero e suoi rapporti con i laghi. Dispense del IV Corso di Aggiornamento in ingegneria Sanitaria tenutosi a Milano dall'11 al 23 maggio presso l'Istituto di Ingegneria Sanitaria del Politecnico. Vol. I: 1-48.
- CAROLLO A., 1970 - Analisi delle precipitazioni rilevate alla stazione Nepi. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 26: 121-139.
- CAROLLO A., 1977 - Cartografia pluviometrica applicata alle risorse idriche. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.*, 34: 247-300.
- CONTESSINI F., 1956. Impianti idroelettrici. *Tamburini*, Milano.
- EREDIA F., 1920 - Osservazioni pluviometriche raccolte a tutto l'anno 1915. *Ministero dei L.L.P.P.* Fasc. I, vol. II, Roma.
- FANTOLI L., 1913 - Linee segnalatrici delle possibilità pluviometriche e loro applicazione idraulica. *Rend. Ist. Lomb. Sc. e Lett.*, 46: 65-103.
- GIUFFRIDA G., 1968 - L'evento alluvionale del 2 novembre 1968 in Piemonte. Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico del Po (*Ministero dei L.L.P.P.*), Parte II.
- GROSSO G., Notiziario Edile di Biella. Bollettini mensili dal 1970 al 1976.
- MENNELLA C., 1967 - Il clima d'Italia nelle sue caratteristiche e varietà e quale fattore dinamico del paesaggio, vol. I, EDART, Napoli.
- MINISTERO L.L.P.P., Servizio Idrografico, Ufficio Idrografico del Po. 1913-1970.
- PALLUCCHINI A., 1934 - Classifica dei fiumi italiani secondo il loro coefficiente di deflusso. *Consiglio Naz. delle Ricerche*. Comit. per la Geogr. Delegazione italiana al Congr. Inter. di Geogr. di Varsavia, agosto settembre 1934. Roma.
- RÉMÉNÉRAS G., 1972 - L'hidrologie de l'ingenieur. *Eyrolles*, Paris.
- ROCHE M., 1963 - Hjdrologie de surface. *Gauthier - Villars*, Paris.
- SOKOLOV A. A. e CHAPMAN T. G., 1974. Methods for water balance computations. *Unesco Press*, Parigi.
- TONINI D., 1966 - Elementi di idrografia e di idrologia. Vol. II. *Libreria Universitaria di Venezia*.

G. C. PEROSINO - T. SCARPINATO
P.zza Galimberti, 25 - 10134 Torino