

Regione Emilia Romagna
Provincia di Modena

Comune di Montecreto

MICRO-CENTRALINA IDROELETTRICA SUL
TORRENTE SCOLTENNA

Località: Traversa idraulica Mulino Camatti

F12 MAPP. 106-107-109-111-DEMANIO

General Contractor: Consult A srl Via Umberto I° n.7 41026 Pavullo n/F P.I. Giuseppe (Fabio) Bianchi



Proponente: San Lucano idroelettrica srl

Via Frattini 7 Mantova (MN)

Variante in corso d'opera al pdc n.06 del 12/07/2016

PROCEDIMENTO ASSOGGETTATO A V.I.A. L.R. 4 20/04/2008
D.LGS 387/2003

- Coordinamento tecnico: Dott. Arch. Massimo Calzolari
- Consulente Idraulico: Dott. Ing. Alberto Biondini
- Progettista e D.L Strutture: Dott. Ing. Alberto Biondini
- Consulente Paesaggista: Dott. Arch. Massimo Calzolari
- Geologia e Rumore: Geogroup srl Dott. Geol. Luigi Dallari
- Dott. Ing. Francesco Bonacini (Geogroup)
- Rilievi Topografici: Geom Vittorio Di Iorio
- Grafica e Rappresentazione: Studio Geom Cesare Ferraresi
- Progettazione e D.L. Elettrico: Studiومانarane P.I. Andrea Tagliazucchi
- Consulenza Archeologica Dott. Gianpaolo Amadori

Organizzazione Amministrativa: Rag. Martina Ancora
con sede in Sestola Via Fondovalle Scoltenna 059/7869861

ELABORATO N° 1 b - SCIA. /2023
RELAZIONE IDROLOGICA

DATA DI PROTOCOLLO: 26/10/2023
DATA PROTOCOLLO INTEGRAZIONI: .../.../.....

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

COMUNE DI MONTECRETO
Provincia di Modena

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

RELAZIONE IDROLOGICA

Sommario

1	DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	3
1.1	IL MODELLO IDROLOGICO	4
1.1.1	Fase a): Classificazione di permeabilità dei suoli mediante il Curve Number e separazione della pioggia	6
1.1.2	Fase b) Formazione della piena con il metodo dell' IUH del SCS CN	10
1.1.3	Fase c) Propagazione della piena	17
1.2	IDROGRAMMI DI PIENA	19
1.2.1	Tempo di ritorno Tr 20 anni	20
1.2.2	Tempo di ritorno Tr 100 anni	22
1.2.3	Tempo di ritorno Tr 200 anni	24
1.2.4	Tempo di ritorno Tr 500 anni	26
2	CONCLUSIONI	28

1 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Al fine della determinazione delle difese spondali, delle quote d'imposta dei muri di difesa o dei coronamenti degli argini, per una corretta valutazione degli effetti indotti dalle opere in progetto sul sistema fiume o quelle che il fiume può indurre sulle opere, oltre ovviamente a maturare una visione completa e strutturale degli interventi in oggetto, occorre definire l'entità della portate di piena sul torrente Scoltenna nel tratto interessato dal progetto e più in dettaglio particolarmente si deve stabilire il loro valore alla zona di presa.

Infatti, la determinazione del valore della portata di piena, caratterizzante il corso d'acqua in una sezione fluviale, risulta essere di importanza fondamentale sia per la verifica delle opere, che devono essere in grado di garantire un corretto funzionamento anche in condizioni critiche, sia per garantire profili idraulici del pelo libero congruenti con le caratteristiche dell'alveo anche in seguito all'intervento in progetto.

Nello studio dell'Autorità di Bacino per il fiume Po, "interventi sulla rete idrografica e sui versanti"- Legge 18 Maggio 1989 n.183 art.17 comma 6ter – Direttiva 2 non viene trattato il Torrente Scoltenna ma solo parte del bacino del Fiume Panaro, e a quote inferiori, pertanto si procederà alla determinazione delle portate critiche di pioggia mediante un modello di trasformazione afflussi deflussi.

Il modello afflussi deflussi utilizzato è stato implementato con il software HEC-HMS nella release 4.11, sviluppato dall' Hydrologic Engineering Center del U.S. Army Corps of Engineers (USACE) [<http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms>], di cui si riporta lo schema costitutivo ricavato sul DTM disponibile nel geoportale della Regione Emilia Romagna.

[<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/download/download-data?type=raster>]

Con la procedura automatizzata del software si è individuato il bacino idrografico del Torrente Scoltenna alla sezione di chiusura di Mulino di Camatti, e quindi alla individuazione del torrente e dei suoi principali sottobacini, riportato nella Fig. 01 sullo

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna Località Mulino di Camatti

stesso DTM georeferenziato.

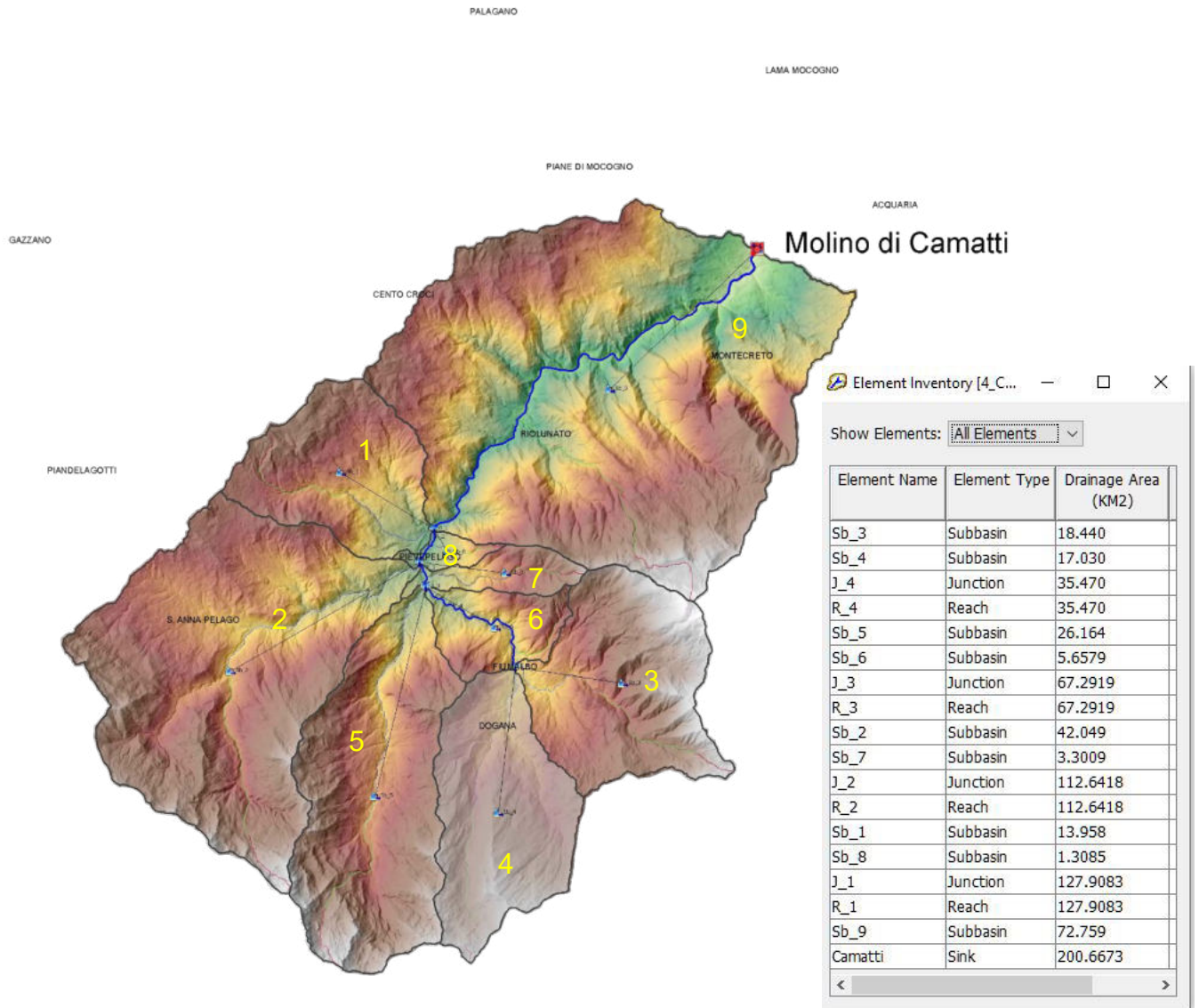


Fig. 01: Modello idrologico del bacino del Torrente Scoltenna alla sezione di chiusura di Mulino di Camatti. Suddivisione nei 9 sottobacini maggiori con numerazione in colore giallo. Del (HEC HMS 4.11). L'area sottesa è $A = 200.7 \text{ Km}^2$

1.1 IL MODELLO IDROLOGICO

La trasformazione afflussi deflussi che avviene in un bacino idrografico investito da un evento pluviometrico può essere studiato con vari metodi a seconda dei dati disponibili, del grado di dettaglio e dell'accuratezza voluti, e possono essere così raggruppati:

- Concettuali: quando il fenomeno viene schematizzato nel dettaglio e scomposto nelle diverse componenti per ognuna delle quali si implementa un modello matematico di simulazione di ciò che avviene nella realtà (IUH, cinematico);
- Statistici: quando si fa unicamente un'analisi statistica dei deflussi. Le portate di piena vengono valutate con equazioni matematiche che possono dipendere anche da caratteristiche morfologiche dello stesso bacino (come metodi di regionalizzazione delle piene);
- Formule empiriche: quando le portate massime vengono calcolate sulla base di semplici relazioni ricavate da serie di dati sperimentali e misurati.

In questo caso si adotta il metodo concettuale che è quello implementato nel codice di calcolo HEC HMS in cui la trasformazione afflussi deflussi viene scomposta in:

- a) separazione delle piogge;
- b) formazione della piena;
- c) propagazione della piena;
- d) deflusso di base.

Fase a): separazione della pioggia (calcolo della pioggia netta) si adotta il metodo **Curve Number (CN)** del Soil Conservation Service (SCS);

Fase b): formazione della piena con il metodo dell'**Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH)** del Soil Conservation Service (SCS);

Le perdite nel bacino e l'IUH sono stati schematizzati secondo quanto proposto nel metodo identificabile come SCS-CN (SCS Curve Number). Il metodo permette, tramite un'operazione di convoluzione, di passare dalle piogge nette alle portate e quindi di ottenere, noto un idrogramma misurato o di progetto, un corrispondente idrogramma di piena.

Per la costruzione del modello è stato necessario determinare:

- alcune caratteristiche dei bacini (tempo di ritardo, area del bacino, valori dei CN

per le diverse aree);

- gli ietogrammi di progetto.

Fase c): propagazione della piena. Nei vari rami ($R_1 \dots R_4$) che uniscono i punti di convergenza dei sottobacini ($J_1 \dots J_4$) si applica il **Lag Time**, il tempo di ritardo nella traslazione dell'idrogramma dalla sezione di monte a quella di valle del singolo tronco.

Il modello afflussi-deflussi utilizzato, in particolare, risulta essere molto sensibile al tempo di ritardo assegnato al singolo bacino.

Fase d): non si considera il deflusso di base.

1.1.1 Fase a): Classificazione di permeabilità dei suoli mediante il Curve Number e separazione della pioggia

L'approccio¹ su cui si basa il metodo del SCS - Curve Number prevede il calcolo del deflusso superficiale come differenza tra precipitazione e perdite per infiltrazione, includendo in un unico termine anche gli altri fattori concorrenti.

La predisposizione dei suoli a contribuire alla formazione del deflusso è considerata dipendente essenzialmente da tre fattori:

- caratteri di permeabilità dei terreni superficiali e del substrato immediatamente sottostante;
- copertura vegetale e uso del suolo;
- stato di imbibimento del terreno al momento dell'evento meteorico considerato.

Il *Curve Number* si basa su una semplice equazione di bilancio tra i valori cumulati nel tempo, durante un determinato evento, dell'afflusso I , del deflusso superficiale P , delle perdite iniziali I_w e di quelle successive F .

$$I = P + I_w + F$$

L'ipotesi alla base del metodo prevede che il rapporto tra volume di deflusso e volume

¹ Riferimento a: P.Claps, D.Poggi, "Esame funzionale e valutazione di efficienza di interventi per la messa in sicurezza idraulica del torrente Banna-Bendola", Politecnico di Torino

di pioggia depurato delle perdite iniziali resti in ogni momento uguale al rapporto tra volume delle perdite successive e volume massimo teorico delle perdite (S):

$$P/(S-I_w) = F/S$$

Le perdite iniziali sono supposte proporzionali alla massima capacità di ritenzione del suolo, S, cioè: $I_a = 0.2S$.

Attraverso la combinazione delle varie relazioni si arriva ad una stima del volume di deflusso superficiale espresso di seguito in termini di altezza di pioggia:

$$h_{netta} = \frac{(h_{lorda} - I)^2}{(h_{lorda} + S - I)}$$

Il parametro S rappresenta quindi l'unico parametro del metodo e viene espresso in funzione dell'indice adimensionale CN. Quest'ultimo si ottiene a sua volta in funzione del tipo di suolo (capacità di infiltrazione) e dell'uso del suolo (intercettazione e capacità di infiltrazione).

Il fattore S è legato a CN dalla seguente relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Il limite inferiore del CN è quindi 0, corrispondente a terreno completamente permeabile, mentre il limite superiore è 100 a cui corrisponde nessuna infiltrazione e quindi afflussi uguali ai deflussi.

Il parametro adimensionale CN viene tabulato in funzione del tipo di suolo, che viene suddiviso in quattro classi idrologiche fondamentali (A,B,C,D) (v. *Tabella 7*), e in funzione dell'uso del suolo, a sua volta classificato in un numero molto elevato di classi, dipendenti dai tipi colturali, dal livello di antropizzazione, etc.

Il metodo è intensamente applicato negli Stati Uniti, dove l'intero territorio è stato classificato nelle quattro classi fondamentali di suolo. Recentemente sono stati proposti metodi analitici che consentono, tramite le proprietà tessiturali e

granulometriche dei terreni, l'applicazione del metodo per terreni non mappati attraverso la determinazione di un *indice geopedologico* (Borselli et al., 1992; Busoni et al., 1995).

Il metodo del *Curve Number* consente anche di considerare lo stato iniziale di umidità del terreno e a tale scopo vengono valutati tre diversi stati dell'indice *AMC* (*Antecedent Moisture Condition I, II, III*):

- suolo asciutto;
- suolo mediamente umido;
- suolo molto umido.

Una volta stabilita la condizione iniziale di umidità del suolo, può essere ricavato il *CN* relativo. Quindi data una condizione *AMC*, il valore *CN* dipende dalle caratteristiche idrologiche di suolo

tipo idrologico di suolo (S.C.S/C.N.)	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità d'infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili contenenti considerevoli quantità d'argilla e collodi, anche se meno del gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità d'infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso medio-alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Tabella 7: Tipi idrologici di suolo individuati dal metodo del Curve Number.

Le classi di uso del suolo sono state invece definite da CORINE e sono state quindi riclassificate ed accorpate per consentire una razionale attribuzione dei valori *CN*, secondo lo schema suggerito da Carriero (2003). Le classi di uso del suolo così

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

ottenute sono riportate nella Tabella 9.

Classe d'uso del suolo	Descrizione
U	Aree urbanizzate con tessuto continuo, con superfici occupate generalmente superiori al 70%
U1	Aree urbanizzate discontinue con percentuale di superfici occupate generalmente inferiore al 79%
B	Boschi e vegetazione arborea
CA	Vegetazione arbustiva, macchia boschiva, cespugliati
C	Vegetazione erbacea, prato-pascolo
CS	Colture speciali, oliveti, vigneti
S	Seminativi
NV	Aree non vegetate
P	Aree umide

Tabella 9: Classi di uso del suolo utilizzate per la determinazione dei valori CN

In base alle informazioni sul tipo idrologico di suolo e sull'uso del suolo si è quindi proceduto a stabilire i criteri di corrispondenza con la classificazione del metodo SCS-CN al fine di ottenere il parametro CN per ogni cella considerata

Nella Tabella 10 sono riportati i valori di CN prescelti secondo il tipo di suolo e per ogni classe di uso del suolo.

Operativamente si è proceduto ricavando per ogni bacino considerato l'area ricadente in ogni classe di uso del suolo identificata in Tabella 10.

Classi di uso del suolo	Categorie di tipi idrologici di suolo		
	--> Impermeabilità -->		
	A	B	C
U	98	98	98
U1	77	85	90
CA	58	67	80
B	57	66	74
C	69	80	87
CS	62	71	78
S	55	69	78
NV	68	79	86
P	90	90	90

Tabella 10: Valori del CN prescelti in relazione al tipo e alla classe del suolo.

Procedendo in questo modo è possibile associare un valore di CN all'intero bacino moltiplicando direttamente il valore di CN attribuito alla singola sottoarea per il valore dell'area normalizzato rispetto all'area totale del bacino. Il risultato per i 9 sottobacini individuati è riportato nella Tabella riassuntiva 11.

Sottobacino	Area (Km2)	CN (SCS)
Sb_1	13.96	65.8
Sb_2	42.05	66.5
Sb_3	18.44	69.5
Sb_4	17.03	66.6
Sb_5	26.16	66.5
Sb_6	5.66	61.4
Sb_7	3.30	58.4
Sb_8	1.31	57.6
Sb_9	73.28	59.0

Tabella 11: Valori del CN calcolati per ogni sottobacino (secondo il metodo SCS CN)

1.1.2 Fase b) Formazione della piena con il metodo dell' IUH del SCS CN

Per la formazione della piena si adotta il metodo dell'**Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH)** del Soil Conservation Service (SCS). La definizione delle caratteristiche dell'evento pluviometrico da utilizzare per il calcolo della portata massima prevedibile viene fatta sulla base dei cosiddetti modelli di trasformazione afflussi-deflussi.

Il dimensionamento dei presidi di salvaguardia e delle opere idrauliche richiede di individuare i massimi afflussi meteorici ragionevolmente prevedibili su quel determinato bacino. Gli eventi meteorici possono essere caratterizzati mediante le "curve segnalatrici di possibilità pluviometrica" (CPP), relazioni funzionali che correlano, per ciascun tempo di ritorno T_r , l'altezza di pioggia h (mm) alla durata t (ore) della pioggia stessa, del tipo:

$$h(t) = a t^n$$

ove a ed n sono parametri stimati mediante interpolazione dei punti $(t, h)_{T_r}$ in un

diagramma in scala logaritmica.

Per i dati di pioggia da utilizzare nei metodi di trasformazione afflussi-deflussi si fa riferimento a quanto riportato nel "**Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)**, *Interventi sulla rete idrografica e sui versanti, Legge 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6ter, Adottato con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 18 in data 26 aprile 2001, - 7. Norme di attuazione, Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica, - Allegato 3, Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense, Parametri delle linee segnalatrici di probabilità pluviometrica per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni*" identificando il bacino in oggetto all'interno della distribuzione della griglia di distribuzione spaziale delle precipitazioni intense con celle di 2 Km di lato.

Il bacino del Torrente Scoltenna è compreso nella tavola 17 sulle quale si riporta il modello digitale del terreno DTM (Digital Terrain Model) fornito dalla Regione Emilia Romagna con maglia 5x5 metri, ed elaborato con il codice HEC-HMS (Fig. 01):

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna Località Mulino di Camatti

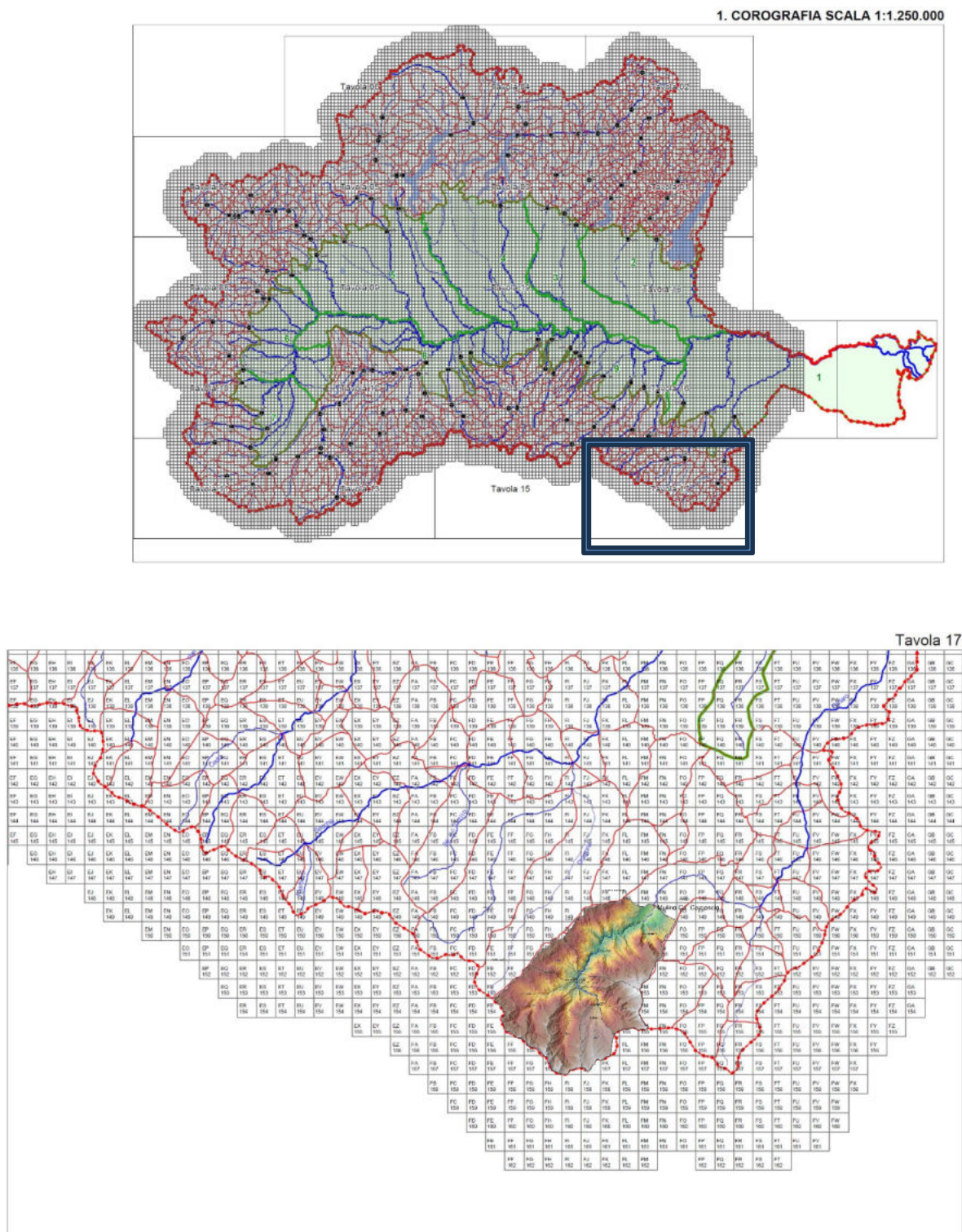


Fig. 02: Dal PAI: Bacino idrografico del Torrente Scoltenna a Ca' Camosci – Corografia – Tav. 17

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

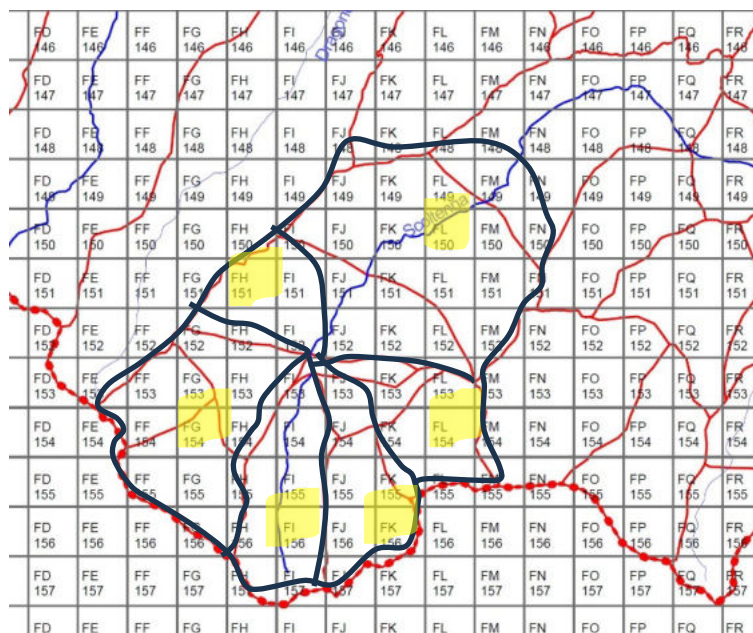


Fig. 03: Schema del bacino idrografico del Torrente Scoltenna – celle della griglia di distribuzione spaziale delle precipitazioni intense di riferimento evidenziate in giallo. Per la numerazione dei bacini vedi la Fig. 01

Le celle a cui far riferimento per la scelta dei parametri delle curve segnalatrici di possibilità climatica vengono individuate nelle posizioni indicate con evidenziatore giallo trasparente. I relativi dati sono i seguenti:

Cella	Coordinate Est UTM cella di calcolo	Coordinate Nord UTM cella di calcolo	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
-------	---	--	---------	---------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

Sottobacino Sb 1

FH151	627000,00000	4899000,00000	46,64	0,395	60,49	0,385	66,42	0,382	74,24	0,379
-------	--------------	---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sottobacino Sb_2

FG154	625000,00000	4893000,00000	47,95	0,459	61,93	0,451	67,91	0,449	75,81	0,447
-------	--------------	---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sottobacini Sb_3 - Sb_6 - Sb_7 - Sb_8

FL154	635000,00000	4893000,00000	48,21	0,375	62,54	0,362	68,68	0,359	76,82	0,355
-------	--------------	---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Sottobacino Sb 4

FK156	633000,00000	4889000,00000	48,07	0,410	62,22	0,398	68,29	0,395	76,32	0,391
-------	--------------	---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

Sottobacino Sb_9

FL 150	635000,00000	4901000,00000	49,95	0,278	65,80	0,265	72,55	0,261	81,51	0,257
--------	--------------	---------------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

Tabella 12: Stralcio della “Regionalizzazione - Allegato 3”, celle idrologiche FL 150 (valle); FI 154 (monte)

Sono quindi state calcolate le altezze di pioggia h per varie durate t per le due celle di riferimento e per i vari tempi di ritorno, riassunti nella Tabella 13:

Sottobacino Sb_1 cella FH 151					Sottobacino Sb_2 cella FG 154					Sottobacini Sb_3, 6, 7, 8 cella FL 154				
FH 151	TR20	TR100	TR200	TR500	FG 154	TR20	TR100	TR200	TR500	FL 154	TR20	TR100	TR200	TR500
a	46.40	60.49	66.42	74.24	a	47.95	61.93	67.91	75.81	a	48.21	62.54	68.68	76.82
n	0.395	0.385	0.382	0.379	n	0.459	0.451	0.449	0.447	n	0.375	0.362	0.359	0.355
ore					ore					ore				
0.17	22.86	30.35	33.50	37.65	0.17	21.07	27.60	30.38	34.03	0.17	24.62	32.69	36.10	40.67
0.25	26.84	35.47	39.11	43.90	0.25	25.38	33.14	36.44	40.79	0.25	28.67	37.86	41.75	46.96
0.50	35.29	46.32	50.97	57.09	0.50	34.88	45.30	49.75	55.61	0.50	37.17	48.66	53.55	60.06
1.00	46.40	60.49	66.42	74.24	1.00	47.95	61.93	67.91	75.81	1.00	48.21	62.54	68.68	76.82
2.00	61.01	78.99	86.56	96.54	2.00	65.91	84.66	92.70	103.34	2.00	62.52	80.38	88.08	98.25
3.00	71.61	92.34	101.06	112.58	3.00	79.39	101.64	111.21	123.88	3.00	72.79	93.08	101.89	113.46
6.00	94.16	120.58	131.69	146.41	6.00	109.13	138.95	151.82	168.87	6.00	94.39	119.63	130.67	145.12
12.00	123.82	157.46	171.61	190.39	12.00	150.01	189.94	207.25	230.21	12.00	122.41	153.75	167.59	185.60

Sottobacino Sb_4 cella FK 156					Sottobacino Sb_5 cella FI 156					Sottobacino Sb_9 cella FL 150				
FK 156	TR20	TR100	TR200	TR500	FI 156	TR20	TR100	TR200	TR500	FL 150	TR20	TR100	TR200	TR500
a	48.70	62.22	68.29	76.32	a	47.69	61.69	67.68	75.62	a	49.95	65.80	72.55	81.51
n	0.410	0.398	0.395	0.391	n	0.435	0.425	0.422	0.418	n	0.278	0.265	0.261	0.257
ore					ore					ore				
0.17	23.36	30.49	33.65	37.88	0.17	21.87	28.81	31.77	35.76	0.17	30.35	40.93	45.45	51.43
0.25	27.59	35.84	39.50	44.38	0.25	26.09	34.22	37.70	42.36	0.25	33.98	45.57	50.52	57.08
0.50	36.65	47.22	51.93	58.20	0.50	35.28	45.95	50.52	56.60	0.66	44.50	58.94	65.09	73.25
1.00	48.70	62.22	68.29	76.32	1.00	47.69	61.69	67.68	75.62	1.00	49.95	65.80	72.55	81.51
2.00	64.71	81.99	89.80	100.08	2.00	64.47	82.82	90.68	101.03	2.00	60.57	79.07	86.94	97.40
3.00	76.41	96.34	105.40	117.27	3.00	76.91	98.40	107.60	119.69	3.00	67.79	88.04	96.64	108.10
6.00	101.52	126.95	138.59	153.78	6.00	103.97	132.11	144.16	159.92	6.00	82.20	105.79	115.81	129.18
12.00	134.89	167.28	182.24	201.65	12.00	140.56	177.36	193.14	213.67	12.00	99.67	127.12	138.77	154.37

Tabella 13: Altezze di pioggia per Tr 20-100-200-500 anni per le celle idrologiche di riferimento

I sottobacini individuati dalla procedura automatizzata del codice di calcolo e secondo il metodo SCS CN sono così caratterizzati:

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

Subbasin Characteristics [4_Camatti]

Filter: --None-- Sorting: Alphabetic

Subbasin	Longest Flowpath Length (KM)	Longest Flowpath Slope (M/M)	Centroidal Flowpath Length (KM)	Centroidal Flowpath Slope (M/M)	10-85 Flowpath Length (KM)	10-85 Flowpath Slope (M/M)	Basin Slope (M/M)	Basin Relief (M)	Relief Ratio
Sb_1	6.78670	0.12417	2.97473	0.08372	5.09003	0.11261	0.34539	864.36505	0.12736
Sb_2	13.50824	0.09150	6.80691	0.03938	10.13118	0.07004	0.38043	1240.97998	0.09187
Sb_3	7.71730	0.12980	3.28263	0.06843	5.78797	0.11250	0.42332	1246.17914	0.16148
Sb_4	8.68416	0.11614	4.18962	0.08558	6.51312	0.09699	0.39548	1008.53906	0.11614
Sb_5	12.06850	0.09907	6.29063	0.05077	9.05137	0.08413	0.46221	1227.53503	0.10171
Sb_6	6.15901	0.13024	2.21284	0.05026	4.61926	0.10398	0.49454	802.57104	0.13031
Sb_7	5.04335	0.19505	2.80668	0.12526	3.78251	0.17097	0.43951	990.00208	0.19630
Sb_8	2.45345	0.24477	0.87141	0.11054	1.84009	0.25726	0.34658	600.53101	0.24477
Sb_9	17.07323	0.09757	5.74765	0.01663	12.80492	0.08614	0.40854	1666.32303	0.09760

Tabella 14: Principali caratteristiche dei sottobacini calcolati dal software

Sottobacino	Area (Km2)	CN (SCS)	S	Tc(min)	Tlag (min)
Sb_1	13.96	65.8	132.02	22.96	11.48
Sb_2	42.05	66.5	127.95	45.39	22.69
Sb_3	18.44	69.5	111.47	22.13	11.06
Sb_4	17.03	66.6	127.38	28.20	14.10
Sb_5	26.16	66.5	127.95	39.86	19.93
Sb_6	5.66	61.4	159.68	23.67	11.84
Sb_7	3.30	58.4	180.93	17.99	8.99
Sb_8	1.31	57.6	186.97	9.23	4.61
Sb_9	73.28	60.5	165.83	63.48	31.74

Tabella 15: Tc (tempo di corrvazione) e Tlag (ritardo) calcolati secondo il metodo SCS CN per i vari sottobacini

Viene infine definito l'evento meteorologico con il metodo dell'**Idrogramma Unitario Istantaneo (IUH)** del Soil Conservation Service (SCS).

Si adotta il modello meteorologico definito Frequency Storm (sostanzialmente uno ietogramma tipo Chicago, quindi particolarmente severo) caratterizzato dai seguenti parametri generali:

- Durata dell'evento: 12 ore
- Durata del picco 1 ora
- Posizione del picco 33 % della durata complessiva

- Riduzione per area non considerata

Le schermate che definiscono il modello meteorologico sono le seguenti:

Frequency Storm	
Met Name: 2-CPP_TR_020 picco a 1/3	
Annual-Partial Conversion:	--None--
Annual-Partial Ratio:	1.00
Storm Duration:	12 Hours
Intensity Duration:	1 Hour
Intensity Position:	33 Percent
Area Reduction:	--None--
Spatial Distribution:	Variable By Subbasin

Fig. 04: Modello meteorologico: definizione delle caratteristiche generali dell'evento

Frequency Storm	
Element Name: Sb_9	
Duration	Depth (MM)
5 Minutes	
10 Minutes	
15 Minutes	
30 Minutes	
1 Hour	49.95
2 Hours	60.57
3 Hours	67.79
6 Hours	82.2
12 Hours	99.67

Fig. 05: Modello meteorologico: definizione dell'IUH per il sottobacino Sb_9, Cella FL 150 per il tempo di ritorno Tr 20 anni (Cfr. Tab.13)

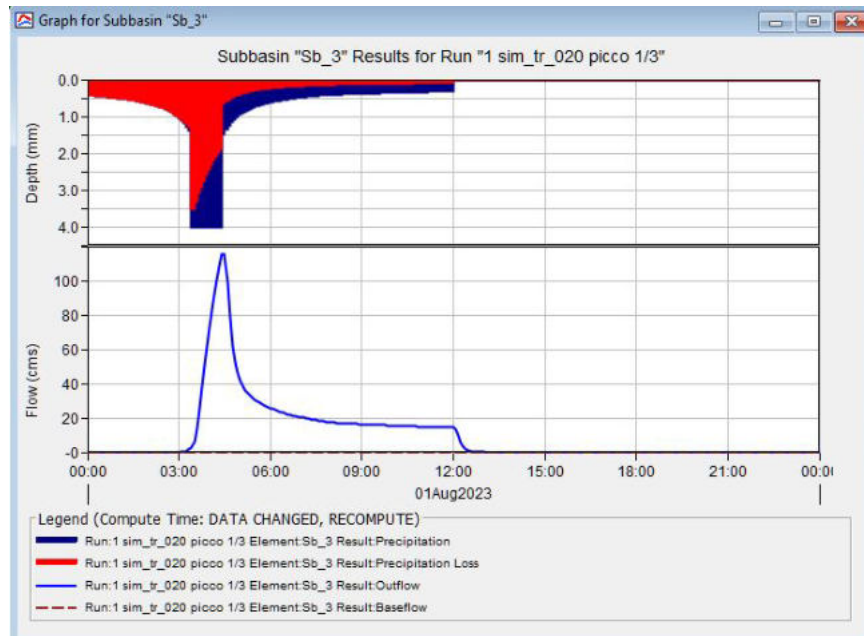


Fig. 06: S_b3 - letogramma di progetto per Tr 20 anni. Output per il sottobacino Sb_3. In alto l'altezza di pioggia, in basso l'idrogramma risultante.

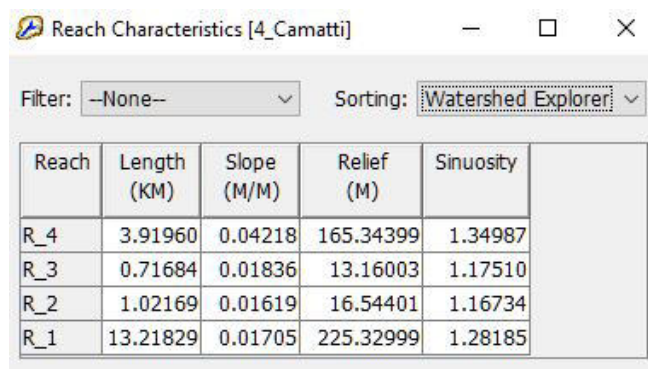
1.1.3 Fase c) Propagazione della piena

.Nei vari rami (R_1.....R_4) che uniscono i punti di convergenza dei sottobacini (J_1.....J_4) si inserisce il tempo di transito dell'onda di piena, cioè si applica il **Lag Time**, il ritardo nella traslazione dell'idrogramma dalla sezione di monte a quella di valle del singolo tronco.

Il tempo di ritardo viene calcolato in base alle caratteristiche idrauliche dei vari tronchi di collegamento del torrente, le cui caratteristiche sono state definite in automatico dal software sulla base del DTM disponibile. Per ogni tronco sono stati calcolati:

- Lunghezza
- Pendenza
- Differenza di quota tra monte e valle
- Sinuosità

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

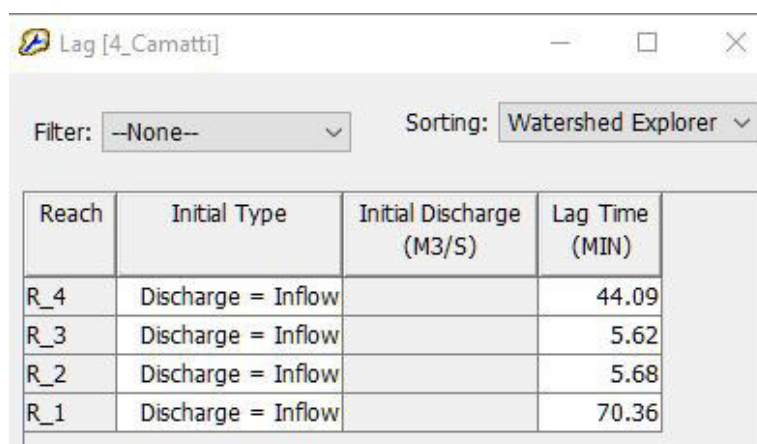


Reach	Length (KM)	Slope (M/M)	Relief (M)	Sinuosity
R_4	3.91960	0.04218	165.34399	1.34987
R_3	0.71684	0.01836	13.16003	1.17510
R_2	1.02169	0.01619	16.54401	1.16734
R_1	13.21829	0.01705	225.32999	1.28185

Tabella 16: caratteristiche dei rami di collegamento dei punti di convergenza dei sottobacini calcolati dal software HEC HMS

Per ognuno dei tronchi viene calcolata indicativamente la velocità (mediante HEC RAS) e, in funzione della lunghezza, il tempo di ritardo (Lag Time) e inserito nel modello come input:

Rami	Lungh. (Km)	sinuosità	velocità (m/s)	TLag (minuti)
R_4	3.9196	1.35	2.00	44.09
R_3	0.7168	1.18	2.50	5.62
R_2	1.0217	1.17	3.50	5.68
R_1	13.2183	1.28	4.00	70.36



Reach	Initial Type	Initial Discharge (M3/S)	Lag Time (MIN)
R_4	Discharge = Inflow		44.09
R_3	Discharge = Inflow		5.62
R_2	Discharge = Inflow		5.68
R_1	Discharge = Inflow		70.36

Tabella 17: calcolo del Lag Time per ognuno dei tronchi del modello e inserimento nel modello

1.2 IDROGRAMMI DI PIENA

Completato l'inserimento di tutte le quattro componenti del modello (*Basin Models, Meteorologic Models, Control Specifications, Terrain Data*), le simulazioni idrologiche sul bacino del Torrente Scoltenna sono state condotte per i tempi di ritorno riportati nel PAI: Tr 20, Tr 100, Tr 200, Tr 500 con riferimento alle CPP delle celle significative per dei bacini idrografici.

Nel seguito si riportano le tabelle riassuntive e gli idrogrammi di piena risultanti dalla modellazione idrologica condotta con HEC HMS 4.11.

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

1.2.1 Tempo di ritorno Tr 20 anni

Global Summary Results for Run "1_Sim_tr_020 picco a 1/3"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 1_Sim_tr_020 picco a 1/3

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 1-CPP_TR_020 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Camatti	200.7	590.1	1 August 2023, 05:50	39.92
J_1	127.9	527.1	1 August 2023, 04:40	51.81
J_2	112.6	481.1	1 August 2023, 04:35	53.39
J_3	67.3	262.6	1 August 2023, 05:15	49.68
J_4	35.5	199.9	1 August 2023, 04:30	48.90
R_1	127.9	527.1	1 August 2023, 05:50	51.81
R_2	112.6	481.1	1 August 2023, 04:40	53.39
R_3	67.3	262.6	1 August 2023, 05:20	49.68
R_4	35.5	197.7	1 August 2023, 05:15	48.90
Sb_1	14.0	72.6	1 August 2023, 04:25	41.36
Sb_2	42.0	239.8	1 August 2023, 04:35	61.34
Sb_3	18.4	115.0	1 August 2023, 04:30	47.37
Sb_4	17.0	88.2	1 August 2023, 04:35	50.56
Sb_5	26.2	155.2	1 August 2023, 04:30	54.41
Sb_6	5.7	22.5	1 August 2023, 04:30	32.72
Sb_7	3.3	11.2	1 August 2023, 04:30	27.83
Sb_8	1.3	4.9	1 August 2023, 04:25	26.57
Sb_9	72.8	159.2	1 August 2023, 04:50	19.04

Summary Results for Sink "Camatti"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 1_Sim_tr_020 picco a 1/3
Sink: Camatti

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 1-CPP_TR_020 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 590.1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ago2023, 05:50
Volume: 39.92 (MM)	

Tabelle 18: Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. Tabelle riassuntive - $Q_{\max} Tr_{20} = 590.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

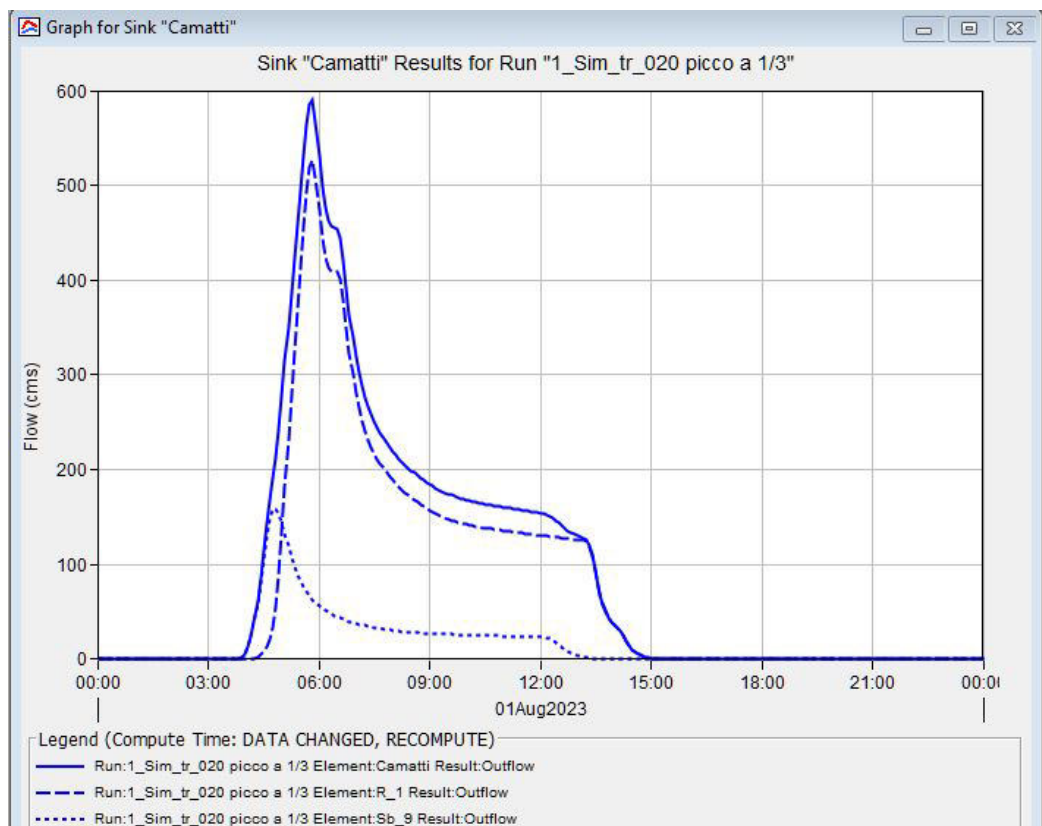


Fig. 07: Idrogramma di piena Tr 20 anni

Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. - $Q_{\max Tr20} = 590.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Sono riportati anche i contributi dell'ultimo sottobacino S_b9 (punteggiato) e dell'ultimo tronco di collegamento R1 (contributo di monte, tratteggiato)

La portata di piena con un tempo di ritorno **Tr 20** anni risulta dunque:

$$Q_{\max Tr 20} = \mathbf{590.1 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

1.2.2 Tempo di ritorno Tr 100 anni

Global Summary Results for Run "2_Sim_tr_100 picco a 1/3"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 2_Sim_tr_100 picco a 1/3

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 2-CPP_TR_100 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: ☒ All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Watershed Explorer

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Sb_3	18.4	180.6	1 August 2023, 04:25	71.14
Sb_4	17.0	139.7	1 August 2023, 04:35	74.70
J_4	35.5	315.9	1 August 2023, 04:30	72.85
R_4	35.5	311.8	1 August 2023, 05:15	72.85
Sb_5	26.2	246.2	1 August 2023, 04:25	82.34
Sb_6	5.7	39.5	1 August 2023, 04:30	52.71
J_3	67.3	411.1	1 August 2023, 05:10	74.85
R_3	67.3	411.1	1 August 2023, 05:15	74.85
Sb_2	42.0	379.8	1 August 2023, 04:35	92.41
Sb_7	3.3	20.6	1 August 2023, 04:30	46.30
J_2	112.6	792.0	1 August 2023, 04:35	80.57
R_2	112.6	792.0	1 August 2023, 04:40	80.57
Sb_1	14.0	120.5	1 August 2023, 04:25	65.29
Sb_8	1.3	8.9	1 August 2023, 04:25	44.63
J_1	127.9	865.4	1 August 2023, 04:40	78.53
R_1	127.9	865.4	1 August 2023, 05:50	78.53
Sb_9	72.8	325.5	1 August 2023, 04:45	33.98
Camatti	200.7	973.1	1 August 2023, 05:45	62.38

Summary Results for Sink "Camatti"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 2_Sim_tr_100 picco a 1/3
Sink: Camatti

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 2-CPP_TR_100 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 973.1 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ago2023, 05:45
Volume: 62.38 (MM)	

Tabelle 19: Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. Tabelle riassuntive - $Q_{\max Tr100} = 973.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

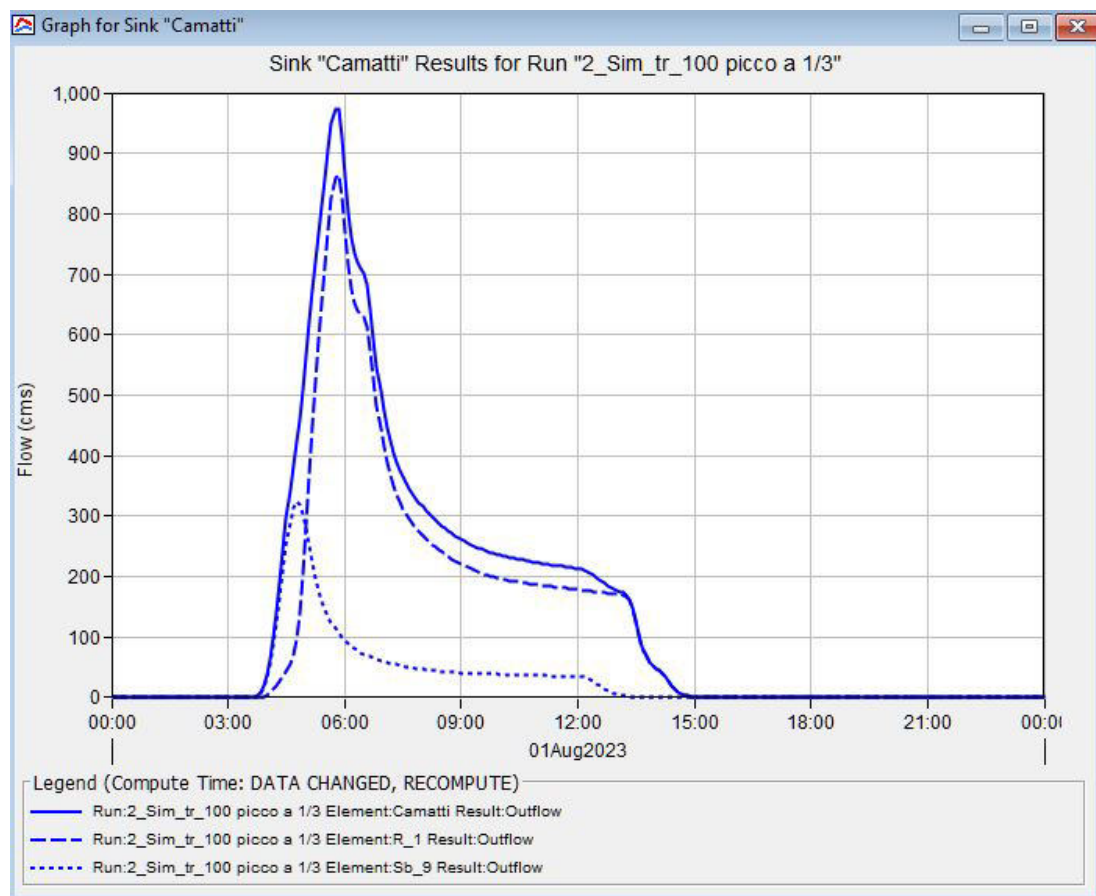


Fig. 08: Idrogramma di piena Tr 100 anni

Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. - $Q_{\max Tr100} = 973.1 \text{ m}^3/\text{s}$. Sono riportati anche i contributi dell'ultimo sottobacino S_b9 (punteggiato) e dell'ultimo tronco di collegamento R1 (contributo di monte, tratteggiato)

La portata di piena con un tempo di ritorno **Tr 100** anni risulta dunque:

$$Q_{\max Tr 100} = \mathbf{973.1 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

1.2.3 Tempo di ritorno Tr 200 anni

Global Summary Results for Run "3_Sim_tr_200 picco a 1/3"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 3_Sim_tr_200 picco a 1/3

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 3-CPP_TR_200 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Camatti	200.7	1045.8	1 August 2023, 05:45	68.20
J_1	127.9	918.0	1 August 2023, 04:40	83.62
J_2	112.6	832.5	1 August 2023, 04:35	84.91
J_3	67.3	467.7	1 August 2023, 05:10	81.67
J_4	35.5	370.0	1 August 2023, 04:30	84.27
R_1	127.9	918.0	1 August 2023, 05:50	83.62
R_2	112.6	832.5	1 August 2023, 04:40	84.91
R_3	67.3	467.7	1 August 2023, 05:15	81.67
R_4	35.5	365.0	1 August 2023, 05:15	84.27
Sb_1	14.0	141.9	1 August 2023, 04:25	76.06
Sb_2	42.0	379.8	1 August 2023, 04:35	92.41
Sb_3	18.4	210.8	1 August 2023, 04:25	82.22
Sb_4	17.0	164.4	1 August 2023, 04:35	86.49
Sb_5	26.2	246.2	1 August 2023, 04:25	82.34
Sb_6	5.7	47.5	1 August 2023, 04:30	62.31
Sb_7	3.3	25.0	1 August 2023, 04:30	55.28
Sb_8	1.3	10.7	1 August 2023, 04:25	53.44
Sb_9	72.8	406.8	1 August 2023, 04:45	41.08

Summary Results for Sink "Camatti"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 3_Sim_tr_200 picco a 1/3
Sink: Camatti

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 3-CPP_TR_200 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1045.8 (M3/S)	Date/Time of Peak Discharge: 01ago2023, 05:45
Volume: 68.20 (MM)	

Tabella 20: Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. Tabella riassuntiva - $Q_{\max} Tr_{200} = 1045.8 \text{ m}^3/\text{s}$.

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

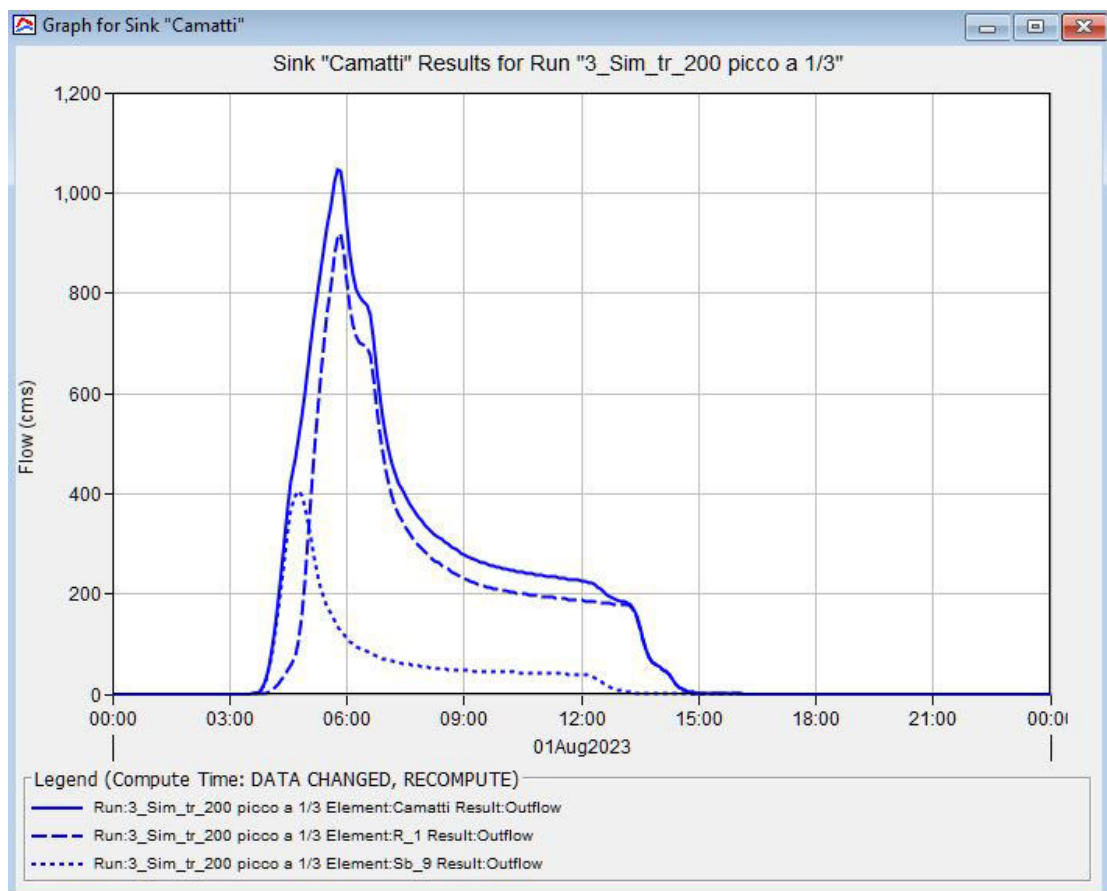


Fig. 09: Idrogramma di piena Tr 200 anni

Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. - $Q_{\max Tr200} = 1045.8 \text{ m}^3/\text{s}$. Sono riportati anche i contributi dell'ultimo sottobacino S_b9 (punteggiato) e dell'ultimo tronco di collegamento R1 (contributo di monte, tratteggiato)

La portata di piena con un tempo di ritorno **Tr 200** anni risulta dunque:

$$Q_{\max Tr 200} = \mathbf{1045.8 \text{ m}^3/\text{s}}$$

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

1.2.4 Tempo di ritorno Tr 500 anni

Global Summary Results for Run "4_Sim_tr_500 picco a 1/3"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 4_Sim_tr_500 picco a 1/3

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 4-CPP_TR_500 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Show Elements: All Elements Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3 Sorting: Alphabetic

Hydrologic Element	Drainage Area (KM2)	Peak Discharge (M3/S)	Time of Peak	Volume (MM)
Camatti	200.7	1395.7	1 August 2023, 05:45	87.11
J_1	127.9	1233.5	1 August 2023, 04:40	107.55
J_2	112.6	1131.6	1 August 2023, 04:35	110.11
J_3	67.3	575.5	1 August 2023, 04:30	102.33
J_4	35.5	443.1	1 August 2023, 04:30	99.55
R_1	127.9	1233.5	1 August 2023, 05:50	107.55
R_2	112.6	1131.6	1 August 2023, 04:40	110.11
R_3	67.3	575.5	1 August 2023, 04:35	102.33
R_4	35.5	438.3	1 August 2023, 05:10	99.55
Sb_1	14.0	171.0	1 August 2023, 04:25	90.85
Sb_2	42.0	530.5	1 August 2023, 04:30	125.89
Sb_3	18.4	251.6	1 August 2023, 04:25	97.06
Sb_4	17.0	198.0	1 August 2023, 04:35	102.25
Sb_5	26.2	343.7	1 August 2023, 04:25	111.93
Sb_6	5.7	58.5	1 August 2023, 04:30	75.36
Sb_7	3.3	31.2	1 August 2023, 04:30	67.58
Sb_8	1.3	13.3	1 August 2023, 04:25	65.53
Sb_9	72.8	522.3	1 August 2023, 04:45	51.18

Summary Results for Sink "Camatti"

Project: 4_Camatti Simulation Run: 4_Sim_tr_500 picco a 1/3
Sink: Camatti

Start of Run: 01ago2023, 00:00 Basin Model: 4_Camatti
End of Run: 02ago2023, 00:00 Meteorologic Model: 4-CPP_TR_500 picco a 1/3
Compute Time: DATA CHANGED, RECOMPUTE Control Specifications: Control 1

Volume Units: ☒ MM ☐ 1000 M3

Computed Results

Peak Discharge: 1395.7 (M3/S) Date/Time of Peak Discharge: 01ago2023, 05:45
Volume: 87.11 (MM)

Tabella 21: Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. Tabella riassuntiva - $Q_{\max Tr500} = 1395.7 \text{ m}^3/\text{s}$.

Microcentrale idroelettrica sul Torrente Scoltenna
Località Mulino di Camatti

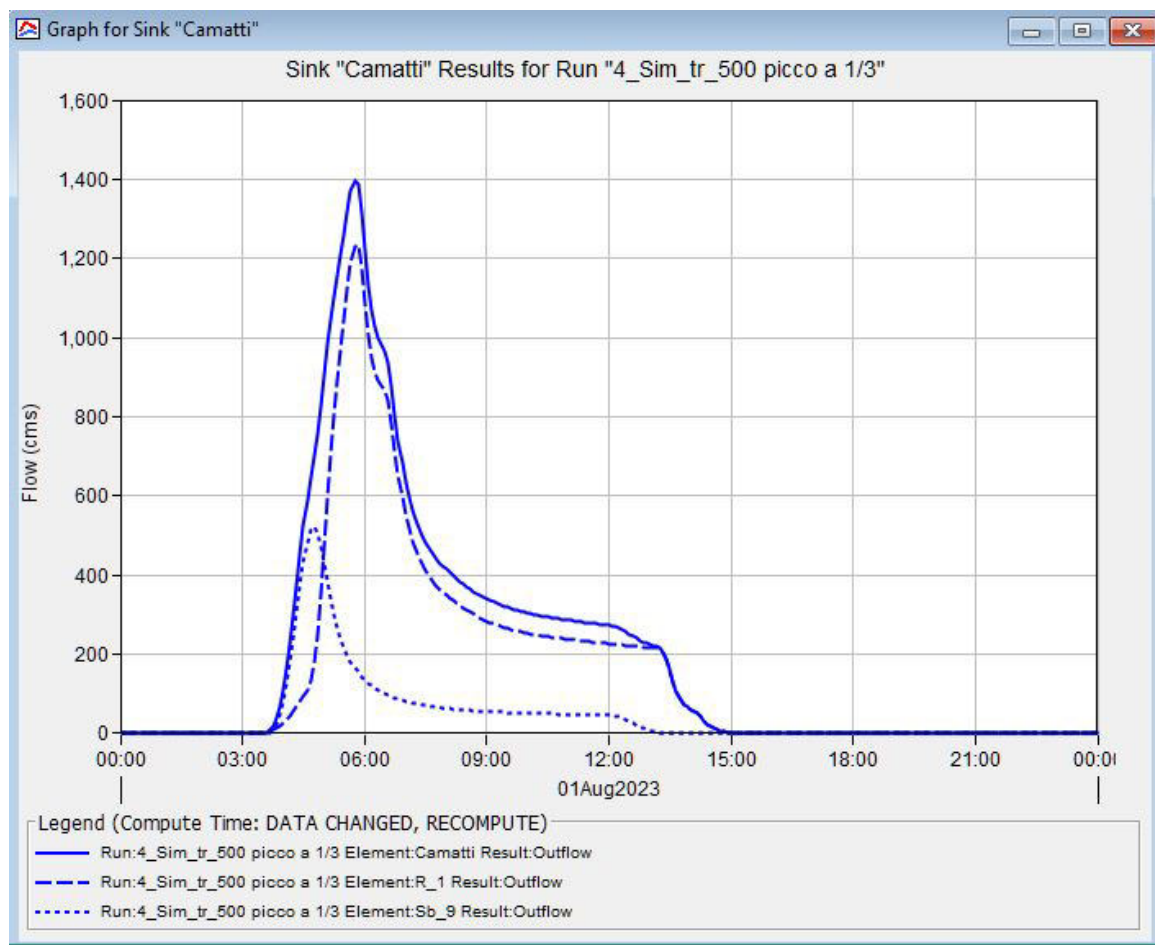


Fig. 10: Idrogramma di piena Tr 500 anni

Sezione di chiusura del bacino a Mulino di Camatti. - $Q_{\max} \text{ Tr}_{500} = 1395.7 \text{ m}^3/\text{s}$. Sono riportati anche i contributi dell'ultimo sottobacino S_b9 (punteggiato) e dell'ultimo tronco di collegamento R1 (contributo di monte, tratteggiato)

La portata di piena con un tempo di ritorno **Tr 500** anni risulta dunque:

$$Q_{\max} \text{ Tr } 500 = \mathbf{1395.7 \text{ m}^3/\text{s}}$$

2 CONCLUSIONI

Si riassumono nella tabella 22 i valori delle portate di picco per i tempi di ritorno esaminati:

PORTATE DI PICCO				
	TR20	TR100	TR200	TR500
Q _{max} (m ³ /s)	590.1	973.1	1,045.8	1,395.7

Tabella 22: Portate di picco alla sezione di chiusura del bacino a Ponte Prugneto.

Le verifiche idrauliche in condizioni estreme in corrispondenza delle sezioni del Torrente Scoltenna interessate dalle opere di progetto verranno condotte con riferimento alla portata duecentennale

$$Q_{\max \text{ Tr } 200} = \mathbf{1045.8 \text{ m}^3/\text{s}}$$

evidenziata in tabella.