



COMUNE DI LONGOBARDI

(Provincia di Cosenza)

MESSA IN SICUREZZA DELLA SPONDA DESTRA IDROGRAFICA, RISCHIO PAI R4, TORRENTE CORDARI IN LOCALITA' FRAILLITI

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Francesco ARCURI

Via Cassiodoro, n. 3
87023 Diamante (CS)
Cell.: +39 338 4618518
Email: studioarch.arcuri@libero.it

Ing. Danilo MAGURNO

C/da Foresta, n. 9
87020 Maierà (CS)
Cell.: +39 327 4954405
Email: danilomagurno@hotmail.it

Geom. Dario ABATE

Via Varone Sottano, n. 10
87030 Longobardi (CS)
Cell.: +39 331 5251541
Email: dabate@tiscali.it



COMMITTENTE

Amministrazione Comunale di Longobardi (CS)

Piazza Miceli, n. 1
87030 Longobardi (CS)

Responsabile Unico del Procedimento

Ing. Salvatore CARNEVALE

TITOLO ELABORATO

RELAZIONE IDROLOGICA

N. ELABORATO

2.2

CODICE ELABORATO

PD REL.03

SCALA

-

PROGETTAZIONE DEFINITIVA

Elaborazione del progetto: Dicembre 2020

Visti e approvazioni:

INDICE

1. PREMESSA 2

2. QUADRO NORMATIVO..... 2

3. CARATTERI MORFOMETRICI DEL BACINO..... 4

4. STIMA DELLA MASSIMA PORTATA AL COLMO DI PIENA PER T = 50, 100, 200 E 500 ANNI 5

4.1. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE 5

4.2. CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA..... 6

4.3. PLUVIOGRAMMI DI CALCOLO 9

4.4. MODELLO AFFLUSSI/DEFLUSSI11

1. PREMESSA

Nella presente relazione viene riportato lo **studio idrologico del bacino del Torrente Cordari**, al fine di ricavare la portata al colmo per i tempi di ritorno previsti dalla normativa.

Nel *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, l'area interessata dagli interventi ricade lungo una **linea di attenzione con due punti di attenzione** (che rappresentano i ponti sui quali si sviluppa la *S.P. 39*).

Secondo le *"Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio d'inondazione"* emanate dall'*A.B.R.* in data 31.07.2002, negli studi per la verifica idraulica delle aree d'attenzione devono essere considerati, oltre al periodo di ritorno di 200 anni, anche tempi di ritorno di 50, 100 e 500 anni.

2. QUADRO NORMATIVO

I contenuti per un corretto studio idrologico-idraulico di un'infrastruttura che interferisce con un corso d'acqua (in questo caso un'opera trasversale come un ponte) fanno riferimento al ***Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)***, inerenti, nello specifico, alle *Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree di attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio inondazione*, emanate nel 2002 dall'*Autorità Regionale di Bacino (A.B.R.)*

Il quadro normativo nell'ambito del *P.A.I.* della Regione Calabria (che ha subito un aggiornamento del 2006) e in fase di aggiornamento in itinere dal 2016, ma non ancora completato.

Occorre ricordare che la materia è normata dalle *Leggi nazionali e regionali sulla Difesa del Suolo*. In attuazione della *Legge 18 maggio 1989, n. 183 (Legge sulla Difesa del Suolo)*, la Regione Calabria ha adottato la *Legge Regionale 29 novembre 1996, n. 35*, che istituisce l'*Autorità Regionale di Bacino (A.B.R.)*. Questa, tramite il *Comitato Tecnico*, esprime pareri, tra l'altro, sulla classificazione e declassificazione di opere idrauliche e delle aree a rischio.

Per quanto riguarda le aree a rischio di inondazione, il *D.M. LL.PP. 14 febbraio 1997* ha preliminarmente definito le *"Area a rischio idraulico"*, prevedendo l'individuazione delle portate al colmo di piena con tempo di ritorno di 50, 200 e 500 anni, corrispondenti rispettivamente ad alta, moderata e bassa probabilità di inondazione.

Successivamente, la *Legge n. 267 del 03.08.1998 "Conversione in legge, con modificazioni, del D.L. 11.06.1998 n. 180 recante misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico..." (Legge Sarno)* prescriveva all'art. 1 l'adozione entro il 30.06.1999 dei *Piani Stralcio di Bacino* – redatti ai sensi della *Legge sulla Difesa del Suolo, n. 183/89* sopra richiamata – contenenti l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico. Il termine fu poi prorogato al 30.06.2001 dal *D.L. n. 132 del 13.05.1999*, coordinato con la *Legge di conversione n. 266 del 13.07.1999*.

L' *Autorità Regionale di Bacino (A.B.R.)* ha quindi adottato il *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)*, approvato dalla Giunta Regionale il 31.10.2001, ai sensi degli articoli 1 e 2 del citato *D.L. n. 180/98* e secondo l'atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione dei criteri riportato nel *D.P.C.M. del 29.09.1998*, nel quale si individuano le aree a rischio di inondazione.

Il *P.A.I.* ha valore di piano territoriale di settore e rappresenta lo strumento conoscitivo, normativo e di pianificazione mediante il quale l' *Autorità Regionale di Bacino (A.B.R.)* persegue l'obiettivo di garantire al proprio territorio di competenza (costituito dai bacini idrografici di rilievo regionale) adeguati livelli di sicurezza rispetto all'assetto geomorfologico, relativo alla dinamica dei versanti e al pericolo di frana, all'assetto

idraulico, relativo alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione, e all'assetto della costa, relativo alla dinamica della linea di riva e al pericolo di erosione costiera.

In merito alla dinamica dei corsi d'acqua e al pericolo d'inondazione, il piano riporta le situazioni di rischio e/o pericolo d'inondazione stimate dall'*Autorità* tramite indagini estese su tutto il territorio di sua competenza. Sulla base delle caratteristiche dei fenomeni rilevati o attesi e delle indagini esperite, il *P.A.I.* disciplina l'uso del territorio nelle:

- aree perimetrate mediante modellazione analitica con attribuzione delle classi **R4** (rischio molto elevato per il quale sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio), **R3** (rischio elevato per il quale sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture, con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale), **R2** (rischio medio per il quale sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche) e **R1** (rischio moderato per il quale i danni sociali ed economici e al patrimonio ambientale sono marginali);
- aree storicamente inondate e/o localizzate dai *Piani di Protezione Civile*; aree all'intorno di tratti e punti critici rilevati (riduzioni di sezione, ostruzioni, rotture d'argine) e indagati negli elaborati del *P.A.I.* come aree di attenzione, linee di attenzione e punti di attenzione.

Nelle aree a rischio **R4** il *P.A.I.* persegue l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 20-50 anni. Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di alcune (demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauri, etc.).

Nelle aree definite **R3** il *P.A.I.* persegue l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 200 anni. In tali aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle consentite nelle aree a rischio **R4**, gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienico-sanitario, i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, e le altre indicate alla lettera *d*) dell'art. 31 della *L. n. 457/1978* a condizione che non aumentino il livello di rischio.

Infine, nelle aree a rischio **R1** e **R2** non è consentita la realizzazione di locali sotterranei e/o seminterrati ad uso abitativo e commerciale.

Nell'ambito del *Piano Stralcio* sono state approvate le misure di salvaguardia, con delibera della *G. R. 26 ottobre 1999, n. 1034*. In particolare, nelle aree a elevato rischio (aree **R4**), è vietata qualsiasi attività edilizia e di trasformazione dei luoghi.

Nelle **aree di attenzione**, in mancanza di studi di dettaglio volti alla classificazione di pericolosità (che possono essere effettuati sia dall'*A.B.R.*, sia da tutti gli altri soggetti interessati), ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio **R4**.

Sono state infine emanate dall'*A.B.R.* in data 31.07.2002 le "*Linee guida sulle verifiche di compatibilità idraulica delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, sugli interventi di manutenzione, sulle procedure per la classificazione delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio d'inondazione*", che definiscono tra l'altro i contenuti degli studi idrologici e idraulici da redigere nei vari casi.

Sempre secondo le suddette linee guida, gli studi per la verifica idraulica delle aree d'attenzione e l'aggiornamento delle aree a rischio devono considerare periodi di ritorno di 200 anni. Nel presente studio,

oltre al periodo di ritorno di 200 anni, saranno considerati anche tempi di ritorno di 50, 100 e 500 anni.

3. CARATTERI MORFOMETRICI DEL BACINO

Per delimitare il bacino idrografico ci si è avvalsi di *DTM (Digital Terrain Model)* con risoluzione 5 m x 5 m, considerando come sezione di chiusura la foce del Torrente *Cordari*. In *Fig. 1* sono indicati il bacino idrografico del Torrente *Cordari* (in rosso) e la rete di drenaggio (in blu).

Una volta aver misurato l'area ($A = 4.07 \text{ km}^2$) e il perimetro ($P = 11.10 \text{ km}$) della superficie topografica, è stata ricavata la **curva ipsografica** (*Fig. 2*), dalla quota massima ($H_{max} = 1094.26 \text{ m}$) alla quota della sezione di chiusura ($H_0 = 0 \text{ m}$) e calcolata l'altitudine media ($H_m = 487.71 \text{ m}$), come quota di compenso della curva stessa.



Fig. 1: Delimitazione e rete di drenaggio del bacino idrografico del Torrente Cordari

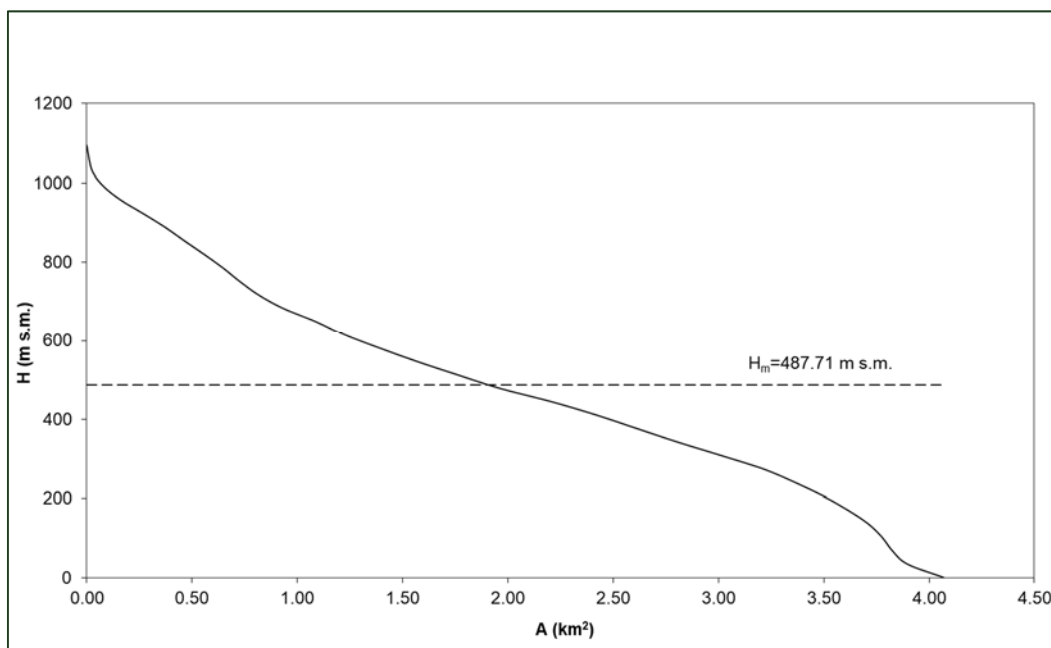


Fig. 2: Curva ipsografica del bacino idrografico del Torrente Cordari

Inoltre, si è tracciato il profilo longitudinale dell'asta principale e si è ricavata la pendenza media i_a , secondo la formula di Taylor e Schwarz:

$$i_a = \left(\frac{L}{\sum_j \frac{L_j}{\sqrt{i_j}}} \right)^2$$

essendo L_j e i_j rispettivamente la lunghezza e la pendenza del j -esimo tratto fluviale ed L la lunghezza totale dell'asta principale.

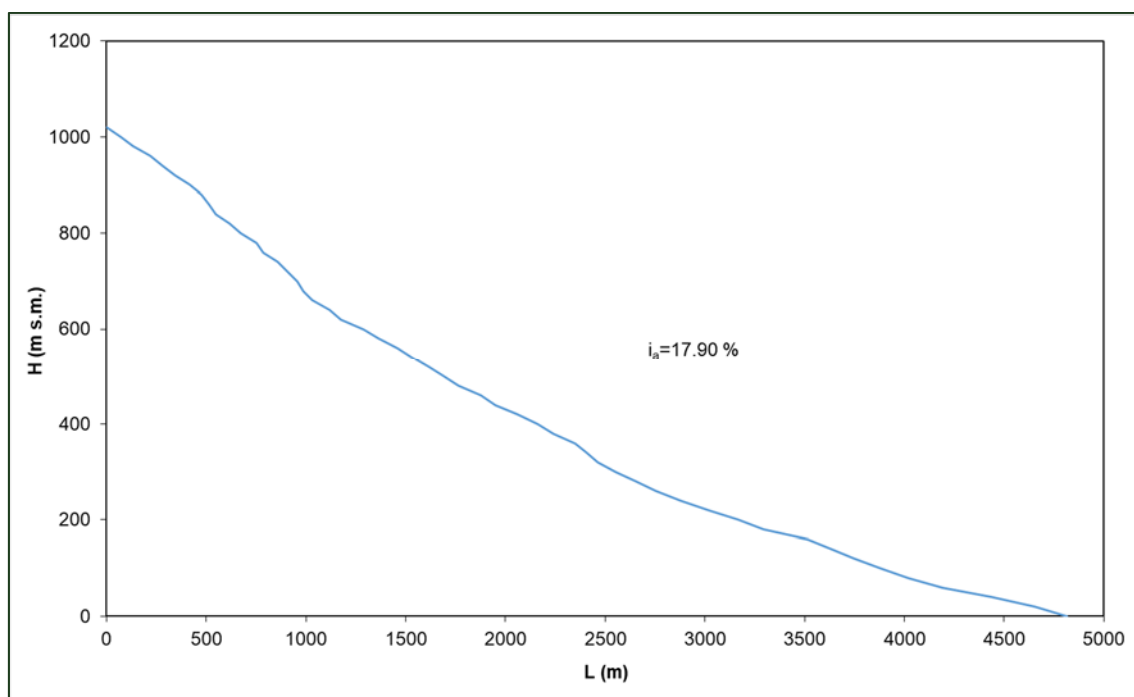


Fig. 3: Profilo longitudinale del Torrente Cordari

4. STIMA DELLA MASSIMA PORTATA AL COLMO DI PIENA PER T = 50, 100, 200 E 500 ANNI

La massima portata al colmo di piena sarà calcolata attraverso un metodo di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi superficiali.

Preliminarmente, si è proceduto al calcolo del tempo di corrivazione del bacino, alla determinazione delle curve di probabilità pluviometrica per i tempi di ritorno $T = 50, 100, 200$ e 500 anni e, quindi, alla costruzione dei pluviogrammi di calcolo necessari per l'applicazione del metodo afflussi/deflussi.

4.1. CALCOLO DEL TEMPO DI CORRIVAZIONE

Per il calcolo del **tempo di corrivazione** t_c del bacino, sono state adoperate diverse formule, tra le numerose presenti in letteratura, ritenute di buona capacità predittiva. Tra esse:

- Formula di Giandotti:

$$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{0.8\sqrt{H_m - H_0}}$$

essendo t_c (ore) il tempo di corrivazione, A (km²) l'area della superficie topografica, L (km) la lunghezza dell'asta principale, H_m (m) l'altitudine media del bacino, H_0 (m) la quota della sezione di chiusura;

- Formula di Puglisi e Zanframundo:

$$t_c = 6 \frac{L^{2/3}}{d^{1/3}}$$

essendo L (km) e d (m) rispettivamente la lunghezza e il dislivello dell'asta principale;

- Formula di Viparelli:

$$t_c = L / V$$

essendo L (m) la lunghezza dell'asta principale e V (m/s) la velocità di scorrimento dell'acqua nel percorso relativo sia ai versanti che alla rete idrografica, ritenuta dal Viparelli pari a 1÷1.5 m/s.

In *Tab. 1* sono mostrati i risultati ottenuti, il valore medio e il valore di progetto scelti sulla base di considerazioni riguardanti le caratteristiche morfometriche del bacino.

Tab. 1: Valori del tempo di corrivazione del bacino del Torrente Cordari

Bacino	t_c (ore)				
	Giandotti	Puglisi e Zanframundo	Viparelli ($V=1,5$ m/s)	Valore medio	Valore di progetto
Torrente Cordari	0.87	1.66	0.89	1.14	0.90

4.2. CURVE DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

La legge di distribuzione probabilistica prescelta per la variabile casuale h_f è la **Two Component Extreme Value** (TCEV),¹ secondo cui i valori estremi di una grandezza idrologica provengono da due diverse popolazioni: una degli eventi normali e un'altra degli eventi eccezionali (*outliers*), legati a differenti fenomeni meteorologici.

Visto che non sono disponibili misurazioni dirette della portata al colmo di piena si è reso necessario adottare un modello idrologico afflussi-deflussi, seguendo un approccio di tipo regionalizzato per lo studio delle piogge. La funzione di distribuzione di probabilità (**Cumulative Distribution Function, CDF**) della variabile casuale X è espressa come segue:

$$F_x(x) = \exp\left(-\Lambda_1 e^{-\frac{x}{\theta_1}} - \Lambda_2 e^{-\frac{x}{\theta_2}}\right)$$

essendo Λ_1 , θ_1 , Λ_2 e θ_2 i quattro parametri della distribuzione. Essa equivale al prodotto di due *CDF* della

¹ Rossi F., Versace P. (1982), *Criteri e metodi per l'analisi statistica delle piene, Valutazione delle piene, C.N.R. – P.F. Conservazione del suolo*, 165, 63-130.

legge del valore estremo di Gumbel, con cui coincide per $\lambda_2 = 0$.

I quattro parametri esprimono il numero medio annuo di eventi indipendenti superiori a una soglia delle due popolazioni (λ_1 e λ_2) e il loro valore medio (θ_1 e θ_2). Se si pone $\theta^* = \theta_2 / \theta_1$ e $\lambda^* = \lambda_2 / \lambda_1^{1/\theta^*}$, si può considerare la quaterna di parametri λ^* , θ^* , λ_1 e θ_1 .

La stima dei parametri può avvenire a differenti livelli:

- livello di regionalizzazione **zero**, in cui i parametri sono tutti stimati dalla singola serie di dati, qualora se ne possiedano nel sito d'interesse;
- livello di regionalizzazione **uno**, in cui i parametri λ^* e θ^* sono stimati regionalmente e i parametri λ_1 e θ_1 sono stimati puntualmente;
- livello di regionalizzazione **due**, in cui i parametri λ^* , θ^* e λ_1 sono stimati regionalmente e il parametro θ_1 è stimato puntualmente;
- livello di regionalizzazione **tre**, in cui tutti i parametri sono stimati regionalmente.

Il valore x_T corrispondente a un tempo di ritorno T (durata media fra due superamenti consecutivi) si ricava in funzione di T e dei quattro parametri comunque stimati. Nel presente studio, x_T indica l'altezza di pioggia $h_{t,T}$ di durata t per T assegnato

Nella *Valutazione delle Piene in Calabria (VAP)*, l'analisi delle piogge giornaliere ha portato alla verifica dell'ipotesi che la Calabria sia una zona pluviometricamente omogenea, ossia nella quale si possa ritenere costante il coefficiente di asimmetria γ ; ciò implica la costanza dei parametri $\lambda^* = 0.418$ e $\theta^* = 2.154$. Si sono, quindi, individuate tre sottozone in cui si ritiene costante il coefficiente di variazione γ ; e di conseguenza il parametro λ_1 (sottozona tirrenica T: $\lambda_1 = 48.914$; sottozona centrale C: $\lambda_1 = 22.878$; sottozona ionica I: $\lambda_1 = 10.987$).

Infine, sono state delimitate **13 aree omogenee**, in ciascuna delle quali si ritiene valido un legame di correlazione tra la media delle altezze di pioggia giornaliere massime annuali e la quota sul mare.

Ritenendo valida la suddivisione in sottozone e aree omogenee del *VAP*² anche per le piogge di breve durata t , si è proceduto a effettuare l'analisi delle stesse, pervenendo alla valutazione dei parametri λ^* , θ^* e λ_1 per le diverse durate, $t = 1, 3, 6, 12, 24$ ore (*Tab. 2*), attraverso il metodo della massima verosimiglianza (*Maximum Likelihood, ML*).³

Tab. 2: Valori dei parametri λ^ , θ^* e λ_1 della TCEV per durate orarie*

Durata [ore]	Calabria zona omogenea		λ_1 per sottozone omogenee (Calabria)		
	λ^*	θ^* [mm]	Tirrenica	Centrale	Ionica
1	0.1997	2.0735	13.03	12.84	12.26
3	0.2614	2.4100	21.26	17.77	14.02
6	0.2834	2.3103	25.17	18.97	14.17
12	0.2915	2.2148	31.85	17.60	12.91
24	0.3610	1.9420	31.54	13.42	10.26

² Le aree pluviometricamente omogenee della Calabria sono state individuate in precedenti indagini idrologiche (Versace P., Ferrari E., Gabriele S., Rossi F., *Valutazione delle piene in Calabria*, bozza finale, C.N.R.-I.R.P.I. Rende – Geodata 30, Cosenza, dicembre 1989).

³ Gabriele, S., Iritano, G., *Alcuni aspetti teorici ed applicativi nella regionalizzazione delle piogge con il modello TCEV*, GNDCI – Linea 1 U.O. 1.4 – Pubblicazione n. 1089, CNR-IRPI Rende (CS), maggio 1994.

Per le 13 aree omogenee il valor medio delle intensità di pioggia massime annuali di breve durata μ_i , per una durata della pioggia t , con stazione di misura posta alla quota sul mare H , viene determinato mediante la seguente espressione:

$$\mu_i(t, H) = \frac{i_0}{(1 + t/t_{car})^{C+D \cdot H}}$$

in cui i_0 è il valore finito dell'intensità di pioggia per durate tendenti a zero, t_{car} è una durata caratteristica che rende massimo il coefficiente di correlazione multipla, C e D sono dei coefficienti.

Il bacino oggetto di studio ricade nell'area omogenea dell'Alto e Medio Tirreno ($T3$), pertanto si è pervenuti alla seguente espressione:

$$\mu_i(t, H) = \frac{455.37}{(1 + t/0.0146)^{0.6955 - 0.000045 \cdot H}}$$

Al terzo livello di regionalizzazione, partendo da tale espressione si può pervenire alla stima di $\theta_1(t)$, al variare della durata della pioggia, nota l'altitudine media del bacino. Essendo già stati stimati i parametri $\Lambda^*(t)$, $\theta^*(t)$ e $\Lambda_1(t)$, ciò consente di caratterizzare completamente la *CDF* della distribuzione *TCEV*. Infatti, nota l'altitudine media del bacino, si ottiene la media $\mu_i(t)$ in funzione della sola durata t , e, di conseguenza, la media delle altezze di pioggia massime annuali di breve durata $\mu_h(t) = \mu_i(t) \cdot t$, da cui si ricava $\theta_1(t) = \mu_h(t) / \eta(t)$, essendo:

$$\eta(t) = \ln[\Lambda_1(t)] + 0.5772 - \sum_{j=1}^{\infty} \frac{(-1)^j [\Lambda_*(t)]^j}{j!} \Gamma\left[\frac{j}{\mathcal{G}_*(t)}\right]$$

La procedura di calcolo al terzo livello di regionalizzazione prevede, pertanto, la scelta di un valore del tempo di ritorno T , la valutazione della probabilità di non superamento a esso legata $F(T) = 1 - 1/T$, e il calcolo di $x_T = h_{t,T}$ dalla *CDF* della *TCEV*, massimo annuale dell'altezza di pioggia di durata t per un fissato tempo di ritorno. Le curve di probabilità pluviometrica per i tempi di ritorno $T = 50, 100, 200$ e 500 anni sono state ricavate interpolando le altezze di pioggia $h_{1,T}$, $h_{3,T}$, $h_{6,T}$, $h_{12,T}$ e $h_{24,T}$ ottenute con la procedura suddetta.

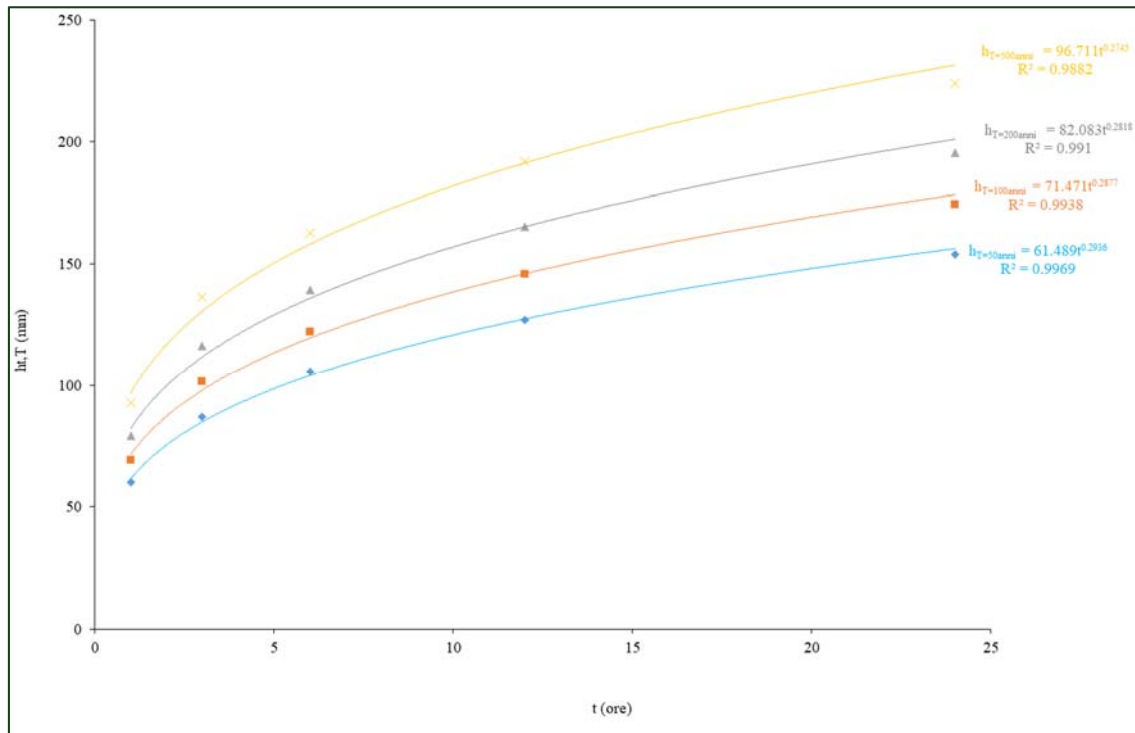


Fig. 4: Curva di probabilità pluviometrica del bacino del Torrente Cordari

4.3. PLUVIOGRAMMI DI CALCOLO

Il **pluviogramma di calcolo**, che costituisce il principale dato d'ingresso del metodo afflussi/deflussi, è stato costruito a partire dalle altezze di pioggia cumulate $h_{t,T}$ e parziali $\Delta h_{t,T}$, stimate attraverso la curva di probabilità pluviometrica a intervalli di 1 minuto.

Al fine di ottenere un pluviogramma a un solo picco, si è adottato il metodo di composizione, riordinando gli incrementi di pioggia $\Delta h_{t,T}$, in modo da presentare un picco centrale e un andamento a campana (Figg. 5 - 8).

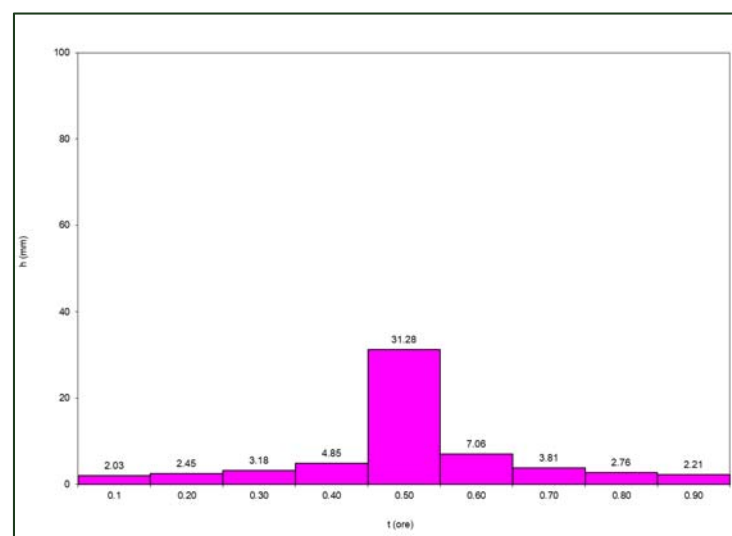


Fig. 5: Pluviogramma di calcolo per il bacino del Torrente Cordari, T = 50 anni

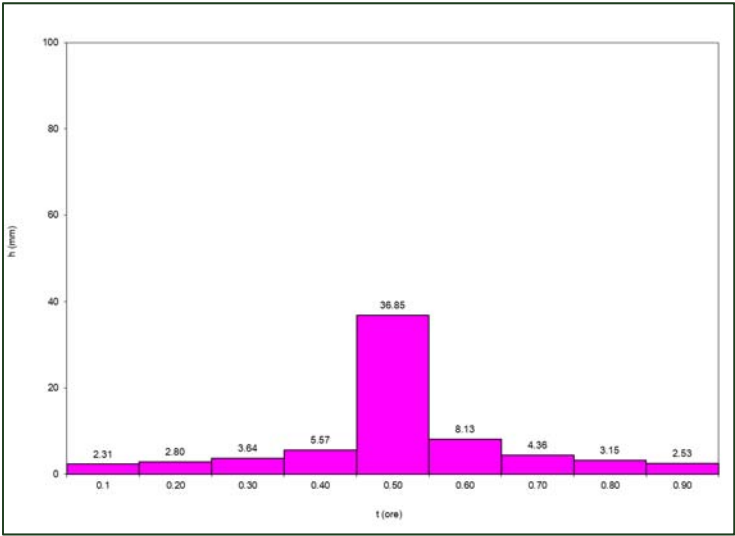


Fig. 6: Pluviogramma di calcolo per il bacino del Torrente Cordari, T = 100 anni

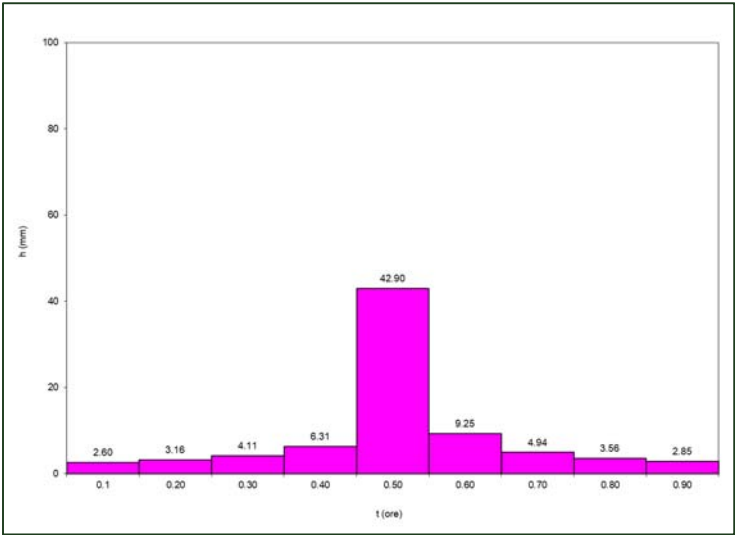


Fig. 7: Pluviogramma di calcolo per il bacino del Torrente Cordari, T = 200 anni

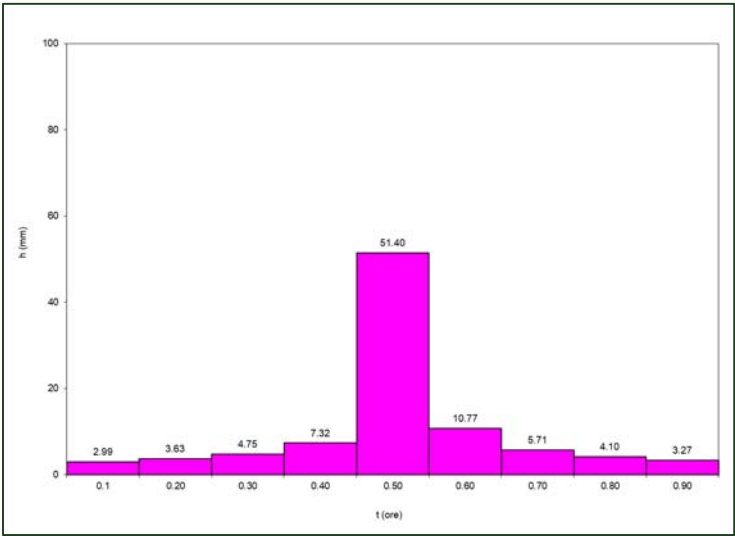


Fig. 8: Pluviogramma di calcolo per il bacino del Torrente Cordari, T = 500 anni

4.4. MODELLO AFFLUSSI/DEFLUSSI

Per la trasformazione degli afflussi meteorici (pluviogrammi di calcolo) in deflussi superficiali, si è utilizzato il programma di calcolo *HEC-HMS The Hydrologic Modeling System* del *US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center*.

Gli afflussi vengono considerati, a vantaggio di sicurezza, uniformemente distribuiti sull'intero bacino chiuso alla foce. Dapprima essi vengono depurati per ottenere le piogge nette; infatti, non tutto il volume affluito si trasforma in deflusso, poiché parte di esso viene intercettato dalla vegetazione, parte evapotraspira, parte si invasa nelle piccole depressioni superficiali del suolo e parte si infila nel terreno.

Il calcolo delle piogge nette è stato effettuato col metodo del **Curve Number (CN)** del *Soil Conservation Service (SCS)*. Partendo dall'equazione di continuità:

$$R = P - S$$

in cui, all'istante t , R (mm) rappresenta l'altezza d'acqua complessivamente defluita, P (mm) l'altezza di pioggia affluita e S (mm) le perdite, si ipotizza la seguente relazione di proporzionalità tra le perdite S , e la massima altezza immagazzinabile nel terreno a saturazione S' (mm):

$$S/S' = R/P$$

ottenendo:

$$R = \frac{P^2}{P + S'}$$

Considerando una perdita iniziale (*initial abstraction*) I_a (mm), antecedente all'inizio dei deflussi, risulta:

$$R = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S'}$$

Poiché l'altezza massima immagazzinabile nel terreno a saturazione S' è ricavabile in funzione dell'indice CN , variabile tra 0 e 100 e tabulato dal *SCS* in funzione del tipo di terreno, dell'utilizzazione del suolo e delle condizioni antecedenti di umidità:

$$S' = \frac{25400}{CN} - 254$$

il deflusso R è ricavabile, nota l'altezza di pioggia, se si conoscono i valori di I_a e CN .

Per la stima di I_a , il *SCS* suggerisce la relazione empirica $I_a = 0.2 S'$, ma Wisner ritiene più cautelativamente porre $I_a = 2 \div 3$ mm.

La trasformazione delle piogge nette in deflussi superficiali è stata effettuata adoperando il metodo dell'**idrogramma unitario** del *SCS*, che richiede come unico parametro d'ingresso il tempo di ritardo t_{lag} (ore), pari all'intervallo di tempo che separa i baricentri del pluviogramma efficace e dell'idrogramma. Si può porre $t_{lag} = 0.6 t_c$, essendo t_c il tempo di corrivazione del bacino.

L'istante e la portata di picco sono espressi come segue:

$$t_{picco} = 0.5\Delta t + t_{lag}$$

$$Q_{picco} = 0.208 \frac{A}{t_{picco}}$$

essendo t_{picco} (ore) il tempo cui si manifesta il picco dell'idrogramma, Δt (ore) la durata della pioggia netta, Q_{picco} (m³/s) la portata massima dell'idrogramma riferita all'unità di pioggia e A (km²) l'area del bacino.

La portata è ottenuta con la seguente espressione, che rappresenta la discretizzazione dell'integrale di convoluzione:

$$Q(i) = \sum_{j=1}^i U(j)P(i-j+1)$$

dove $Q(i)$ è la portata alla fine dell'intervallo i-esimo, $U(j)$ è la j-esima ordinata dell'idrogramma unitario e $P(i)$ è l'afflusso netto all'intervallo i-esimo.

I dati d'ingresso di *HEC-HMS*, per le applicazioni presenti, sono stati il pluviogramma di calcolo determinato per i tempi di ritorno $T = 50, 100, 200$ e 500 anni, il tempo di ritardo $t_{lag} = 0.6 t_c$, la depurazione iniziale delle piogge $I_a = 2$ mm e il numero di curva CN , posto pari a 90.

Sono stati ottenuti gli **idrogrammi di piena** di cui alle *Figg. 9 - 12* e alla *Tab. 3*, nella quale compaiono i valori delle altezze di pioggia nette, della massima portata al colmo di piena Q_c , del contributo unitario $q_c = Q_c/A$, del volume defluito W_o , del volume affluito W_p , e del coefficiente di afflusso $C_a = W_o/W_p$.

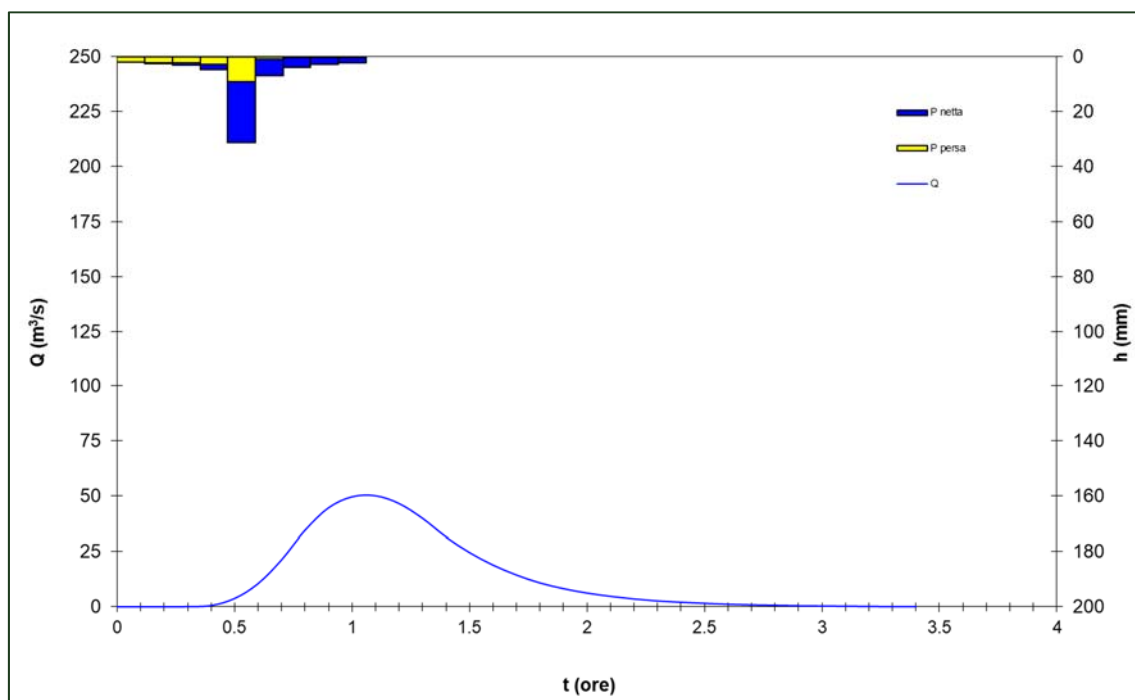


Fig. 9: Idrogramma di piena per il bacino del Torrente Cordari, $T = 50$ anni

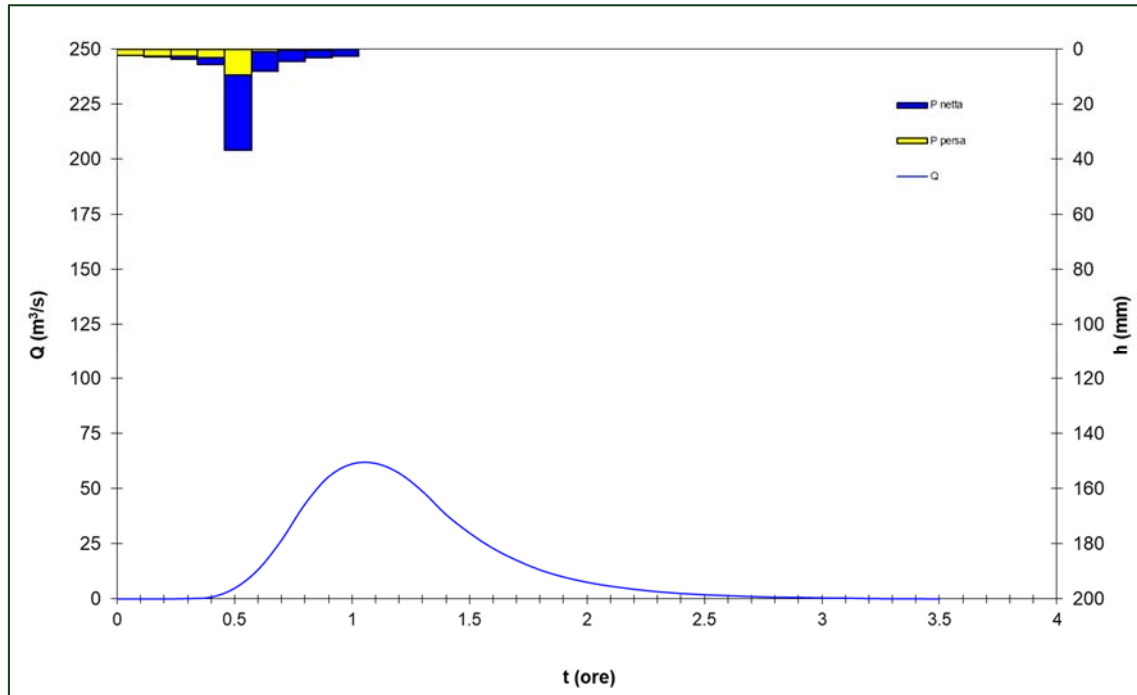


Fig. 10: Idrogramma di piena per il bacino del Torrente Cordari, $T = 100$ anni

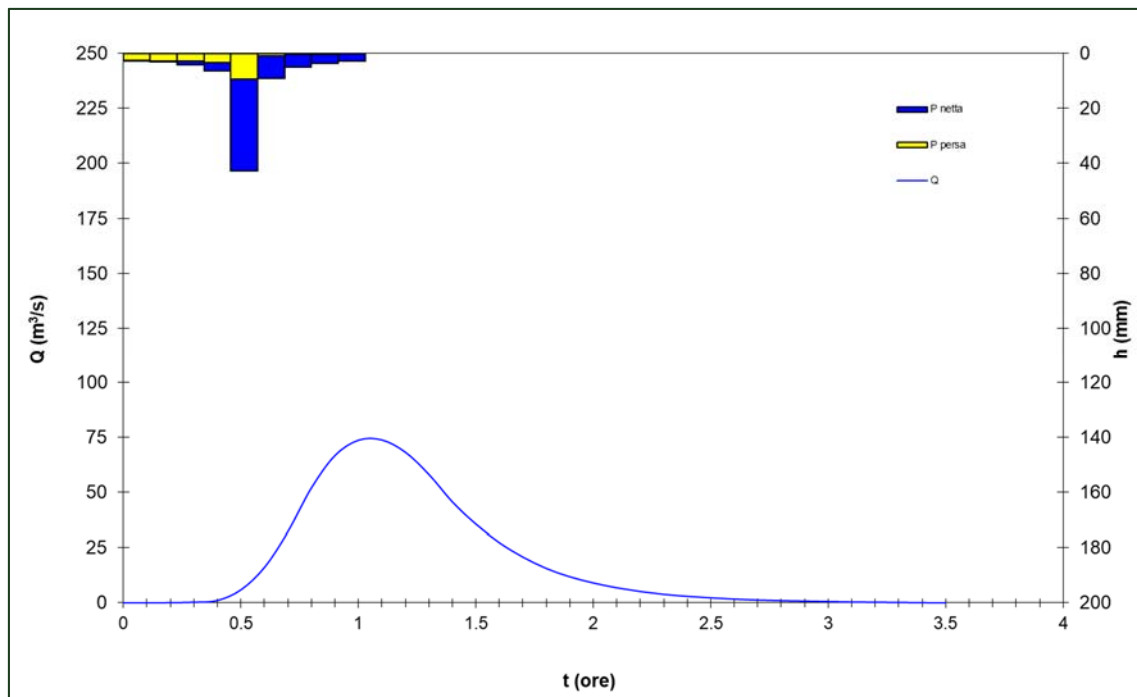


Fig. 11: Idrogramma di piena per il bacino del Torrente Cordari, $T = 200$ anni

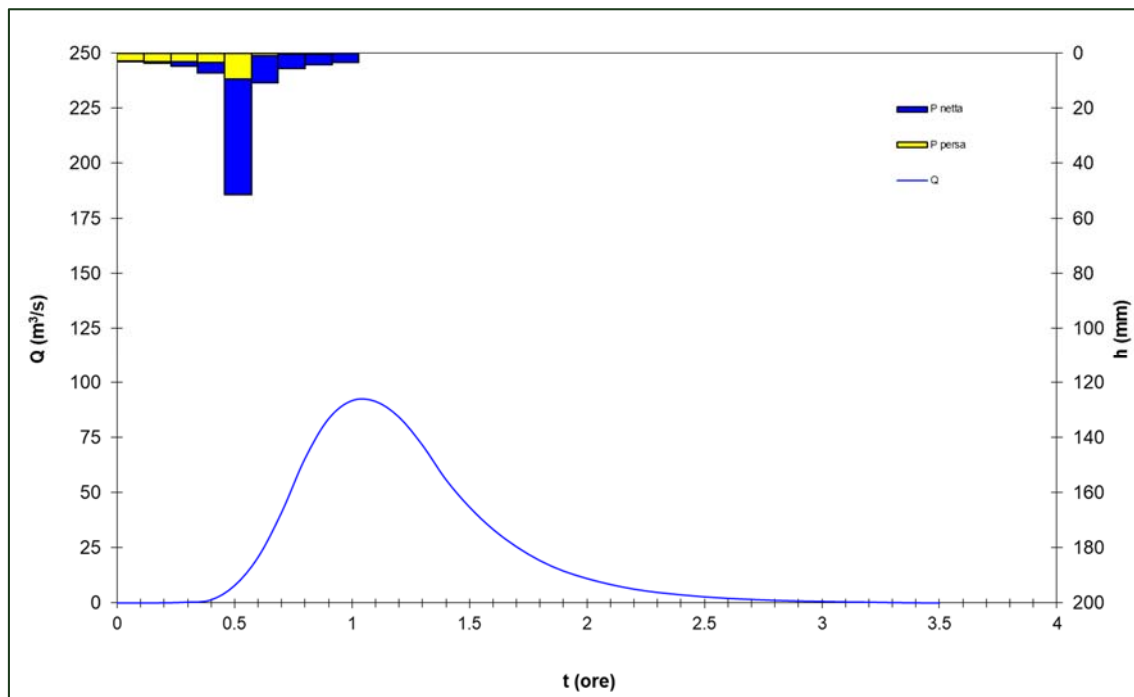


Fig. 12: Idrogramma di piena per il bacino del Torrente Cordari, $T = 500$ anni

Tab. 3: Valori delle altezze di pioggia nette, della massima portata al colmo di piena, del contributo unitario, del volume defluito, del volume affluito e del coefficiente di afflusso.

T [anni]	P _{netta} [mm]	Q _c [m³/s]	q _c [m³/s/km²]	W _Q [10 ⁶ m³]	W _P [10 ⁶ m³]	C _a
50	39	50	12.36	0.16	0.24	0.65
100	47	62	15.14	0.19	0.28	0.68
200	57	74	18.19	0.23	0.32	0.72
500	70	92	22.51	0.29	0.38	0.75

Diamante (CS), 10.12.2020

I PROGETTISTI

Arch. Francesco ARCURI

Ing. Danilo MAGURNO