

**SGC Grosseto Fano (E78).  
Tratto Nodo di Arezzo (S. Zeno) - Selci Lama (E45).  
Adeguamento a 4 corsie del tratto Le Ville - Selci Lama (E45).  
Lotto 7.**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**PG 364**

**ANAS - DIREZIONE PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE LAVORI**

<b>IL GEOLOGO</b> <i>Dott. Geol. Salvatore Marino</i> Ordine dei geologi della Regione Lazio n. 1069	<b>I PROGETTISTI SPECIALISTICI</b> <i>Ing. Ambrogio Signorelli</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. A35111	<b>PROGETTAZIONE ATI:</b> (Mandataria) <b>GP INGENNERIA</b> <i>GESTIONE PROGETTI INGENNERIA srl</i>
<b>COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE</b> <i>Arch. Santo Salvatore Vermiglio</i> Ordine Architetti Provincia di Reggio Calabria n. 1270	<i>Ing. Moreno Panfili</i> Ordine Ingegneri Provincia di Perugia n. A2657	(Mandante)  (Mandante) 
<b>L'ARCHEOLOGO</b> <i>Dott.ssa Maria Grazia Liseno</i> Elenco MIBACT n. 1646	<i>Ing. Claudio Muller</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 15754	(Mandante)  <i>Studio di Architettura e Ingegneria Moderna</i>
<b>VISTO: IL RESP. DEL PROCEDIMENTO</b> <i>Ing. Michele Consumini</i>	<i>Ing. Giovanni Suraci</i> Ordine Ingegneri Provincia di RC n. A2895	<b>IL PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE. (DPR207/10 ART 15 COMMA 12):</b>
<b>VISTO: IL RESP. DEL PROGETTO</b> <i>Arch. Pianif. Marco Colazza</i>	<i>Ing. Giuseppe Resta</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 20629	<i>Dott. Ing. GIORGIO GUIDUCCI</i> Ordine Ingegneri Provincia di Roma n. 14035 

**STUDI E INDAGINI**  
Idrologia ed Idraulica  
Relazione idrologica

<b>CODICE PROGETTO</b>		<b>NOME FILE</b>			<b>REVISIONE</b>	<b>SCALA</b>
COMP.	PROGETTO	LIV.	ANNO	N.PROG.		
DP	LO702G	D2110				
<b>CODICE ELAB.</b>		T O O I D O O I D R R E O 1			B	-
D						
C						
B	Revisione per Istr. ANAS Prot. CDG.U.0439522 23-05-2024	Giugno '24	G. Resta	G. Resta	G. Guiducci	
A	Emissione	Marzo '24	G. Resta	G. Resta	G. Guiducci	
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	

## INDICE

<b>1</b>	<b><i>PREMESSA</i></b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b><i>RIFERIMENTI NORMATIVI</i></b> .....	<b>2</b>
<b>3</b>	<b><i>STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE PAI-PGRA</i></b> .....	<b>3</b>
<b>4</b>	<b><i>ANALISI IDROLOGICA</i></b> .....	<b>6</b>
4.1	SERIE STORICHE .....	7
4.2	IL MODELLO PROBABILISTICO DI GUMBEL.....	9
4.2.1	Altezze di pioggia per durate inferiori all'ora .....	10
4.3	PARAMETRI PLUVIOMETRICI REGIONE TOSCANA .....	11
<b>5</b>	<b><i>DETERMINAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO</i></b> .....	<b>14</b>
5.1	IL METODO DELLA CORRIVAZIONE O MODELLO CINEMATICO .....	14
5.1.1	Calcolo del tempo di corrivazione .....	17
5.2	TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI .....	19
5.2.1	Modello di infiltrazione – metodo SCS-CN .....	19
5.2.2	Metodo idrogramma unitario istantaneo (iuh) .....	22
5.2.3	Modelli HEC-HMS.....	22
5.2.3.1	Bacino del Cerfone.....	22
5.2.3.2	Bacini del Tevere, Sovara, Selci.....	27
<b>6</b>	<b><i>SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI</i></b> .....	<b>37</b>
6.1	CORSI D'ACQUA PRINCIPALI.....	37
6.1.1	Bacino del Cerfone.....	37
6.1.2	Bacini del Tevere, Sovara, Selci.....	41
6.2	CORSI D'ACQUA MINORI.....	52

## 1 PREMESSA

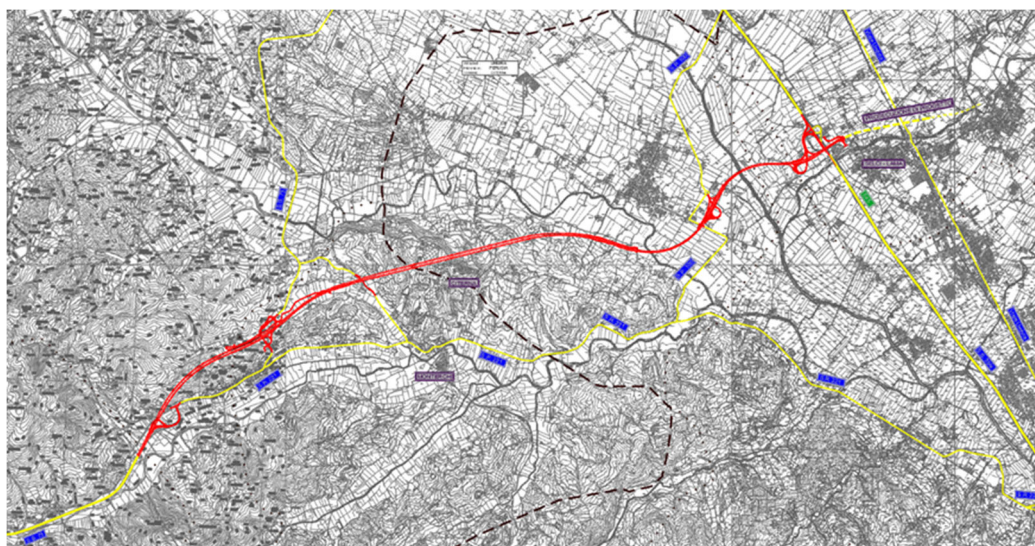
L'intervento in progetto si inserisce nella rete della mobilità nazionale come parte integrante dell'itinerario Trasversale E78 Grosseto – Fano, che svolge la funzione strategica di colmare la carenza infrastrutturale nei collegamenti trasversali trans-appenninici della penisola, nel settore centro-settentrionale. La sua importanza in tal senso è sancita dal Piano Generale dei Trasporti e della Logistica e dalla Legge Obiettivo ed è confermata dagli strumenti di pianificazione settoriale (ANAS) e regionali. L'itinerario E78 costituisce uno dei più importanti collegamenti trasversali tra i corridoi longitudinali tirrenico ed adriatico (è detta infatti l'autostrada dei due Mari).

In particolare, l'intervento prevede la realizzazione di una strada cat. B – D.M. 05.11.2001 di sviluppo pari a circa 12,5 km nel tratto compreso tra Le Ville di Monterchi e Selci - Lama. Il tratto in esame ricade in maggior parte nella Regione Toscana, specificamente nella Provincia e nel Comune di Arezzo mentre nel tratto finale ricade nella Regione Umbria, nello specifico nella provincia di Perugia.

Il progetto si inserisce nel quadro di interventi di “completamento e adeguamento a quattro corsie della “S.G.C. Grosseto-Fano”, infrastruttura di collegamento trasversale tra le aree del versante tirrenico dell'Appennino e quelle del versante adriatico.

In tale quadro il progetto può essere considerato come parte funzionale di completamento dell'adeguamento della “Due mari” nell'intero tratto Le Fabbriche – Selci – Lama (E45) realizzando quindi un importante collegamento trasversale con la E45 mediante una strada a carreggiate separate in luogo della S.S.73 esistente la quale presenta in ampi tratti caratteristiche proprie di una strada urbana piuttosto che di un'infrastruttura di collegamento interregionale.

L'itinerario E78 precedentemente descritto fa parte della rete TEN-T.



*Figura 1: Inquadramento intervento di progetto*

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Le analisi sono state svolte nel rispetto della seguente normativa regionale e nazionale:

- R.D. n. 523 del 1904 e ss.mm.ii.
- D.Lgs. n. 152 del 2006
- D.M. 11.03.1988 e Circolare 9.1.1996 n.218/24/3 del Ministero LL.PP.
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 06/06/2001 - "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"
- D.M. 14.01.2018 - Norme Tecniche per le Costruzioni e successive circolari

Per quanto riguarda la pianificazione di settore vigente, i riferimenti sono costituiti da:

- Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di bacino del Fiume Tevere (approvato il 10 novembre 2006)
- Piano di Assetto Idrogeologico dell’Autorità di bacino del Fiume Tevere – Primo Aggiornamento PAI bis (approvato con DPCM il 10 aprile 2013)
- Piano di Gestione Rischio di Alluvioni del Distretto idrografico Appennino Centrale PGRA DAC (adottato il 17 dicembre 2015 con deliberazione n. 6 dal Comitato Istituzionale dell’Autorità di Bacino del Fiume Tevere, e approvato con Delibera n°9 del Comitato Istituzionale Integrato del 3 marzo 2016)
- Il ciclo Piano di Gestione Rischio Alluvioni. Primo aggiornamento. (Adottato con delibera n. 24 del 29 dicembre 2020, ai sensi degli artt. 65 e 66 del D. Lgs. 152 del 2006).

### 3 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE PAI-PGRA

Gli interventi in progetto sono stati analizzati con riferimento agli strumenti normativi vigenti in materia riportati di seguito:

- P.A.I.- Piano di Assetto Idrogeologico (aggiornamento 2022)
- PRGA- Piano di Gestione delle Alluvioni

Nella Relazione di Piano vengono individuate le aree soggette a pericolosità idraulica attraverso l'inquadramento e la caratterizzazione degli eventi alluvionali responsabili di conseguenze negative sul territorio, in particolare danni a persone o cose, o semplicemente, che abbiano creato condizioni di disagio o allarme. Tale individuazione è un importante strumento che ha condotto alla delimitazione delle aree a potenziale rischio inondazione.

La compatibilità idraulica degli interventi in progetto è stata valutata anche in riferimento a quanto previsto dal Manuale di Progettazione ferroviaria RFI aggiornato al 2023 (RFI DTC SI CS MA IFS 001F) e dall'Aggiornamento delle Norme tecniche delle Costruzioni (D.M. 17 Gennaio 2018) e Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

Le mappe della pericolosità idraulica riportano indicazioni relative a:

- a) estensione dell'inondazione;
- b) altezza idrica o livello;
- c) caratteristiche del deflusso (velocità e portata).

Le mappe del rischio idraulico sono state elaborate tenuto conto delle mappe della pericolosità e delle mappe del danno potenziale dei beni esposti alle alluvioni. Tali mappe riportano indicazione sul numero di abitanti a rischio ed eventuale presenza di industrie a rischio potenziale di inquinamento.

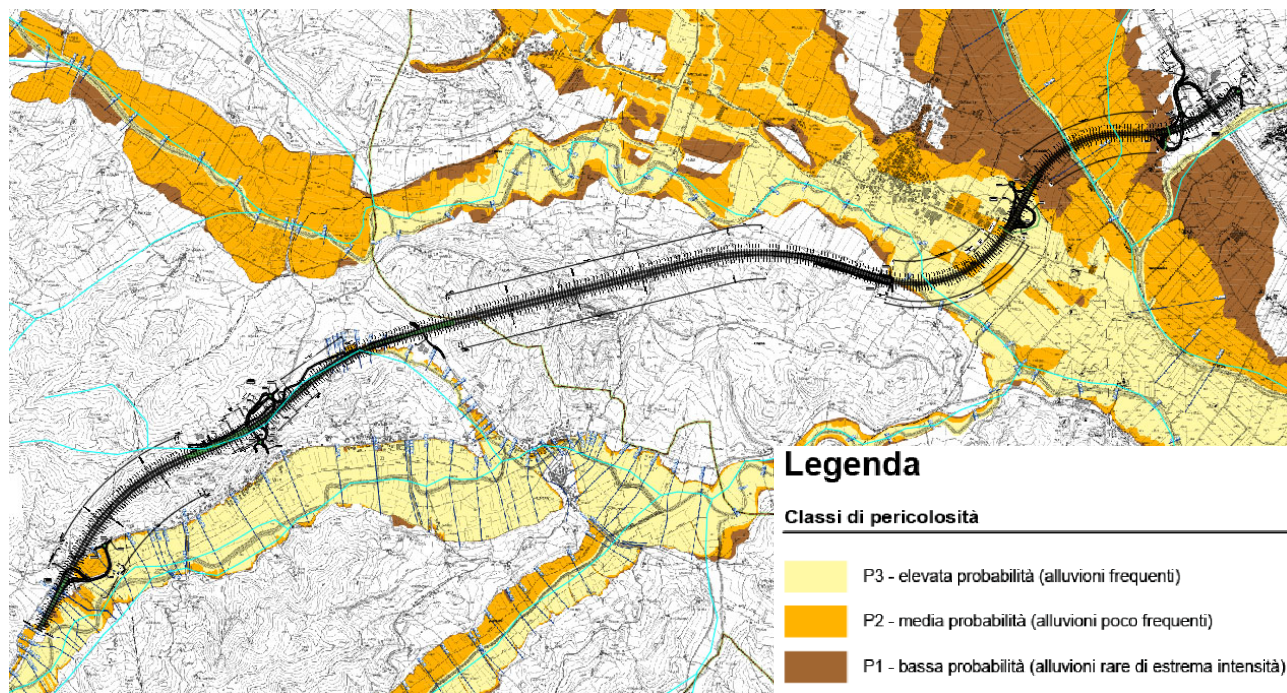


Figura 2 – Mappa aree di pericolosità PGRA

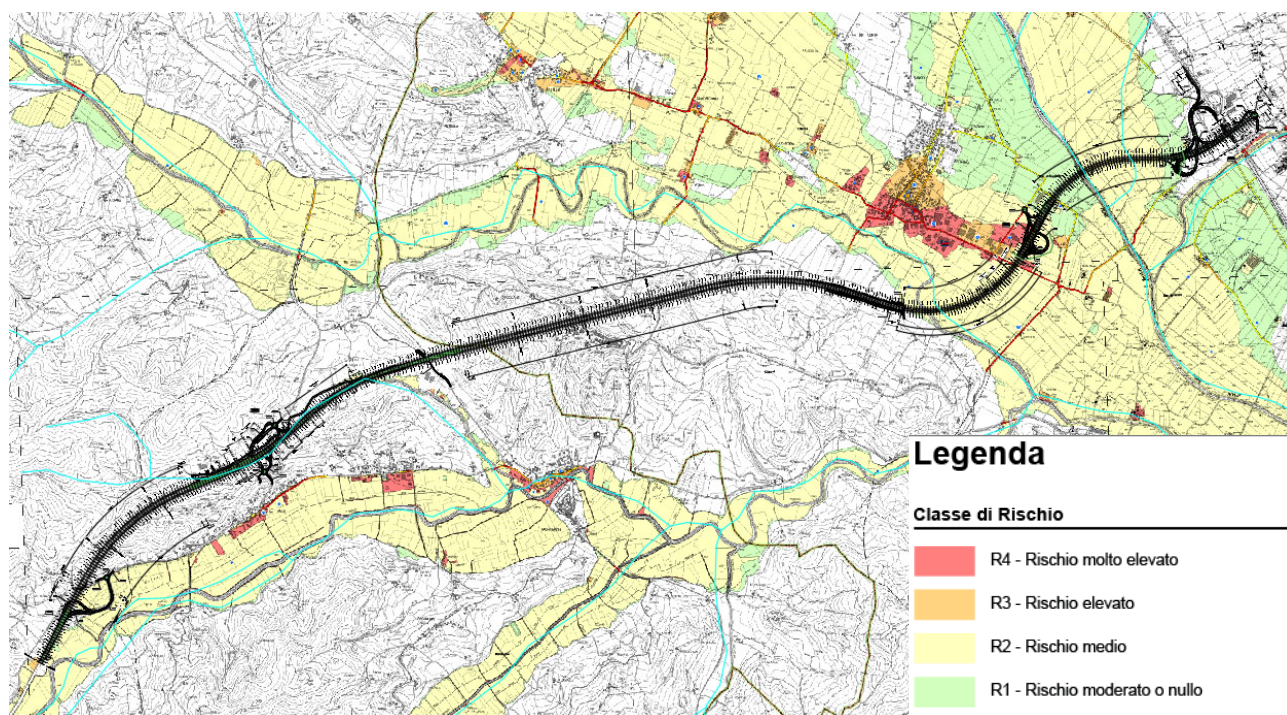


Figura 3 – Mappa aree di rischio PGRA

Diverse zone del tracciato di progetto ricadono in aree a rischio idraulico nelle perimetrazioni del PGRA; dovranno quindi essere rispettate le prescrizioni del PGRA e del PAI per le zone di rischio.

## 4 ANALISI IDROLOGICA

L'obiettivo dell'analisi idrologica è quello di determinare, per un tempo di ritorno di riferimento, le portate di piena dei corsi d'acqua alle interferenze con il tracciato stradale.

La caratterizzazione fisiografica dei bacini afferenti ai corsi d'acqua individuati è stata condotta in conformità a:

- Modello digitale del terreno (DTM).
- Rilievo aerofotogrammetrico realizzato per il presente progetto.

Per la delimitazione dei bacini è stato utilizzato un modello digitale del terreno con risoluzione 10x10 m, data la grande estensione di alcuni bacini e quindi l'indisponibilità di un DTM con risoluzione maggiore per la vasta area d'interesse.

I bacini scolanti sono stati perimetrati, codificati e rappresentati negli elaborati di corografia dedicati. Dalla delimitazione dei bacini interferenti con le opere in progetto sono state determinate ai fini dell'analisi idrologica:

- Area scolante del bacino S [km<sup>2</sup>], attraverso elaborazione in ambiente GIS;
- Altitudine massima H<sub>max</sub> [m.s.l.m.] e altitudine minima (altitudine sezione di chiusura) H<sub>min</sub> [m.s.l.m.],
- Pendenza media del bacino i<sub>v</sub> [m/m];
- Lunghezza del percorso idraulico [m]

Nella seguente **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, sono riportate le caratteristiche fisiografiche principali degli impluvi individuati. Nei bacini analizzati non sono presenti laghi, naturali o artificiali, né opere idrauliche significative, quali arginature o briglie.

Bacino	Progr.	Area	Hmin	Hmax	Hmean	Lunghezza
id	[-]	[km <sup>2</sup> ]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[km]
Tevere	10+850	409	285	1449	654	42,7
Sovara	8+950	116	288	1411	516	26,7
Selci	-	43,4	285	1190	651	11,4
Cerfone	-	94,6	310	986	580	17,4
Centena	3+875	3,3	302	491	378	3,4
Rio Rosciano	7+400	0,18	321	436	366	0,51
Rio dell'Erbosa	7+675	0,3	309	407	360	0,54
Rio Paradiso	8+400	0,33	296	393	344	0,6
Torrente km. 4+450	4+450	0,58	313	411	357	0,5
Rio km. 8+050	8+050	0,06	307	358	329	0,2

Tabella 1 - Caratteristiche fisiografiche e morfometriche dei bacini associati alle interferenze con il tracciato stradale.

Per i bacini dei corsi d'acqua principali è stata eseguita un'analisi bidimensionale in moto vario e, per questo motivo, l'analisi idrologica è stata eseguita mediante il software di calcolo HEC-HMS. Quest'ultimo consente di ricavare l'idrogramma di progetto del bacino d'interesse per dato un evento meteorico.

progettazione ati:

Pag. 6 di 55



Per i corsi d'acqua minori è stata invece realizzata un'analisi monodimensionale in moto permanente e la stima delle portate al colmo è stata eseguita mediante il metodo della corrivazione.

L'analisi idrologica è stata eseguita utilizzando due metodologie differenti: il modello probabilistico di Gumbel e i parametri pluviometrici forniti dalla Regione Toscana. Per i bacini situati in Toscana sono stati utilizzati i valori di  $a$  ed  $n$  forniti dalla Regione stessa e mediati sull'area del bacino. Per i bacini che si trovano in Umbria sono stati invece calcolati i parametri pluviometrici a partire dalle altezze di pioggia registrate dalla stazione di Cerbara.

La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici per il calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle Norme tecniche delle Costruzioni (D.M. 14 Gennaio 2018).

In particolare, è stato eseguito lo studio idrologico per eventi di precipitazione caratterizzati da un tempo di ritorno pari a:

- $Tr = 25$  anni per le opere di drenaggio stradali, di piazzali e fabbricati;
- $Tr = 50$  anni;
- $Tr = 100$  anni;
- $Tr = 200$  anni per i manufatti di attraversamento stradale (tombini idraulici connessi a corsi d'acqua);
- $Tr = 500$  anni.

#### 4.1 SERIE STORICHE

La valutazione del regime pluviometrico per i bacini che si trovano in Umbria è stata effettuata tramite la rialaborazione di dati di pioggia disponibili dal 1992 al 2020 per la Stazione di Cerbara. La tabella seguente riporta i dati relative a piogge di durata uguale e superiore ad un'ora.

STAZIONE CERBARA					
<i>Altezze di precipitazione (mm) massime annuali</i>					
Anno	Max 1 h	Max 3 h	Max 6 h	Max 12 h	Max 24 h
1992	29.9	39.1	41.4	49.5	60.4
1993	33.2	35.9	36	36	44.1
1994	26	34.2	45.3	54.7	74
1995	30.9	40.8	46.2	46.5	63.4
1996	27.4	29	36.8	52	68.7
1997	27.2	31.6	49.9	76.6	111.8
1998	32	40.6	59.3	72.3	72.8
1999	60.7	62.7	64.2	64.3	64.9
2000	23.4	29.7	32.6	42.7	57.7
2001	18.8	21.1	41.2	43.9	54
2002	25.6	35.4	38.5	46.4	54.9

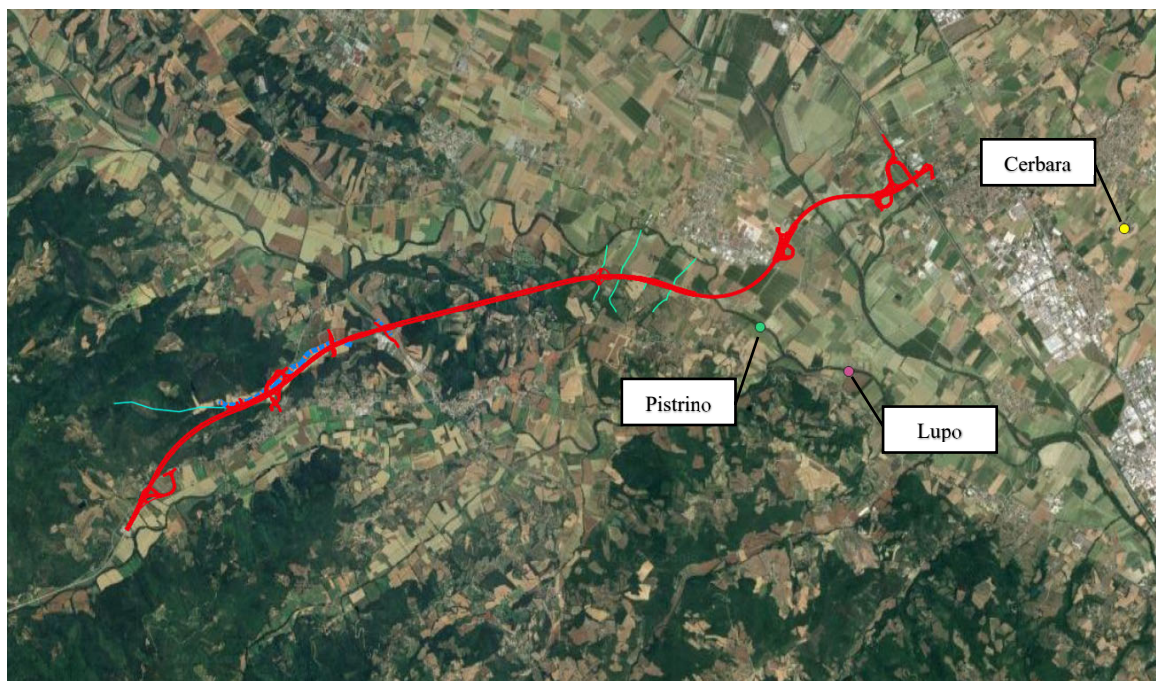
progettazione ati:

Pag. 7 di 55

2003	59.2	70.9	73.6	73.6	73.7
2004	31.8	48.3	48.4	52	68.5
2005	29.5	29.6	45.8	58.7	83.4
2006	19	29.2	43.8	58.4	73
2007	26.6	33.8	33.8	33.9	36.5
2008	38.9	40.5	40.5	43	61.8
2009	23.1	30.2	32.3	32.5	36.4
2010	35.4	47.5	50.2	65.7	74
2011	16.9	27	33.9	34.7	36.7
2012	35.9	37.4	48.4	87.9	152.3
2013	39.1	39.2	52.2	90.1	119.1
2014	30.7	55.4	75.6	80.7	91.2
2015	16.5	20.2	23.7	43.3	60
2016	26.6	33.8	44.4	49.8	59.8
2017	38.8	57.8	63.8	66.6	73.8
2018	21.6	28.6	44.4	65.6	85.8
2019	24.8	35.2	50.4	81.6	95.8
2020	19.8	24.2	29.4	34.6	36

*Tabella 2 Dati di pioggia- Tempi di pioggia > 1 ora*

La figura di seguito mostra la localizzazione della stazione di Cerbara. Si è scelto di utilizzare i dati registrati da tale stazione in quanto si tratta dell'unica stazione con registrazioni pluviometriche per un tempo superiore a 20 anni e priva di dati mancanti.



*Figura 4 Stazioni pluviometriche per la regione Umbria*

## 4.2 IL MODELLO PROBABILISTICO DI GUMBEL

Il metodo di Gumbel, prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale (o di Gumbel, appunto) al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

La funzione di probabilità cumulata che la definisce è:

$$F(x) = P(X \leq x) = e^{-e^{-\alpha(x-u)}}$$

Introducendo la variabile ridotta  $y$ :

$$y = \alpha(x - u)$$

si ha la forma canonica:

$$F(y) = e^{-e^{-y}}$$

I parametri  $\alpha$  e  $u$  sono legati alla media e alla varianza della popolazione. Sfruttando le informazioni contenute nel campione a disposizione si procede alla loro stima seguendo diversi metodi. Si otterranno parametri diversi per ogni durata di precipitazione.

Per una data durata di precipitazione, si ordinano le  $N$  altezze di precipitazione in ordine crescente e si numerano da  $I$  ad  $N$ . Ad ogni altezza di precipitazione si associa la relativa frequenza cumulata di non superamento, calcolata con la formula di plotting position di Weibull:

$$F_i = \frac{i}{N+1}$$

A denominatore si ha  $N+1$  in luogo di  $N$  per evitare che il più grande evento verificatosi sia caratterizzato da una frequenza cumulata di non superamento pari a  $I$ : valore che rappresenta l'evento impossibile da superare.

Il metodo di Gumbel per la stima dei parametri della distribuzione si fonda sull'ipotesi di confondere la probabilità di non superamento di una certa altezza di precipitazione (relativa ad una popolazione) con la sua frequenza cumulata di non superamento (che si riferisce, invece ad un campione della popolazione suddetta), cioè

$$F(h_i) \cong F_i$$

La variabile ridotta da associare ad ogni altezza di precipitazione viene quindi calcolata come:

$$F(h_i) = F_i = F(y) = e^{-e^{-y}} \quad \text{e} \quad F_i = \frac{i}{N+1} \Rightarrow y_i = -\ln \left[ -\ln \left( \frac{i}{N+1} \right) \right]$$

Con questa assunzione, la variabile ridotta  $y$  dipende solamente da  $h$  con la relazione lineare:

$$y = \alpha(h - u)$$

La stima dei parametri  $\alpha$  e  $u$  si ottiene sfruttando il metodo dei momenti, in base al quale i parametri della distribuzione vengono ottenuti eguagliando la media campionaria alla media della distribuzione della popolazione. Otteniamo quindi per  $\alpha$  e  $u$  le espressioni:

$$\alpha = \frac{1.283}{S_h} \quad u = m_h - \frac{0.577}{\alpha}$$

Introducendo ora il concetto di tempo di ritorno,  $T_r$ , cioè il tempo che mediamente trascorre tra la realizzazione di un evento e di un altro di entità uguale o superiore, si riesce ad ottenere l'espressione che esprime le altezze di precipitazione in funzione del tempo di ritorno:

$$T_r(h) = \frac{1}{1 - F(h)} \Rightarrow F(h) = \frac{T_r - 1}{T_r}$$

$$e^{-e^{-\alpha(h-u)}} = \frac{T_r - 1}{T_r} \Rightarrow h = u - \frac{1}{\alpha} \ln \left[ -\ln \left( \frac{T_r - 1}{T_r} \right) \right]$$

Grazie al metodo di Gumbel è stata ricavata un'espressione analitica della funzione  $h(T_r, \tau)$  che fornisce il valore di  $h$  in funzione del tempo di ritorno per una prefissata durata di precipitazione. Si vuole ora trovare un'espressione analitica che, per un dato tempo di ritorno, fornisca l'altezza di precipitazione in funzione della durata.

A questo scopo, si assegna alla funzione  $h(T_r, \tau)$  la seguente forma:

$$h(T_r, \tau) = a(T_r) \tau^n$$

Queste equazioni, una per ogni prefissato tempo di ritorno, sono dette curve di possibilità pluviometrica (o climatica).

L'intensità di precipitazione è definita come l'altezza di precipitazione per unità di tempo ed ha la forma:

$$j(T_r, \tau) = \frac{h(T_r, \tau)}{\tau} = a \tau^{n-1}$$

Passando alla notazione logaritmica, l'equazione della curva di possibilità pluviometrica assume la forma lineare, e viene ottenuta interpolando i valori per regressione lineare ai minimi quadrati. Gli scarti da minimizzare sono quelli verticali, in quanto la misura di  $h$  soffre di maggiori incertezze rispetto a quella del tempo di precipitazione.

$$\log h = \log a + n \log \tau$$

#### 4.2.1 Altezze di pioggia per durate inferiori all'ora

Gli eventi di pioggia aventi durata inferiori all'ora, eventi brevi, seguono dinamiche meteorologiche diverse dagli eventi per durate maggiori dell'ora. Dal punto di vista tecnico è necessario stimare la curva di probabilità pluviometrica per durate inferiori all'ora ai fini della verifica e dimensionamento del sistema di drenaggio stradale e ferroviario.

Per definire le altezze di pioggia per eventi di breve durata è stata quindi utilizzata la formula empirica di Bell di seguito esposta.

$$h_t = (0.54 * t^{0.25} - 0.5) * h_{60}$$

applicabile per durate :

$$5 \leq \tau \leq 120 \text{ min}$$

Dove:

progettazione ati:

Pag. 10 di 55

- $h_{\tau}$  indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento pari al tempo  $\tau$  riferita al periodo di ritorno  $T_r$
- $h_{60}$  è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora, con periodo di ritorno  $T_r$
- $\tau$  è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia  $h_{\tau}$  relativa all'evento di durata  $\tau$  ( $5 \leq \tau \leq 120$  min), valutata sulla base dei parametri relative alle CPP considerate (parametro  $a = h_{60}$ ) e la relazione di Bell, passando ai logaritmi, le coppie altezza di pioggia-durata vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro  $a$  e il coefficiente angolare rappresenta il parametro  $n$ .

### 4.3 PARAMETRI PLUVIOMETRICI REGIONE TOSCANA

Nell'ambito dell'Accordo stipulato tra la Regione Toscana e il Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale per lo sviluppo di attività di ricerca sulla Mitigazione del Rischio Idraulico nella Regione Toscana, finalizzata all'approfondimento dell'attuale quadro conoscitivo e alla definizione delle azioni di riduzione del rischio idraulico e idrogeologico, si fa riferimento all'attività B Modellazione idrologica e in particolare all'attività B1 "Regionalizzazione precipitazioni".

Per determinare i parametri  $a$  ed  $n$ , noti i valori della pioggia indice per i diversi tempi di ritorno su tutta la Regione e del fattore di crescita adimensionale  $KT$  per ognuna delle 4 regioni, sono state trovate le altezze di pioggia corrispondenti (ovvero 50 ASCII Grid: date le 5 durate e i 10 tempi di ritorno considerati). Sono quindi disponibili, per ogni tempo di ritorno, i parametri  $a$  e  $n$  con una griglia 1km x 1 km su tutta la regione.

Si riportano le distribuzioni dei parametri  $a$  e  $n$  per il tempo di ritorno di 200 anni.

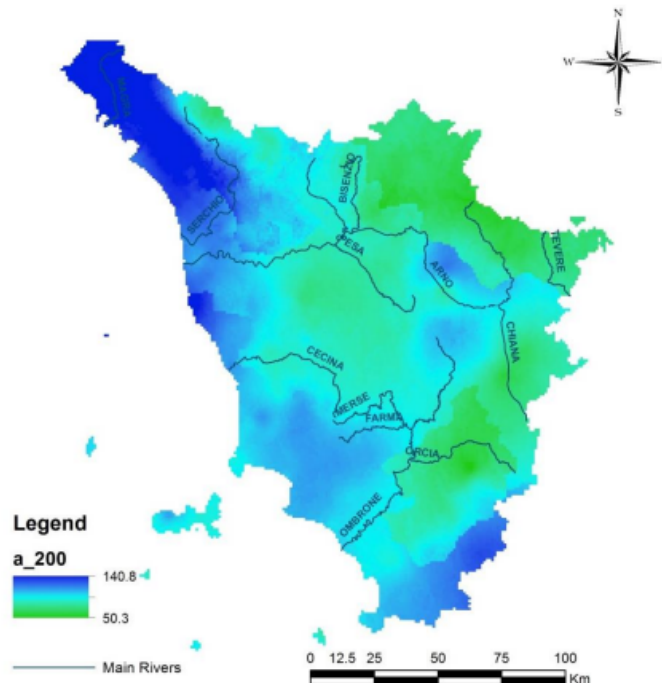
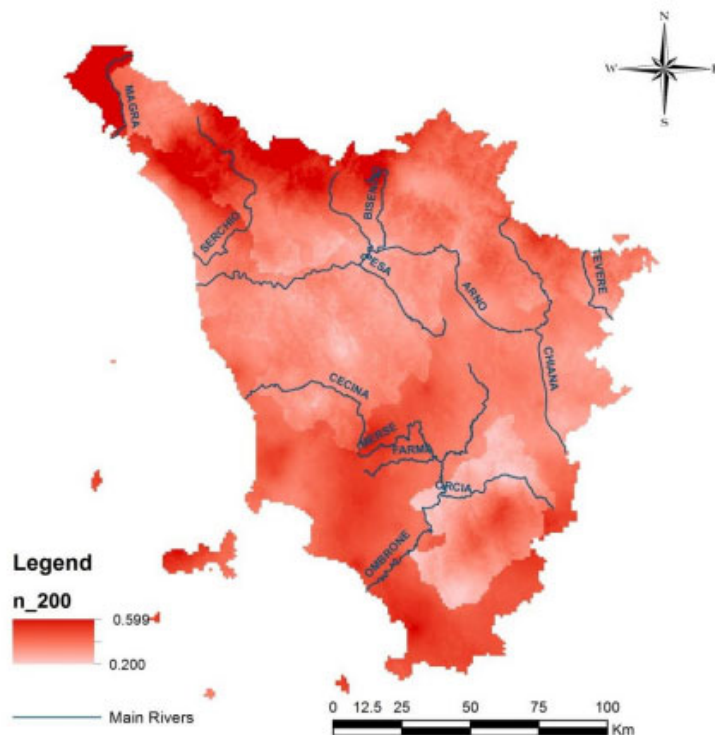


Figura 5 – Parametro “a” della LSPP per il tempo di ritorno 200 anni



*Figura 6 - Parametro "n" della LSP per il tempo di ritorno 200 anni*

Per i bacini situati all'interno della Toscana sono stati quindi calcolati i valori medi di  $a, n$  a partire dai dati forniti dalla Regione Toscana mentre, per i bacini che si trovano in Umbria, i parametri pluviometrici sono stati determinati con l'analisi probabilistica di Gumbel a partire dalle registrazioni della stazione di Cerbara.

La determinazione delle Linee Segnalatrici di Probabilità Pluviometrica dalla Regione Toscana è stata effettuata mediante l'analisi dei dati pluviometrici registrati nelle stazioni di misura (pluviometri) distribuite sull'intero territorio regionale. Mediamente la lunghezza delle serie storiche considerate varia tra 30 e 50 anni; i dati raccolti in ciascuna stazioni arrivano fino all'anno 1997. Successivamente tali serie storiche sono state integrate con i dati aggiornati al 2002. L'applicazione della procedura TCEV è stata effettuata per durate superiori all'ora e nei casi più significativi per durate inferiori all'ora, ovvero in presenza di serie storiche con un numero rilevante di dati. Sulla base di questo criterio sono state anche escluse le serie storiche troppo esigue di alcune stazioni. In particolare, come riferimento si è assunto un numero minimo di dati pari a 30 anni.

Nel caso specifico i bacini che ricadono nei limiti amministrativi della Regione Umbria sono il bacino del Selci e i seguenti bacini minori: Rio Rosciano, Rio Paradiso, Rio dell'Erbosa e Rio al km. 8+050. Questi bacini risultano molo prossimi al confine regionale con la Toscana e per piuttosto distanti dalla stazione pluviometrica di Cerbara; per tale motivo la portata al colmo è stata calcolata utilizzando gli stessi valori di  $a, n$  utilizzati per il Centena e per il Torrente al km 4+450.

L'analisi statistica di Gumbel è stata impiegata solamente per il bacino del Selci mentre per i restanti bacini saranno utilizzati i valori pluviometrici forniti dalla Regione Toscana. In tabella si riportano i valori di a,n di ogni bacino al variare del tempo di ritorno.

Attraversamento	TR 50		TR 100		TR200		TR500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
Rio Rosciano	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Rio dell'Erboosa	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Fosso della Centena	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Torrente km. 4+450	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Rio del Paradiso	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Rio km. 8+050	60.46	0.26	68.26	0.28	76.32	0.3	87.69	0.315
Tevere	55.24	0.275	60.36	0.287	65.2	0.3	71.63	0.316
Sovara	60.98	0.26	68.65	0.283	76.47	0.3	87.55	0.314
Selci	53.06	0.27	57.72	0.27	63.17	0.27	69.26	0.269
Cerfone	56.1	0.234	63.33	0.258	70.8	0.28	81.35	0.29

Tabella 3 – Parametri pluviometrici a,n al variare del tempo di ritorno

## 5 DETERMINAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO

### 5.1 IL METODO DELLA CORRIVAZIONE O MODELLO CINEMATICO

Il metodo della corrivazione, detto anche modello cinematico o metodo aree-tempi, considera prevalenti nel bacino i fenomeni di traslazione dell'acqua. Il bacino è schematizzato come un insieme di canali lineari e si assume come ipotesi di base che il tempo impiegato dalla precipitazione efficace per raggiungere la sezione di chiusura a partire da un generico punto del bacino è invariante e dipende soltanto dalla posizione del punto di origine.

Ne consegue che esiste un tempo di base  $T_0$ , che nel caso specifico è denominato tempo di corrivazione  $T_c$  del bacino, definito come il tempo necessario alla particella d'acqua che cade nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino.

Per tale modello si assume anche che si possa suddividere il bacino in un numero di linee, dette isocorrive, delimitate da linee che uniscono i punti di uguale tempo di corrivazione rispetto alla sezione di chiusura. Inoltre, per l'ipotesi di linearità e stazionarietà, è possibile considerare la portata nella sezione di chiusura in un generico istante come somma dei contributi delle diverse linee isocorrive, opportunamente traslati nel tempo per tenere conto del tempo di corrivazione di ciascuna fascia.

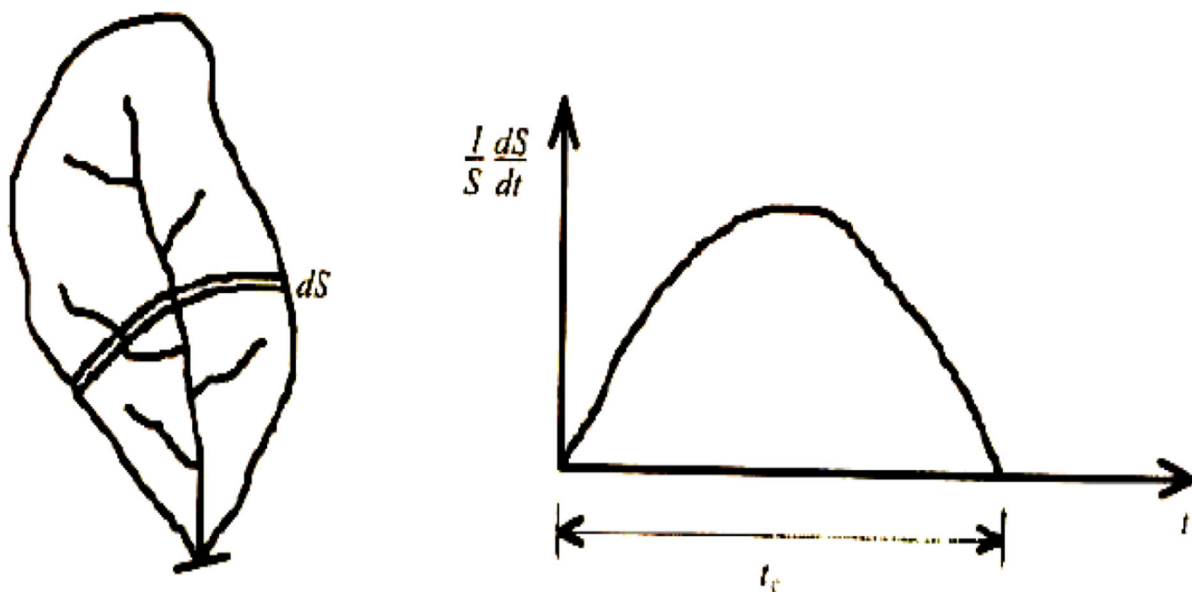


Figura 7 – Rappresentazione del bacino e del relativo IUH (CSDU)

L'IUH va dedotto dalla cosiddetta curva cumulata aree-tempi  $S = s(t)$  del bacino; essa rappresenta le aree  $S_i$  del bacino comprese tra la sezione di chiusura e la linea isocorriva relativa al generico tempo  $t$  di corrivazione. La curva  $s(t)$  è quindi una curva crescente dall'origine al punto di coordinate  $(S, T_c)$  essendo  $S$  la superficie complessiva del bacino.



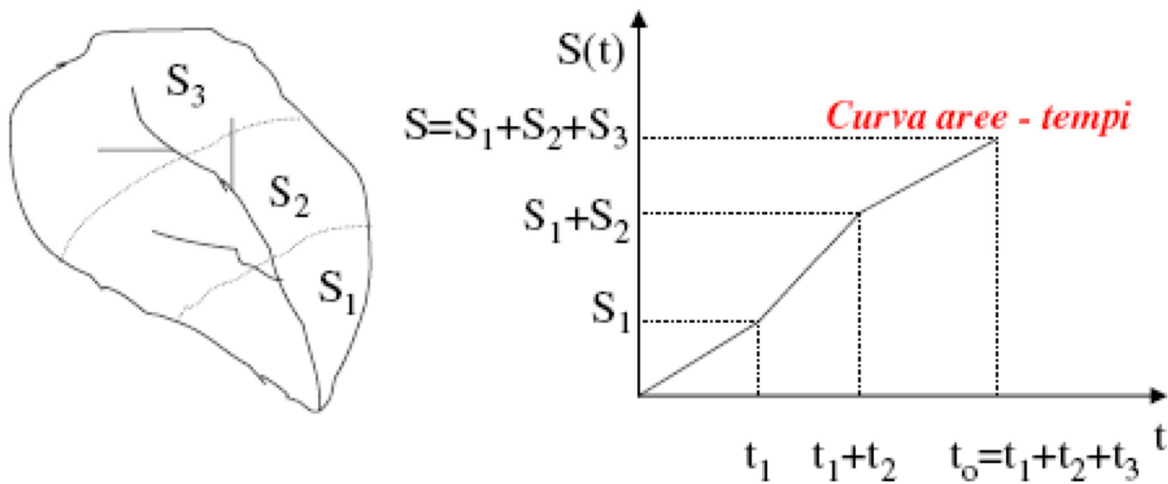


Figura 8 – Curva aree-tempi per un bacino delimitato dalla sezione di chiusura

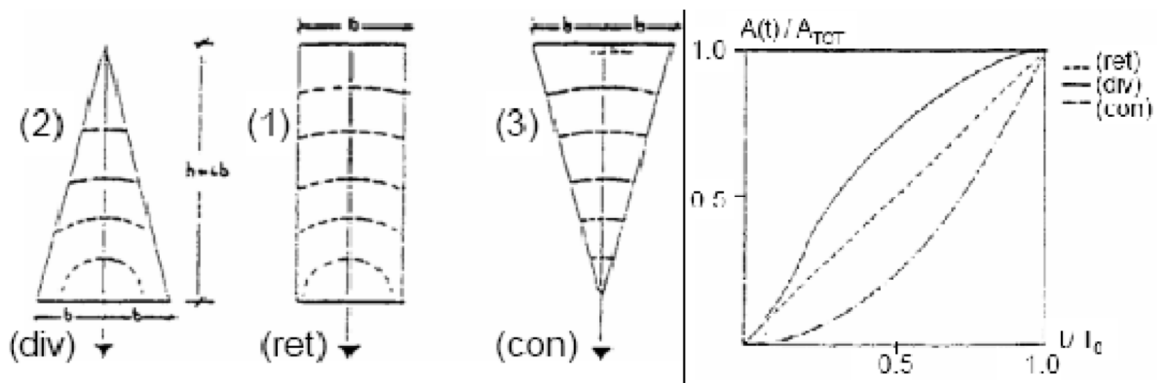


Figura 9 – Curva aree-tempi diverse per uno stesso bacino, delimitato dalla sezione di chiusura

Il metodo cinematico viene utilizzato per il calcolo della portata conseguente ad un'assegnata precipitazione incidente su un bacino di limitata estensione. In questo studio, il metodo è stato utilizzato per la determinazione della massima piena corrispondente ad un fissato periodo di ritorno ( $T_r$ ).

La schematizzazione alla base del metodo si basa sulle seguenti tre ipotesi fondamentali:

- La pioggia critica ha durata pari al tempo di corrivazione;
- La precipitazione si suppone di intensità costante per tutta la durata dell'evento;
- Il tempo di ritorno della portata è pari a quello della pioggia critica.

Per il calcolo delle portate di pioggia è stato utilizzato il Metodo Razionale. La formula razionale per la previsione della portata di massima piena è direttamente dedotta dal metodo cinematico:

$$Q = 278 \frac{\varphi \cdot S \cdot h}{\tau_c}$$

in cui:

$Q$  = Portata di piena [ $\text{m}^3/\text{s}$ ];

$\varphi$  = Coefficiente di deflusso;

$h$  = Pioggia netta [m];

$S$  = Area del bacino [ $\text{km}^2$ ];

$\tau_c$  = Tempo di corrivazione [ore].

La formula razionale è rigorosa sotto le seguenti ipotesi:

- Intensità di precipitazione uniforme nello spazio e costante nel tempo;
- Coefficiente di deflusso costante durante l'evento e indipendente dall'intensità di precipitazione;
- Portata nulla all'istante iniziale.

Il valore di  $h$  rappresenta l'altezza di precipitazione che cade in un dato sito in un tempo uguale al tempo di corrivazione  $\tau_c$ : infatti se la durata della precipitazione è inferiore al tempo  $\tau_c$  solo una parte del bacino  $S$  contribuirà alla formazione della portata, che risulterà pertanto di minore entità. Viceversa se la durata dell'evento è maggiore, l'intensità della pioggia sarà minore e quindi meno intenso il colmo di piena.

Nella Figura 10 è riportato uno schema del funzionamento del modello cinematico con tre precipitazioni di diversa durata (minore, uguale e maggiore rispetto al tempo di corrivazione). Si noti come per un tempo di pioggia pari a quella di corrivazione l'idrogramma di piena assuma la forma triangolare.

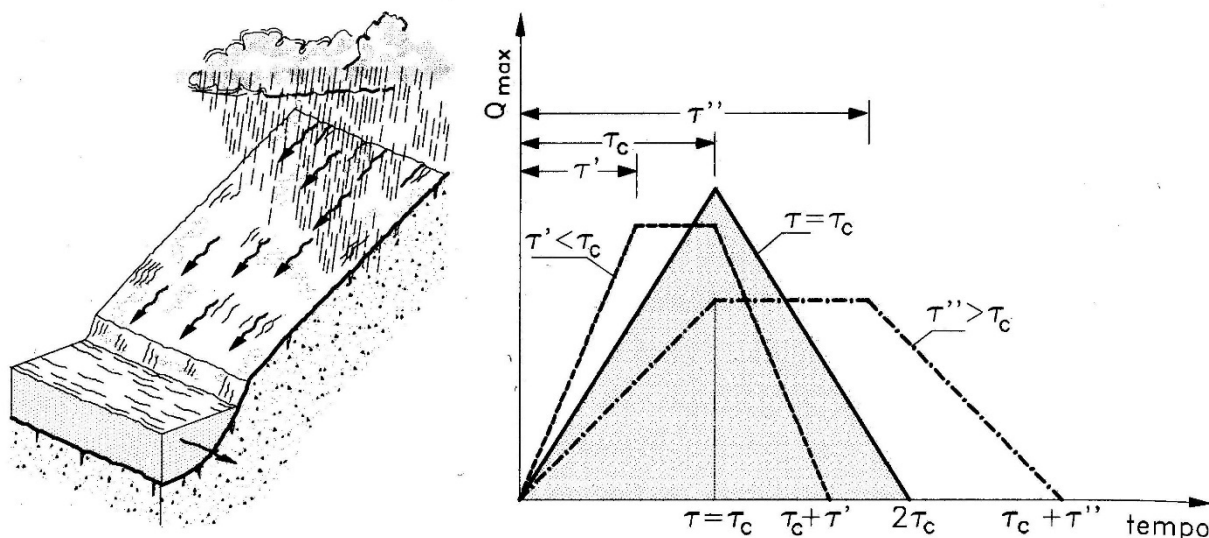


Figura 10 – Metodo cinematico: schema del bacino e idrogramma di piena per differenti durate di precipitazione.

### 5.1.1 Calcolo del tempo di corrivazione

Il tempo di corrivazione, parametro “chiave” quando si fa riferimento a metodi analitici di tipo semplificato, è definito come il tempo impiegato dalla particella d’acqua idraulicamente più lontana a percorrere l’intero bacino fino alla sezione di chiusura.

Si riportano a seguire le principali formulazioni di riferimento in letteratura, utilizzate nel presente studio idrologico per validare i parametri di progetto calcolati.

Un’equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Ventura** (1905). La relazione ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

dove  $i_m$  è la pendenza media della rete di drenaggio ed  $A$  la superficie del bacino.

Un’altra equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Viparelli**. La relazione ha la seguente espressione:

$$t_c = \frac{L}{3600 \cdot V}$$

dove  $L$  è la lunghezza dell’asta principale in km,  $V$  è la velocità media della corrente assunta pari ad 1.5m/s.

All’interno del presente studio è stata utilizzata anche la formula di **Pezzoli**, sviluppata sui dati di piccoli bacini montani di dimensioni inferiori ai 20 km<sup>2</sup>:

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

Infine una equazione spesso utilizzata per la stima del tempo di corrivazione è quella di **Kirpich**. Questa è stata ricavata da dati rilevati in sette bacini agricoli del Tennessee (USA). Questi bacini avevano tutti una canalizzazione ben definita e pendenza tra 0.03 e 0.1 m/m (dal 3 al 10%) e aree da 0.04 a 0.5 km<sup>2</sup>. E' utilizzata ampiamente per bacini urbani, sia per il deflusso delle aree scolanti che per il deflusso nei canali, oltre che per bacini rurali fino a 0.8 km<sup>2</sup>. La formula di Kirpich ha la seguente espressione:

$$\tau_c = 0,0662 \cdot k \cdot \left( \frac{L}{\sqrt{i_m}} \right)^{0,77}$$

$L$  = estensione del percorso più lungo che deve compiere la singola particella d'acqua per raggiungere la sezione di chiusura [km];

$i_m$  = è la pendenza media del bacino

$k$  = coefficiente di aggiustamento legato alla tipologia di terreno.

Ground Cover	Kirpich Adjustment Factor, k (Chow et al., 1988; Chin, 2000)
General overland flow and natural grass channels	2
Overland flow on bare soil or roadside ditches	1
Overland flow on concrete or asphalt surfaces	0.4

**Tabella 4 - Parametro K della formula di Kirpich per il calcolo del tempo di corrivazione.**

Nella presente analisi è stato applicato un coefficiente  $k$  pari a 1.

L'ultima formulazione empirica utilizzata è quella **Matt e Chow** che presenta la seguente sepressione:

$$\tau_c = a \left( \frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^b$$

Dove le costanti  $a$  e  $b$  assumono rispettivamente il valore di 0,000326 e 0,79.

Per la stima delle portate al colmo è stato utilizzato il valore medio del tempo di corrivazione calcolato con le formulazioni empiriche di cui sopra.

Per tutti i bacini è stato imposto un valore minimo del tempo di corrivazione pari a 15 minuti e

## 5.2 TRASFORMAZIONE AFFLUSSI DEFLUSSI

Una volta perimetrati i bacini in ambiente GIS, per la simulazione del processo di trasformazione afflussi-deflussi e la determinazione degli idrogrammi di piena si è fatto uso del software HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System), sviluppato dal U.S. Army Corps of Engineers.

In questo studio, si è scelto di adottare un modello di infiltrazione basato sul metodo SCS-CN (Soil Conservation Service, 1986) e un modello di formazione dell'onda di piena basato sull'idrogramma unitario istantaneo IUH.

In particolare, l'idrogramma istantaneo adottato è l'IUH-SCS, che è un idrogramma adimensionale definito dal SCS in base all'analisi di idrogrammi di piena in uscita dalla sezione di chiusura di numerosi bacini idrografici strumentati, di piccole e grandi dimensioni.

Per la simulazione del fenomeno di propagazione dell'onda di piena si è scelto di adottare Routing Lag Method di HEC-HMS, il quale prevede che l'onda di piena subisca una semplice traslazione passando da una sezione posta a monte ad una sezione posta a valle, con uno sfasamento nel tempo di un intervallo pari al tempo di ritardo del bacino. Il tempo di Lag è correlato al tempo di corrivazione del bacino e, pertanto è funzione delle sue caratteristiche geomorfologiche e delle caratteristiche della corrente.

Nei paragrafi che seguono sono descritte le caratteristiche dei modelli adottati.

### 5.2.1 Modello di infiltrazione – metodo SCS-CN

La determinazione della pioggia efficace, ovvero della frazione di pioggia che defluisce direttamente alla rete idrografica, è stata effettuata mediante il metodo SCS del Curve Number (CN).

Secondo il metodo SCS-CN la formazione del deflusso di piena è determinata fondamentalmente dai seguenti fattori:

- caratteristiche di permeabilità dei terreni superficiali e degli strati geologici immediatamente sottostanti;
- uso del suolo e copertura vegetale;
- condizioni di umidità iniziale del suolo all'inizio della precipitazione meteorica.

Questo metodo viene adottato sempre più spesso per la stima del deflusso di piena in quanto consente di tenere in considerazione tutti i fattori che effettivamente influiscono sul fenomeno della formazione della piena, che spesso sono trascurati dai metodi tradizionali, come ad esempio l'uso del suolo, e che sono determinabili sulla base di un numero limitato di informazioni facilmente reperibili.

Secondo il metodo SCS-CN, il volume di deflusso superficiale (altezza di pioggia effettiva) per un evento isolato di piena è dato da:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P + S_{CN} - I_a}$$

dove:

- P                      altezza di precipitazione (in mm) piovuta sino all'istante t;

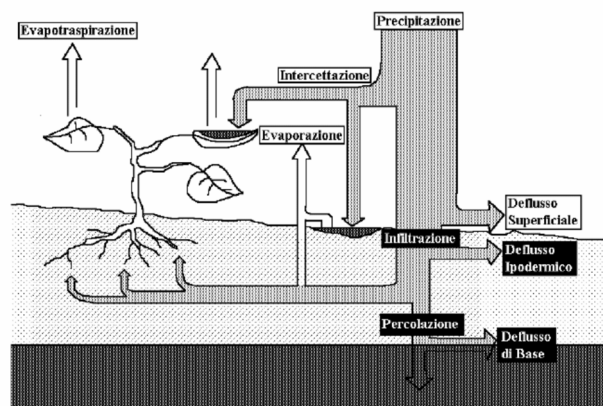
- $P_e$  altezza di precipitazione che partecipa al ruscellamento superficiale (in mm) all'istante temporale  $t$ ;
- $SCN$  massima ritenzione potenziale del suolo;
- $I_a$  assorbimento iniziale del suolo, in genere  $I_a = \beta \times SCN$  con  $0 < \beta < 1$ .

Il metodo SCS-CN lega la pioggia lorda e la pioggia netta tramite una grandezza,  $S$ , che è funzione dalle caratteristiche del suolo, in particolare tipo e uso, e dalle condizioni di umidità iniziali. L'assorbimento iniziale  $I_a$  rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto inizialmente per l'intercettazione della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali e l'assorbimento iniziale del terreno. Sulla base di dati sperimentali di numerosi bacini statunitensi, il Soil Conservation Service ha suggerito per la stima di  $I_a$  un valore di  $\beta=0.2$ .

Per un fissato stato iniziale di umidità del suolo, la massima ritenzione potenziale  $SCN$  del bacino è funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo, il cui effetto combinato è descritto globalmente dal parametro adimensionale Curve Number  $CN$  ( $0 < CN < 100$ ) dalla relazione che segue

$$S_{CN} = 25.4 \left( \frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

Il parametro  $CN$  esprime le condizioni, dal punto di vista della formazione del deflusso, del complesso suolo-soprasuolo considerate le condizioni di umidità nei cinque giorni antecedenti l'evento di piena. In altri termini riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso.



*Figura 11– Schema del bilancio idrologico di una porzione elementare di bacino*

Per la stima del parametro  $CN$  è sufficiente acquisire gli strati informativi riguardanti la geologia, la pedologia, e l'uso/copertura del suolo del territorio in esame, scaricabili in formato shp dal Geoportale.

Unendo le informazioni provenienti dai tematismi relativi alla geologia ed alla pedologia è possibile attribuire una tipologia di suolo fra quelle proposte, caratterizzate da permeabilità sempre minori:

- A. elevata infiltrazione, per suoli con strati sabbiosi o di loess profondi, a siltosi aggregati (diametro 0,002-0,05 mm);

progettazione ati:

- B. infiltrazione moderata, per suoli con tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, quali limi sabbiosi;
- C. infiltrazione lenta, per suoli con tessitura fine, quali argille limose, deboli strati di limo sabbioso, suoli con debole contenuto organico;
- D. infiltrazione molto lenta, per argille plastiche e compatte.

Il valore di CN si ottiene per incrocio fra le caratteristiche idrologiche del suolo secondo i tipi A – B – C – D e le caratteristiche di uso prevalente del suolo, vedi tabella seguente. Si ottiene così una carta dei valori di CN, dalla quale si può ricavare, sempre con tecniche proprie dei Sistemi Informativi Geografici, il valore medio di CN per ciascun bacino.

Tipologie di uso del suolo	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Suoli coltivati	62-72	71-81	78-88	81-91
Pascoli	39-68	61-79	74-86	80-89
Prati	30	58	71	78
Boschi e foreste con copertura modesta	45	66	77	83
Boschi e foreste con buona copertura dall'erosione e sottobosco	25	55	70	77
Aree a parco e di fruizione ricreativa:				
- con copertura erbacea superiore al 75%	39	61	74	80
- con copertura erbacea dal 50 al 75%	49	69	79	84
Aree commerciali (impermeabili per il 18,5%)	89	92	94	95
Aree industriali (impermeabili per il 72%)	81	88	91	93
Aree residenziali con percentuale media impermeabile:				
65%	77	85	90	92
38%	61	75	83	87
30%	57	72	81	86
25%	54	70	80	85
20%	51	68	79	84
Parcheggi, aree coperte (impermeabili)	98	98	98	98
Strade:				
- asfaltate	98	98	98	98
- inghiaiate	76	85	89	91

Tabella 5 – Tabella del parametro CN in funzione della tipologia di uso del suolo e del tipo di suolo

Nello studio idrologico in esame è stato considerato per ciascun bacino un suolo di tipo B ed un CNIII, ovvero condizioni di suolo molto umido, determinato con la seguente espressione:

progettazione ati:

Pag. 21 di 55

$$CN(III) = \frac{23CN(II)}{10 + 0,13CN(II)}$$

### 5.2.2 Metodo idrogramma unitario istantaneo (iuh)

L'estensione dello studio ed il grado di dettaglio nella suddivisione dei bacini, nonché la diversità delle caratteristiche dei bacini esaminati (di acque alte e basse) ha suggerito l'applicazione di una metodologia che tenesse conto sia dei processi di scorrimento superficiale che del contributo degli invasi e degli immagazzinamenti. Per tale motivo si è scelto il metodo di Clark che esprime l'idrogramma di piena attraverso due parametri: il tempo di corrivazione  $T_c$  e la costante di ritardo  $R$ . I risultati saranno confrontati con quelli ottenuti dagli studi esistenti.

Per quanto riguarda il coefficiente di immagazzinamento  $R$  si è fatto riferimento alla formula originale di Clark:

$$R = \frac{0,8 \cdot (L/1.60934)}{(i_B \cdot 100)^{0,5}}$$

I valori riassuntivi dei parametri idrologici per i vari sottobacini analizzati sono riassunti nella tabella che segue.

Bacino	L	Tc Ventura	Tc Pezzoli	Tc Kirpich	Tc Viparelli	Tc Watt e Chow	Tc medio	CN II	R Clark
	[km]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[ore]	[-]	[-]
Tevere	44.6	15.90	15.18	2.09	10.06	6.48	7.10	72.4	4.4
Sovara	28.1	6.85	7.75	1.51	8.09	3.81	4.00	72.6	2.9
Cerfone	19.6	6.63	5.80	1.02	5.18	3.03	3.10	66.7	1.7
Selci	12.4	3.08	2.52	0.69	5.03	1.57	1.84	72.2	1.0

### 5.2.3 Modelli HEC-HMS

Per la determinazione dell'idrogramma di piena secondo la sopra citata metodologia si è fatto uso congiuntamente degli strumenti GIS e del software HEC-HMS. Sono stati realizzati due modelli differenti per i diversi bacini studiati:

- bacino del Cerfone;
- bacini del Tevere, Sovara e Selci.

#### 5.2.3.1 Bacino del Cerfone



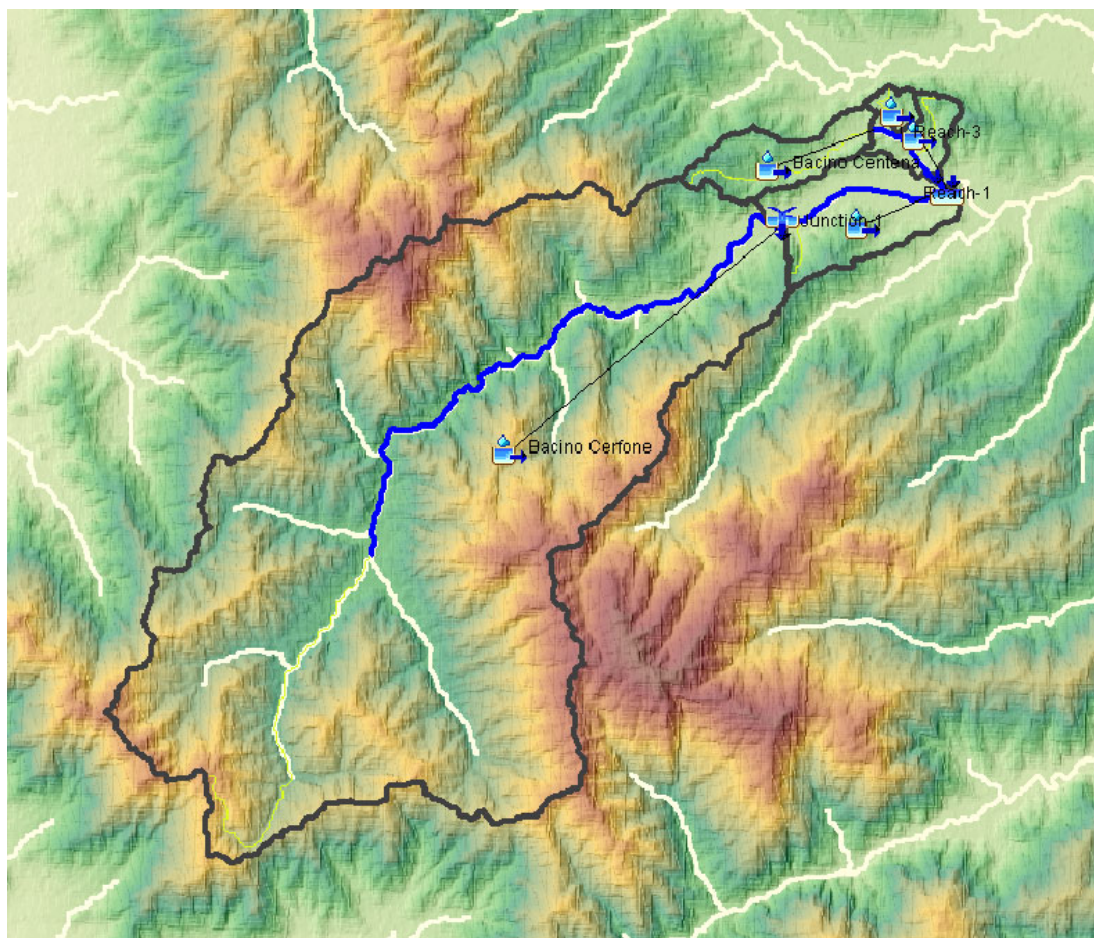


Figura 12 – Bacino Cerfone

La simulazione è stata eseguita per eventi con tempo di ritorno 50,100,200 e 500 anni utilizzando come input meteorico uno ietogramma Chicago con picco posto a metà della durata dell'evento. Gli ietogrammi del bacino sono stati definiti a partire dai parametri pluviometrici a,n di seguito riportati:

Bacino	TR50		TR100		TR200		TR500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]
<b>Cerfone</b>	56.1	0.234	63.33	0.258	70.8	0.28	81.35	0.29

Tabella 6 – Parametri pluviometrici a,n bacini principali

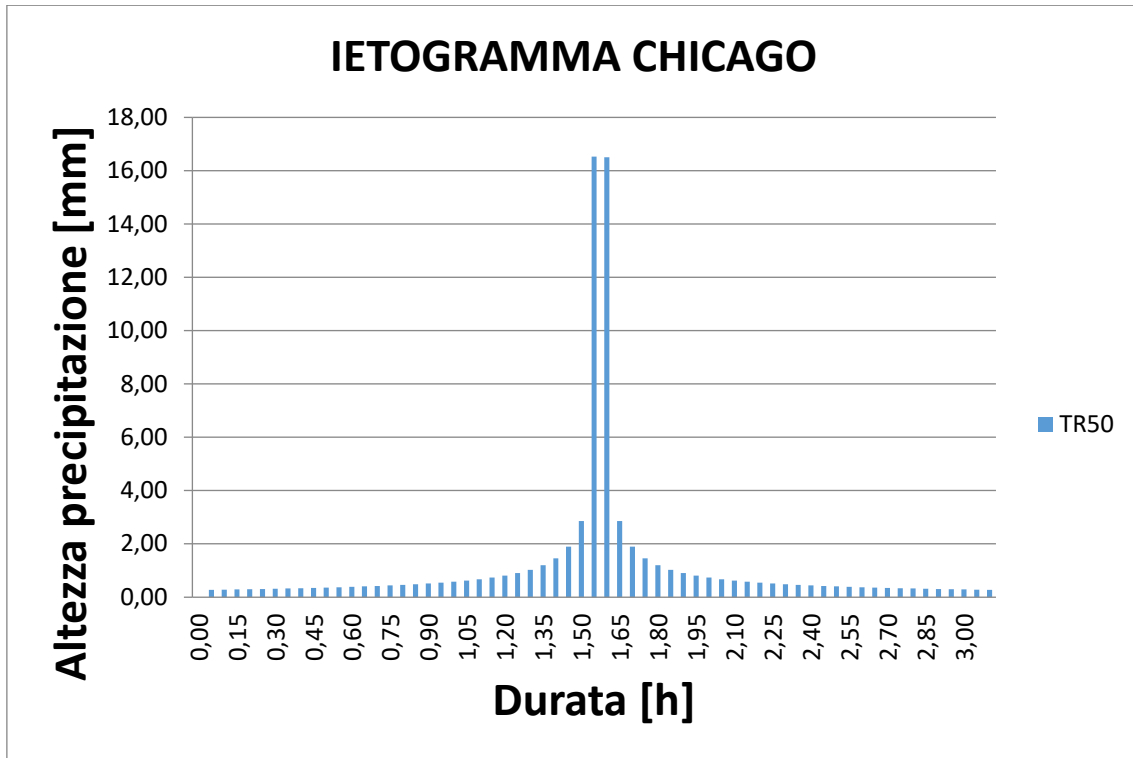


Figura 13 – Ietogramma bacino Cerfone TR50 anni

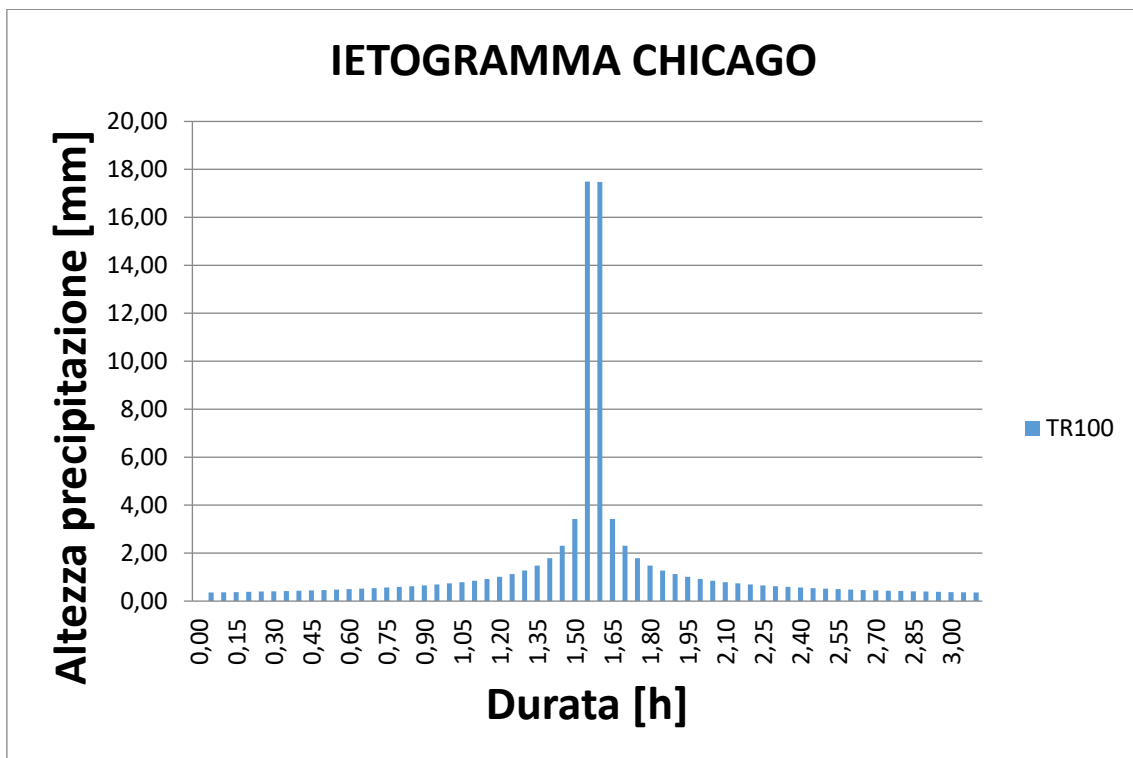


Figura 14 – Ietogramma bacino Cerfone TR100 anni

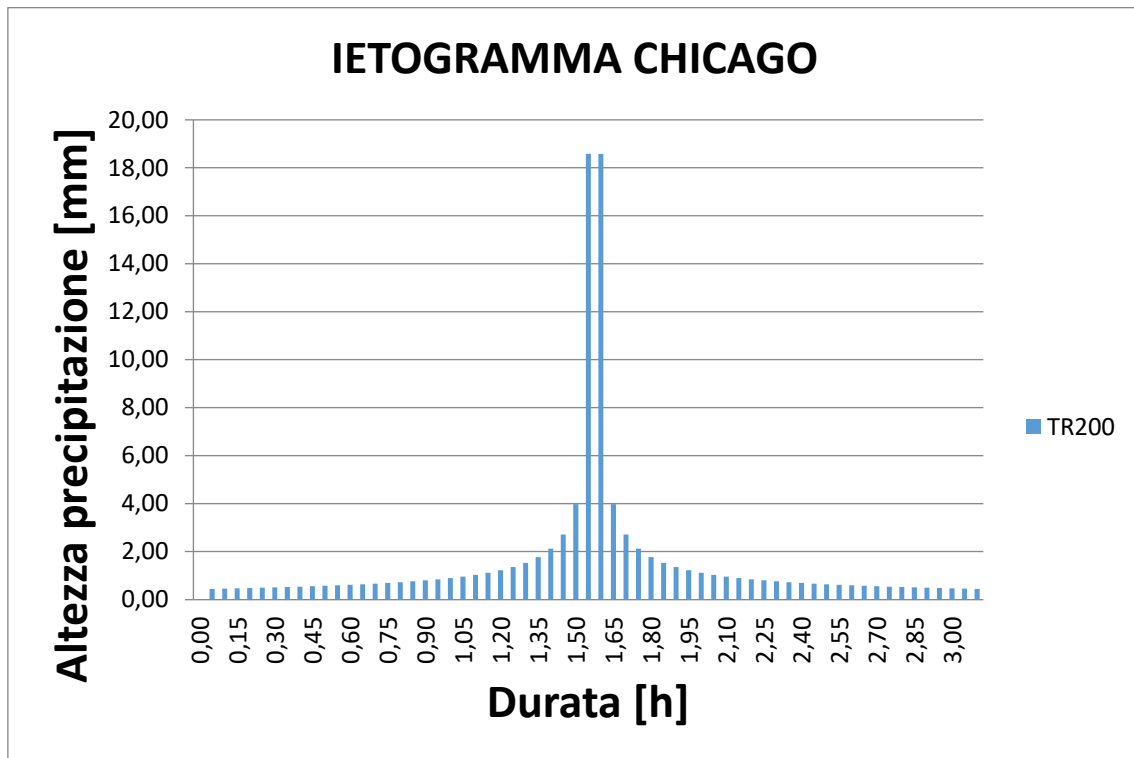


Figura 15 – Ietogramma bacino Cerfone TR200 anni

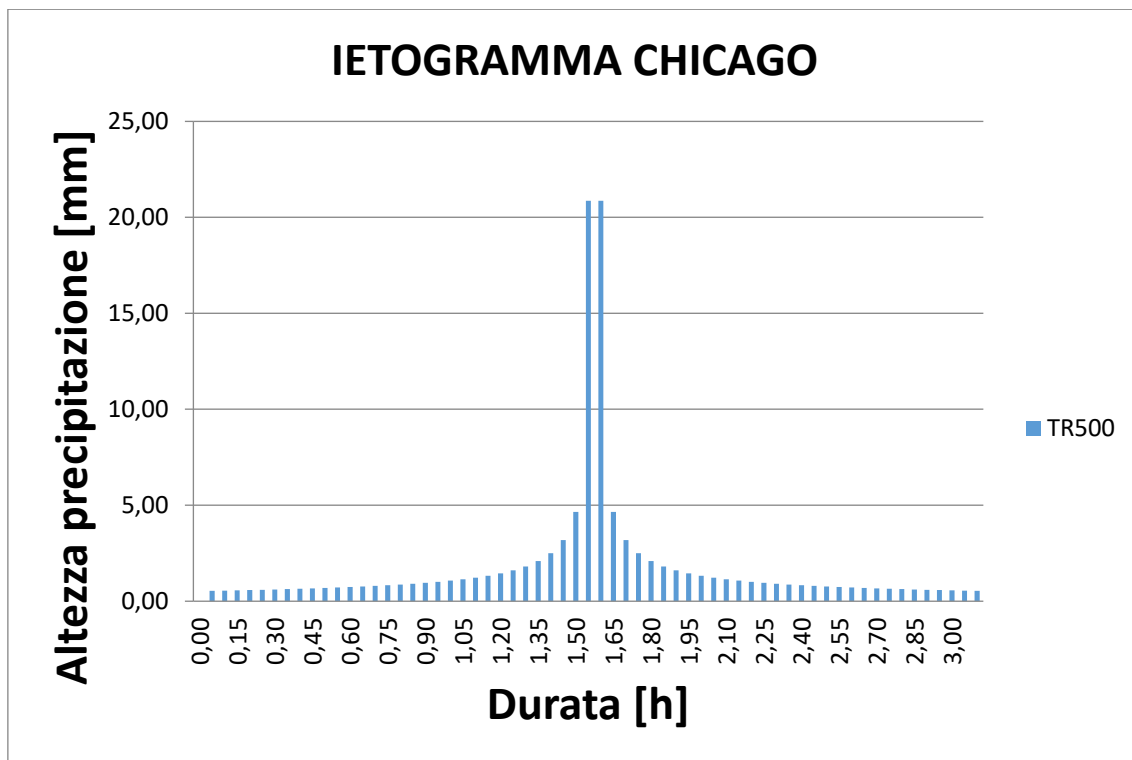


Figura 16 – Ietogramma bacino Cerfone TR500 anni

5.2.3.2 Bacini del Tevere, Sovara, Selci

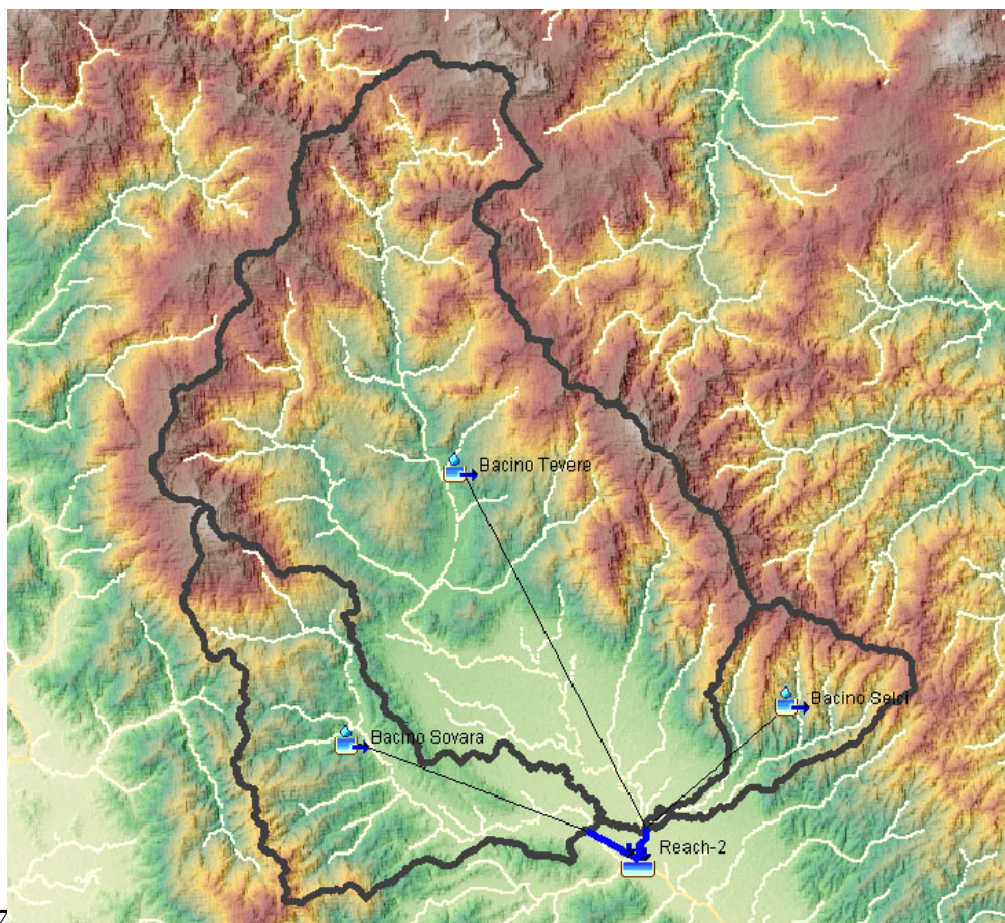


Figura 17 – Bacini Tevere, Sovara, Selci

Le simulazioni sono state eseguite per eventi con tempo di ritorno 200 anni ed utilizzando come input meteorico ietogrammi Chicago con picco posto a metà della durata dell’evento. Gli ietogrammi dei diversi bacini sono stati definiti a partire dai parametri pluviometrici a,n di seguito riportati:

Bacino	TR50		TR100		TR200		TR500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]	[mm/ora^n]	[-]
<b>Tevere</b>	56.1	0.234	63.33	0.258	70.8	0.28	81.35	0.29
<b>Sovara</b>	60.98	0.26	68.65	0.283	76.47	0.3	87.55	0.314
<b>Selci</b>	53.06	0.27	57.72	0.27	63.17	0.27	69.26	0.269

Tabella 7 – Parametri pluviometrici a,n bacini principali

TR50 anni

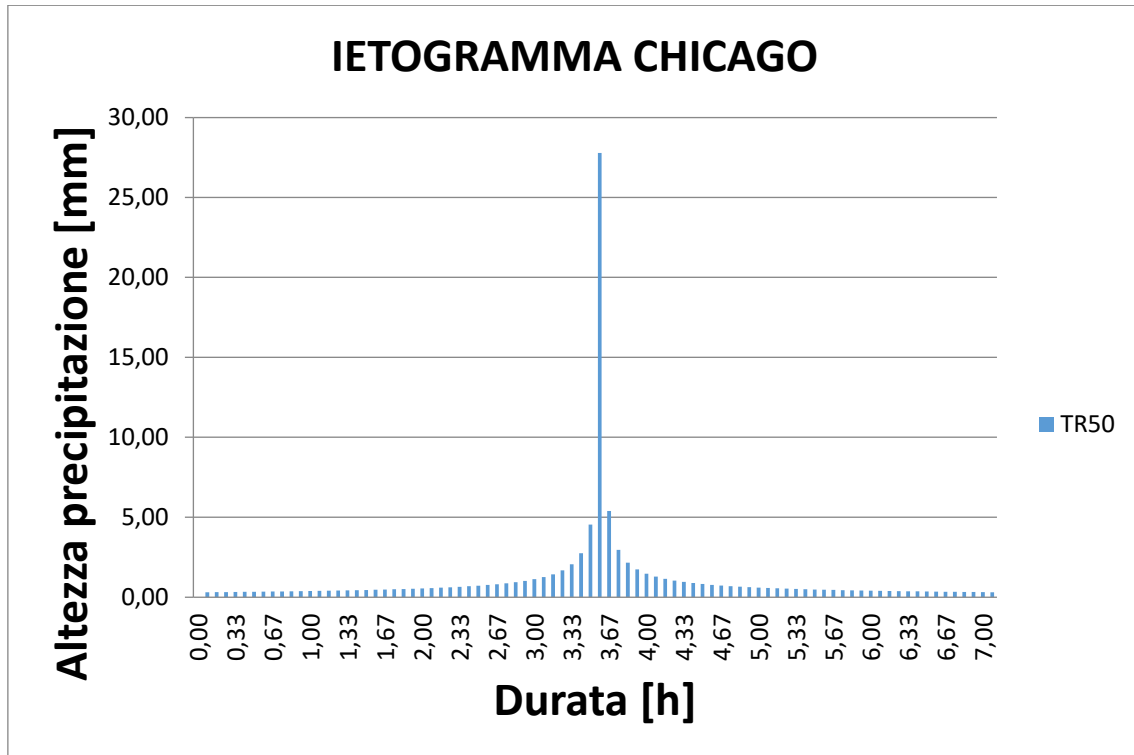


Figura 18 – Ietogramma bacino Tevere TR50 anni

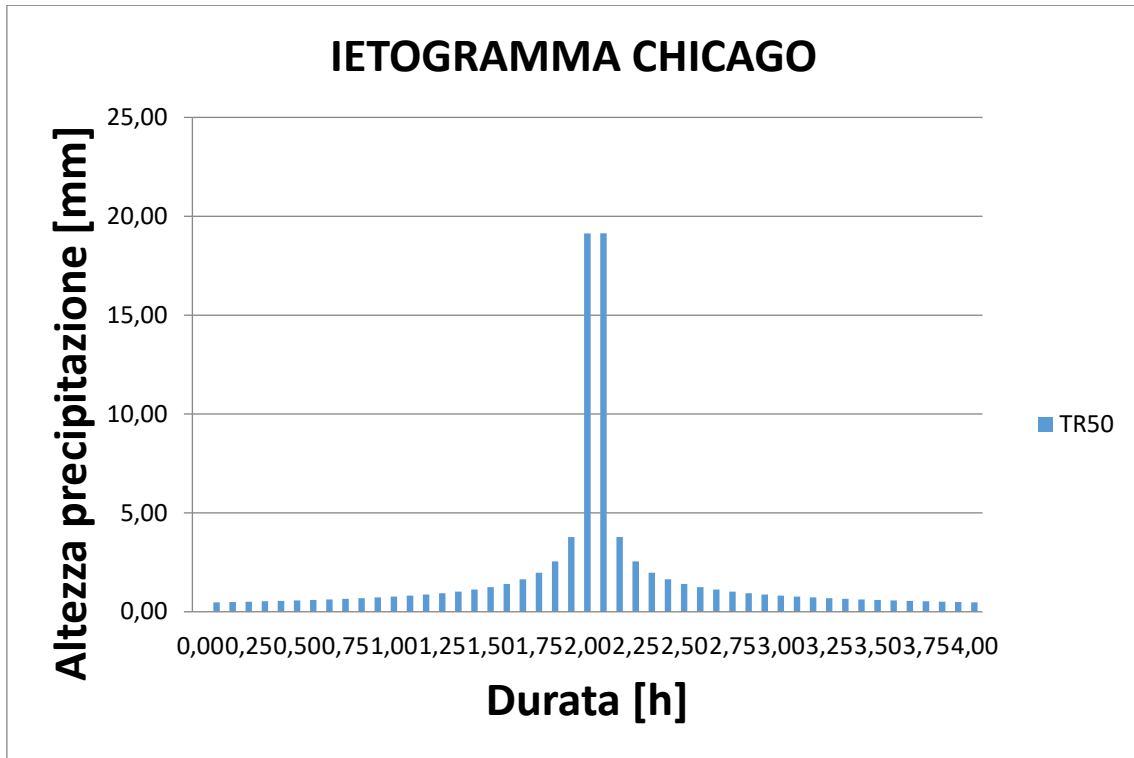


Figura 19 – Ietogramma bacino Sovara TR50 anni

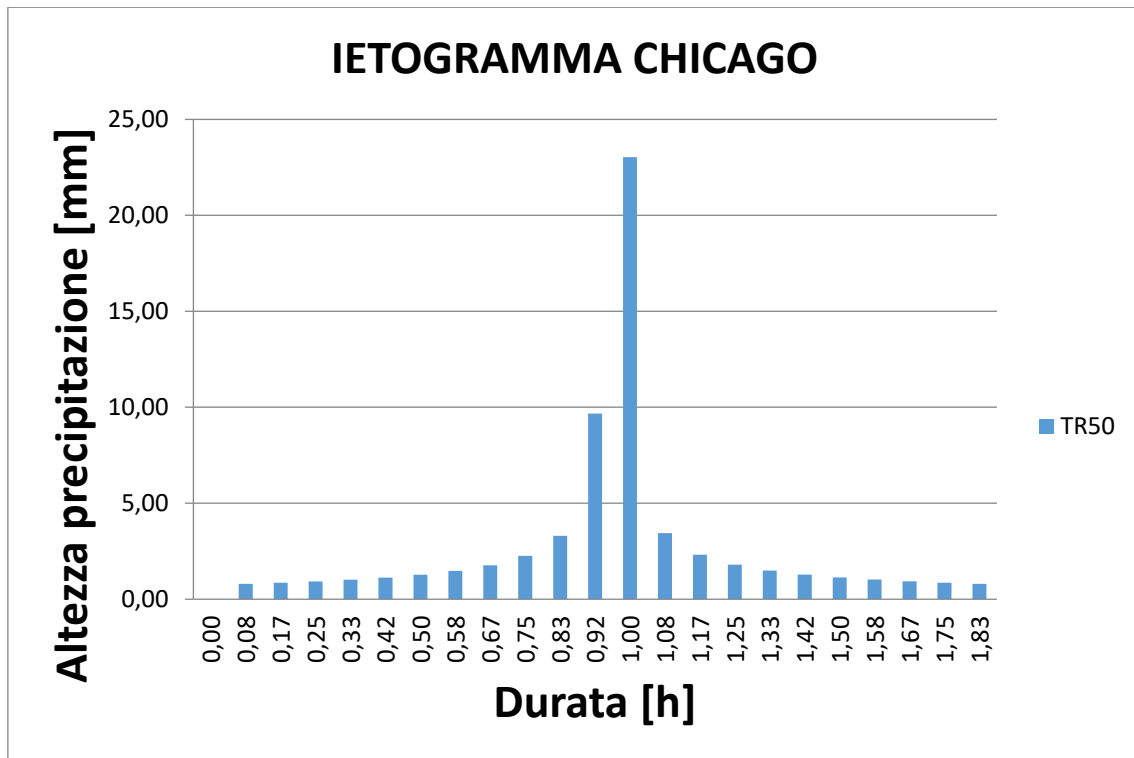


Figura 20 – Ietogramma bacino Selci TR50 anni

TR100 anni



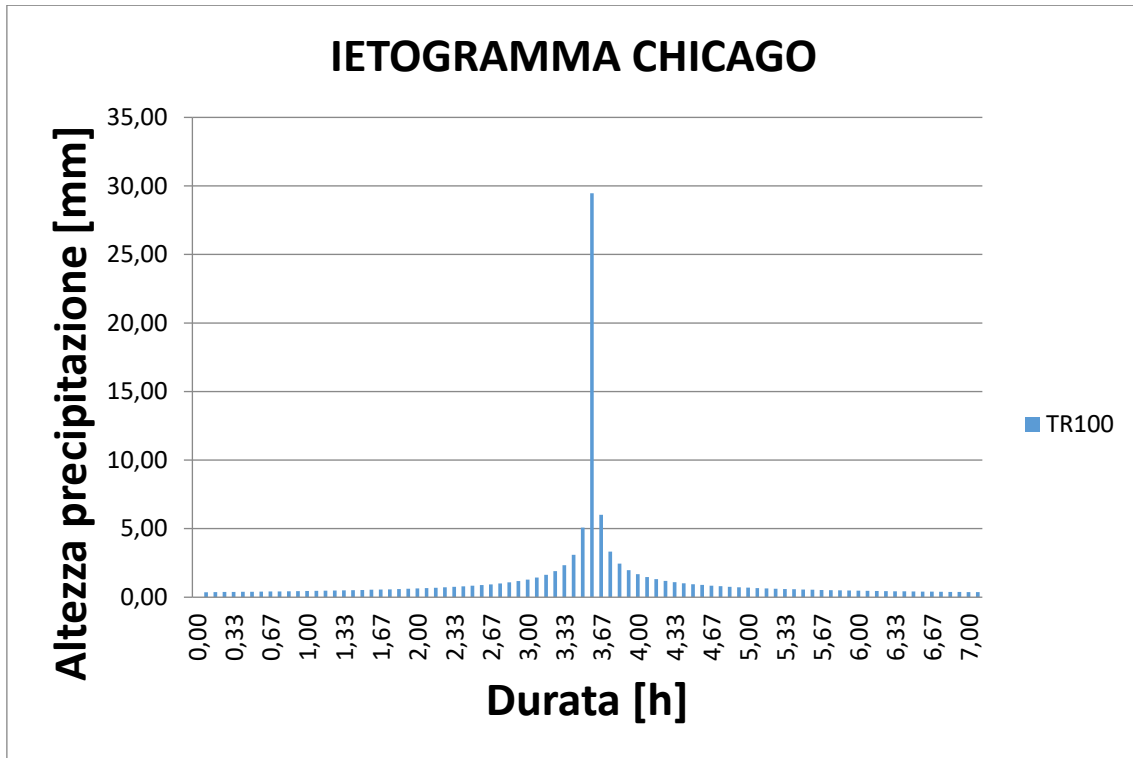


Figura 21 – Ietogramma bacino Tevere TR100 anni

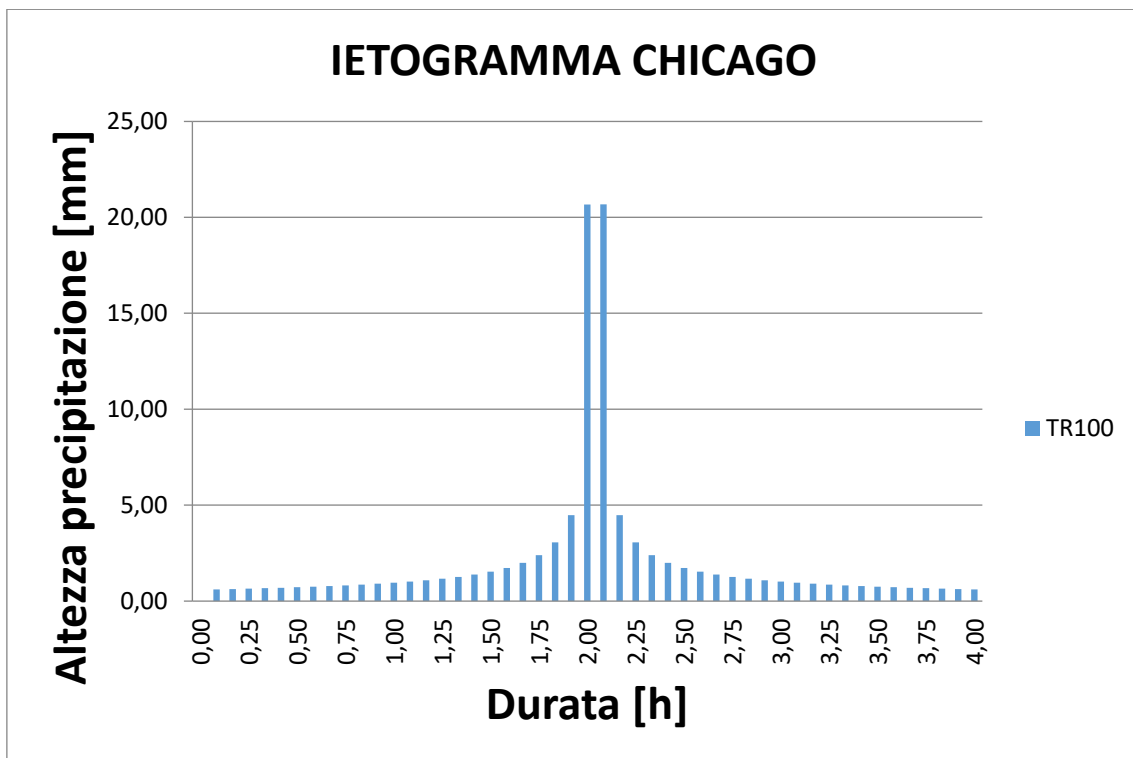


Figura 22 – Ietogramma bacino Sovara TR100 anni

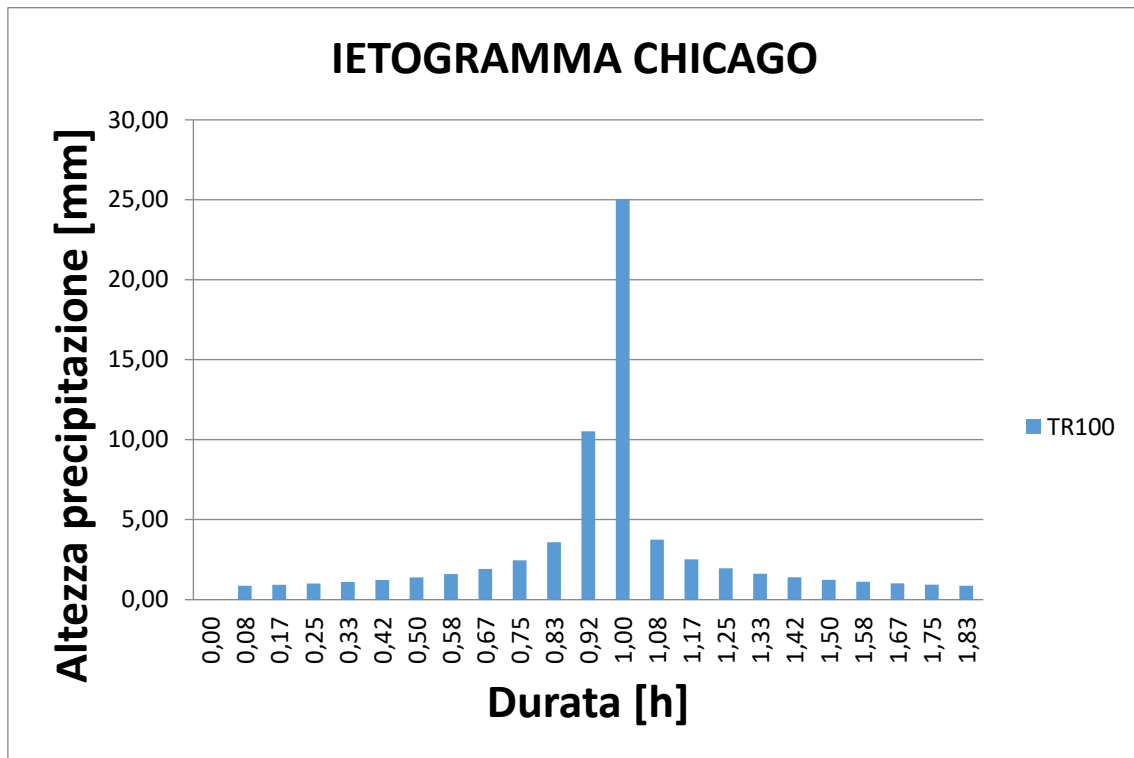


Figura 23 – Ietogramma bacino Selci TR100 anni

TR200 anni

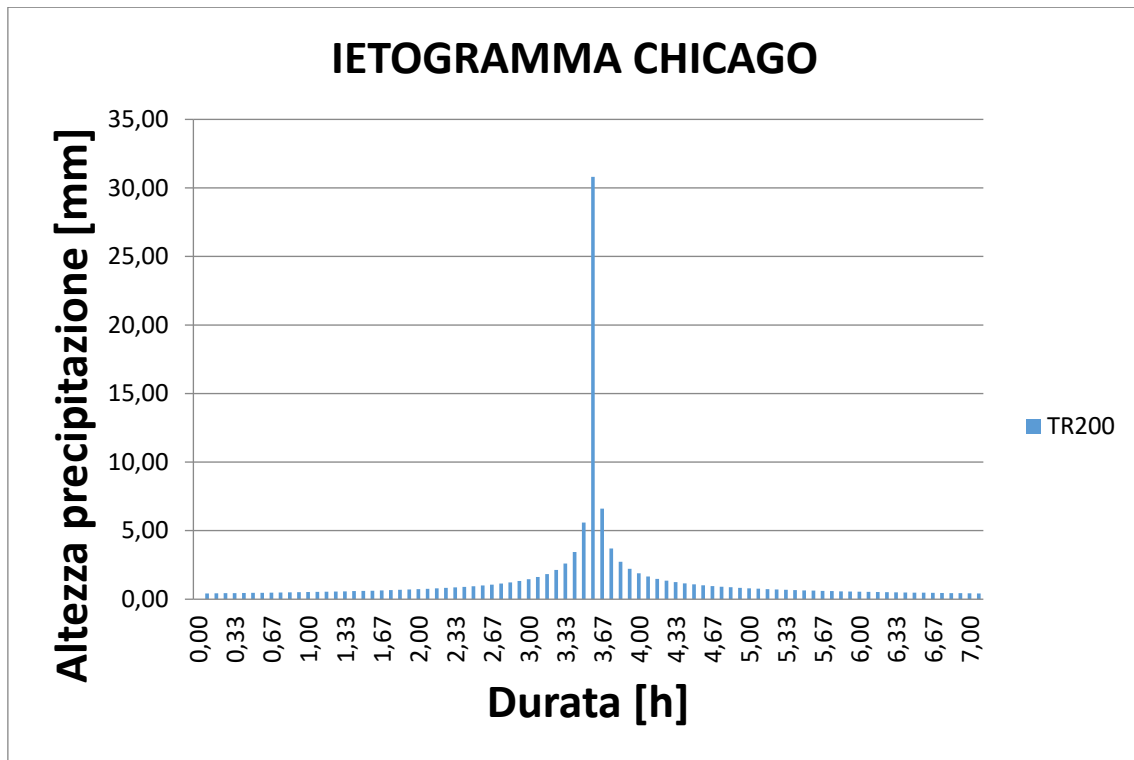


Figura 24 – Ietogramma bacino Tevere TR200 anni

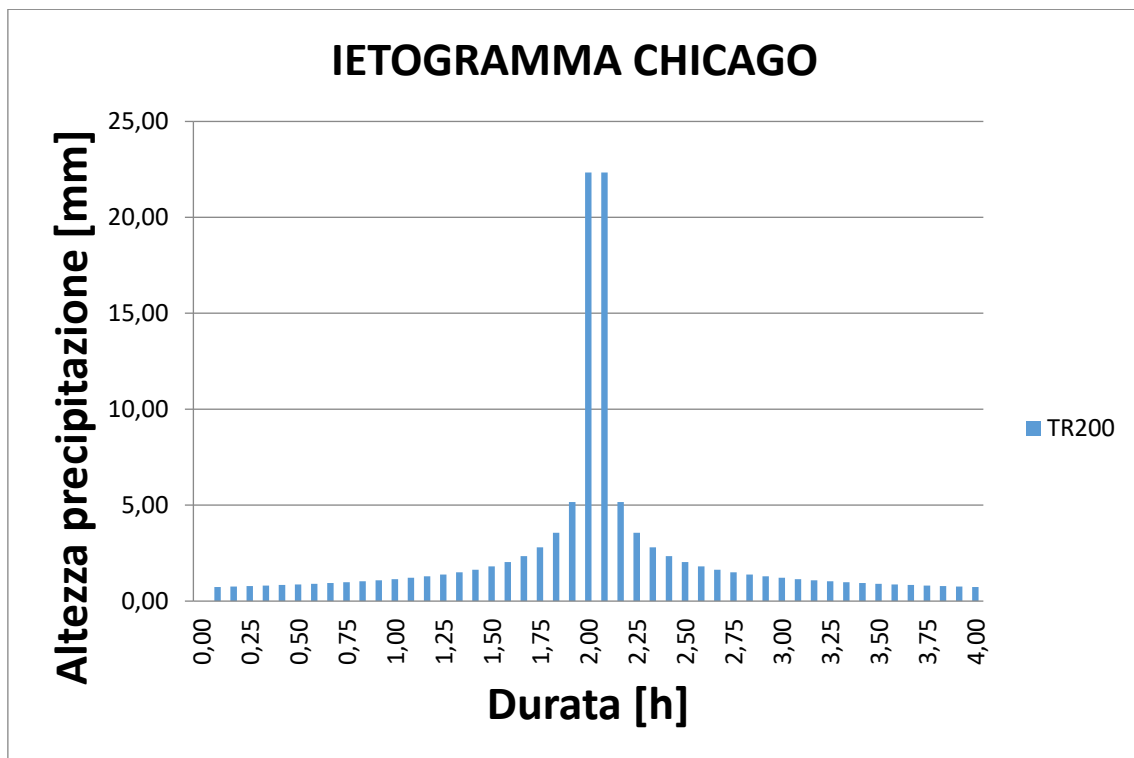


Figura 25 – Ietogramma bacino Sovara TR200 anni

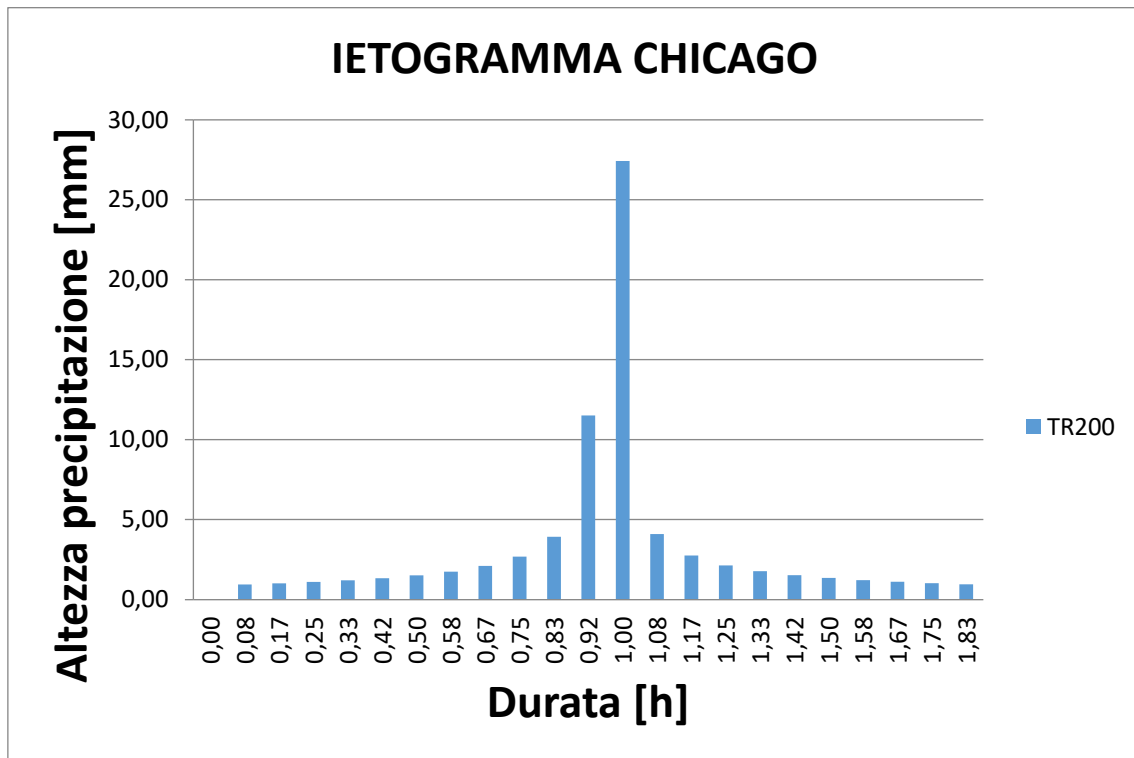


Figura 26 – Ietogramma bacino Selci TR200 anni

TR500 anni

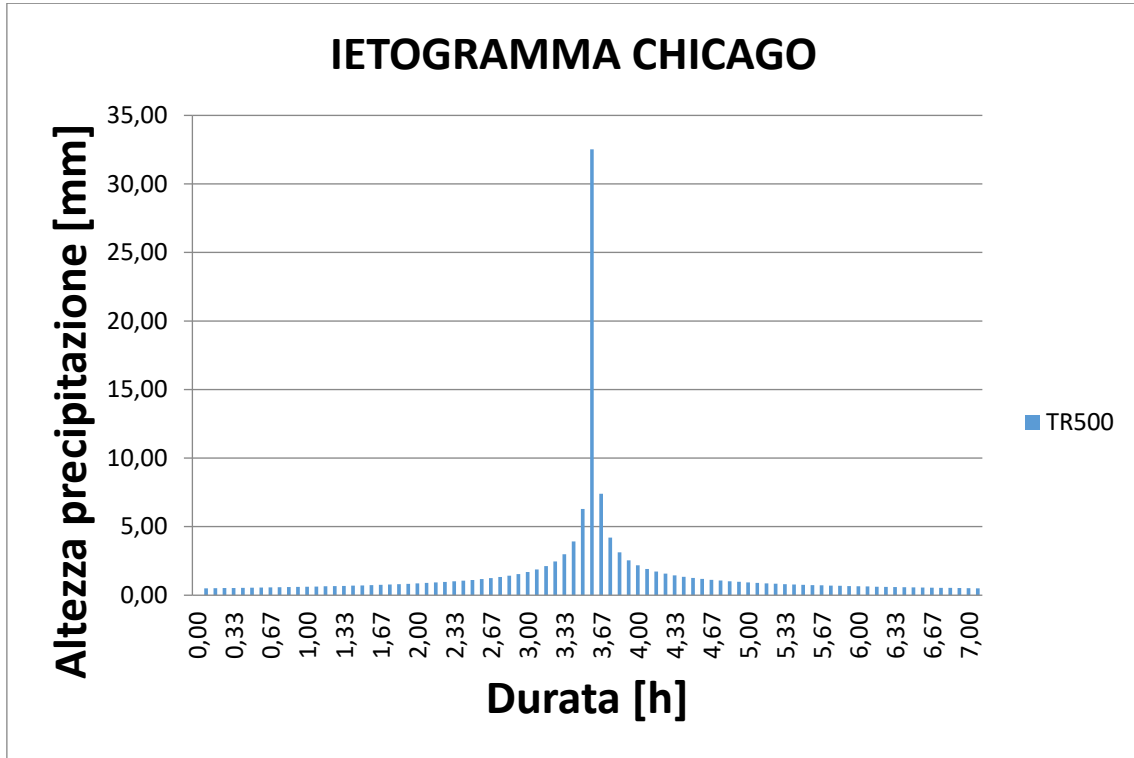


Figura 27 – Ietogramma bacino Tevere TR500 anni

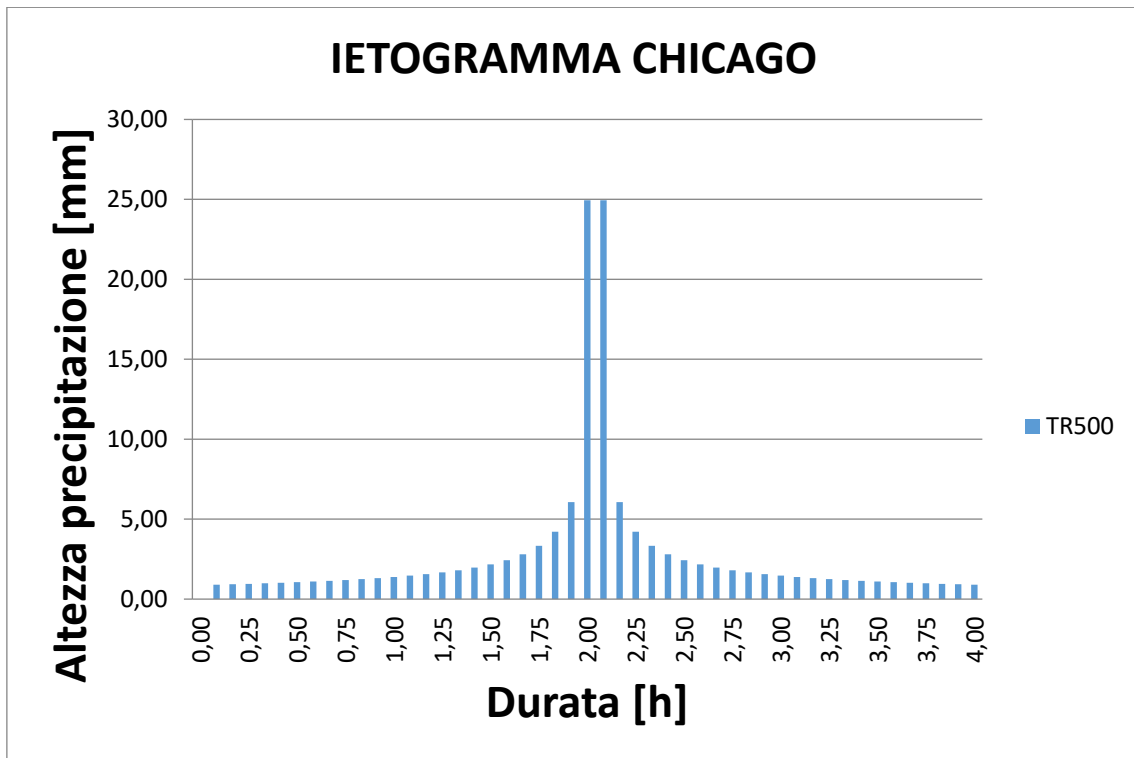


Figura 28 – Ietogramma bacino Sovara TR500 anni

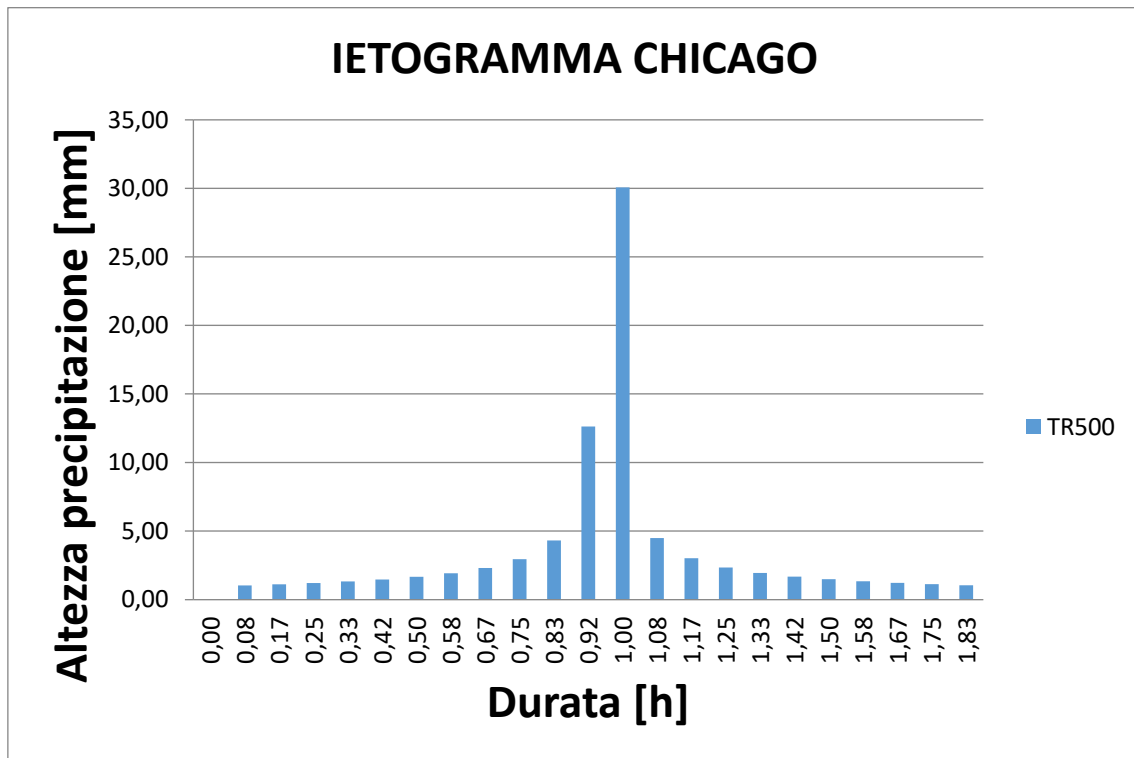


Figura 29 – Ietogramma bacino Selci TR500 anni

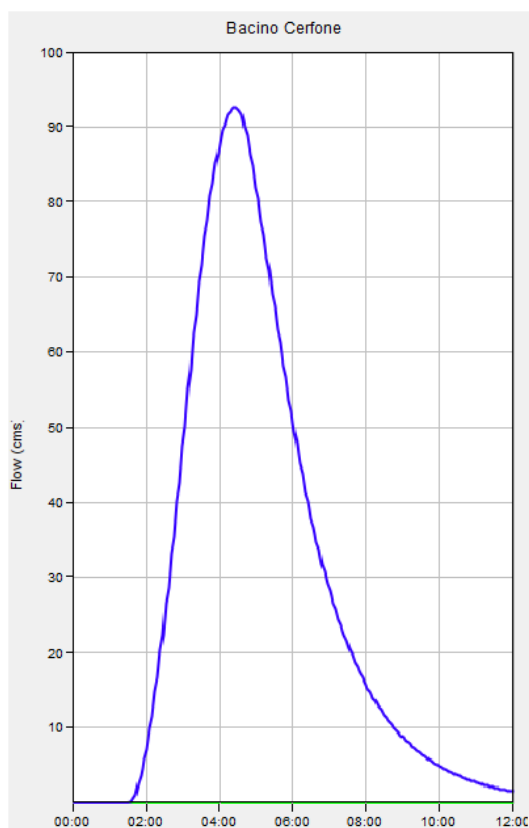
## 6 SINTESI DEI RISULTATI IDROLOGICI

### 6.1 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI

#### 6.1.1 Bacino del Cerfone

Le simulazioni condotte hanno consentito di ottenere l'idrogramma di piena in corrispondenza di tutti gli elementi costituenti il modello.

Nelle figure seguenti si riportano gli output delle simulazioni condotte al variare del tempo di ritorno nella sezione di chiusura del bacino del Cerfone. Nella Tabella 7 sono riassunti i risultati ottenuti dalle diverse modellazioni.



*Figura 30 – Idrogramma bacino Cerfone TR50 anni*

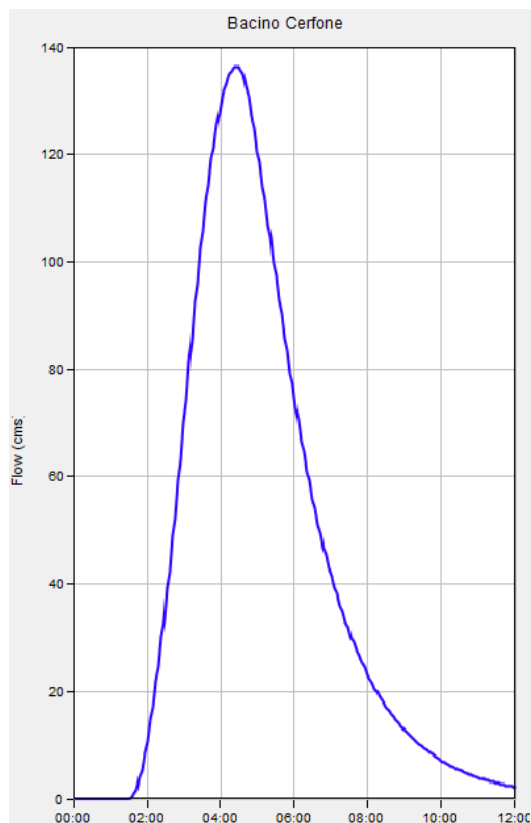


Figura 31 – Idrogramma bacino Cerfone TR100 anni



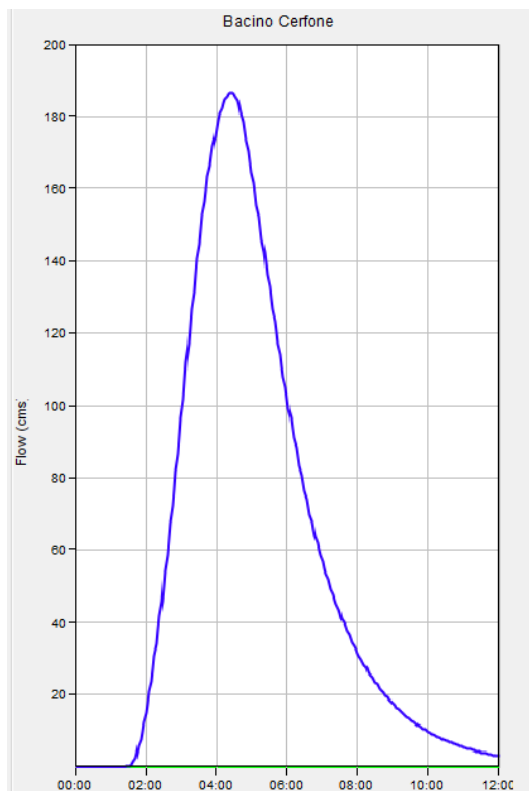


Figura 32 – Idrogramma bacino Cerfone TR=200 anni

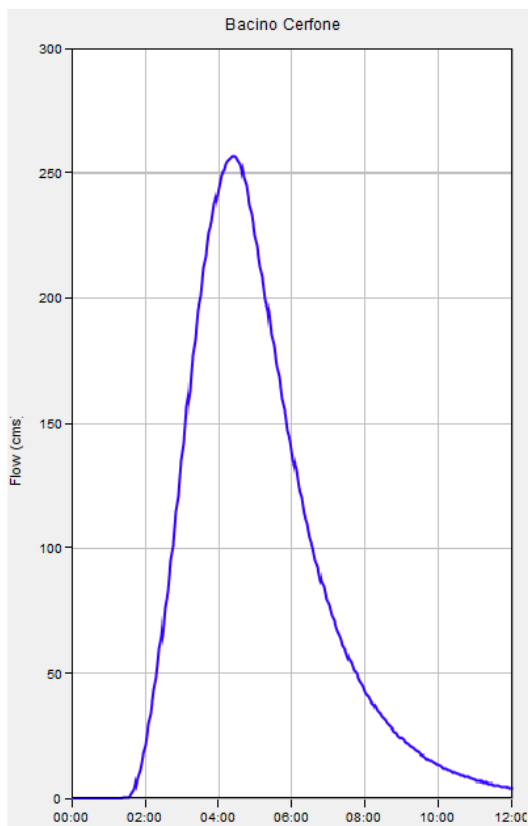


Figura 33 – Idrogramma bacino Cerfone TR500 anni

Bacino Cerfone			
TR	C Clark	CN	Q max
	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]
50	1.7	66.7	92.6
100	1.7	66.7	136.4
200	1.7	66.7	186.4
500	1.7	66.7	256.7

Tabella 8 – Risultati simulazione HEC-HMS

### 6.1.2 Bacini del Tevere, Sovara, Selci

Le simulazioni condotte hanno consentito di ottenere l'idrogramma di piena in corrispondenza di tutti gli elementi costituenti il modello.

Nelle figure seguenti si riportano gli output delle simulazioni condotte al variare del tempo di ritorno nelle sezioni di chiusura dei bacini del Tevere, Sovara e Selci. Nella Tabella 8 sono riassunti i risultati ottenuti dalle diverse modellazioni.

#### TR50 anni

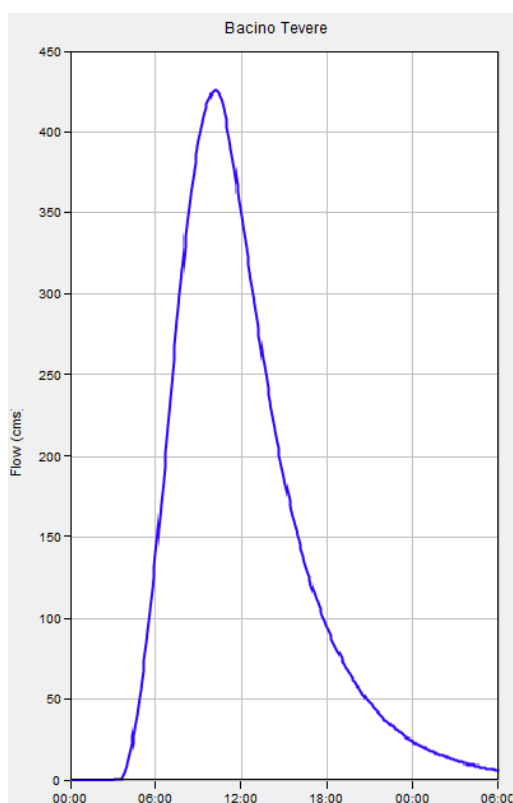


Figura 34 – Idrogramma bacino Tevere TR50 anni

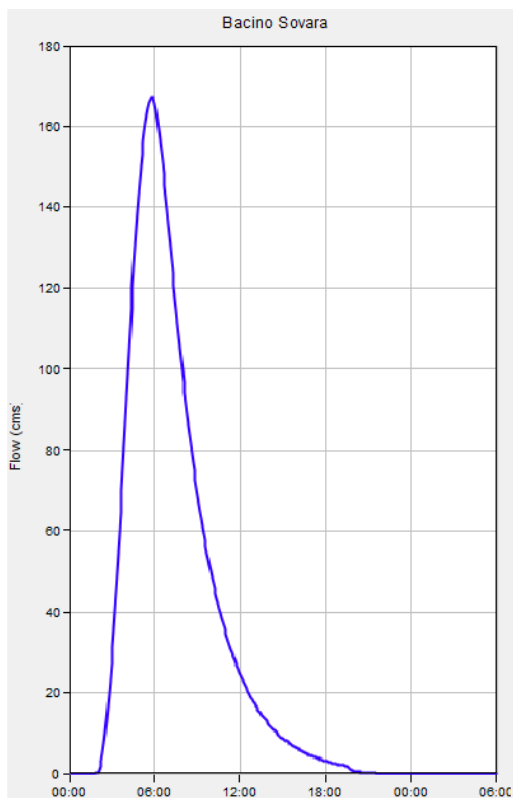
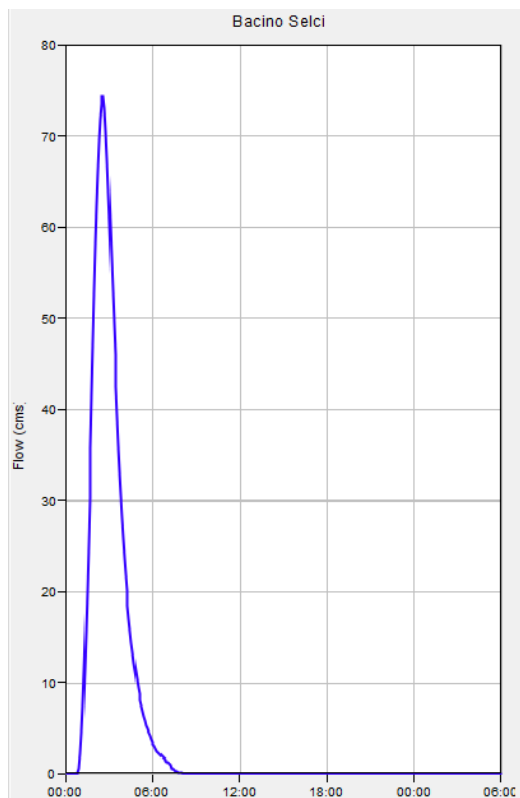


Figura 35 – Idrogramma bacino Sovara TR50 anni



*Figura 36 – Idrogramma bacino Selci TR50 anni*

TR100 anni

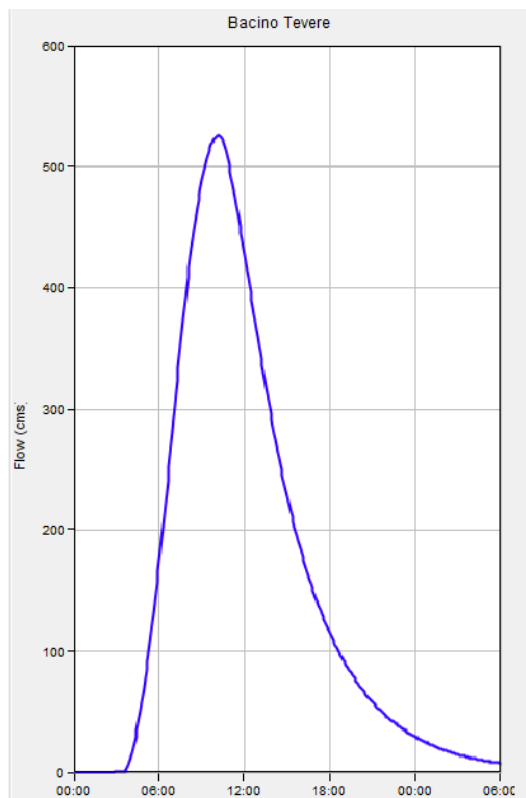


Figura 37 – Idrogramma bacino Tevere TR100 anni

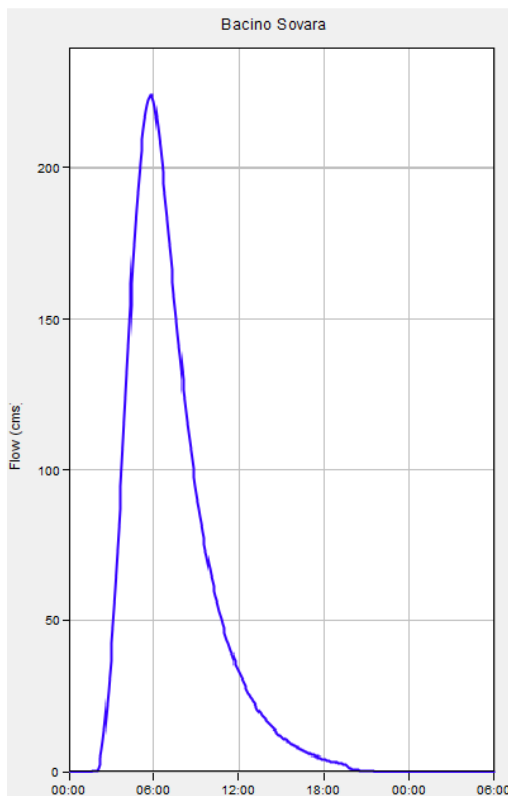


Figura 38 – Idrogramma bacino Sovara TR100 anni

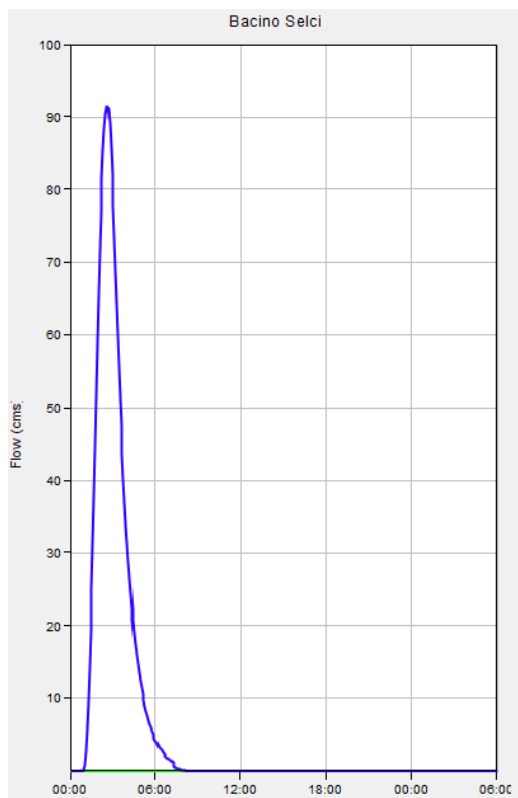


Figura 39 – Idrogramma bacino Selci TR100 anni

TR200 anni



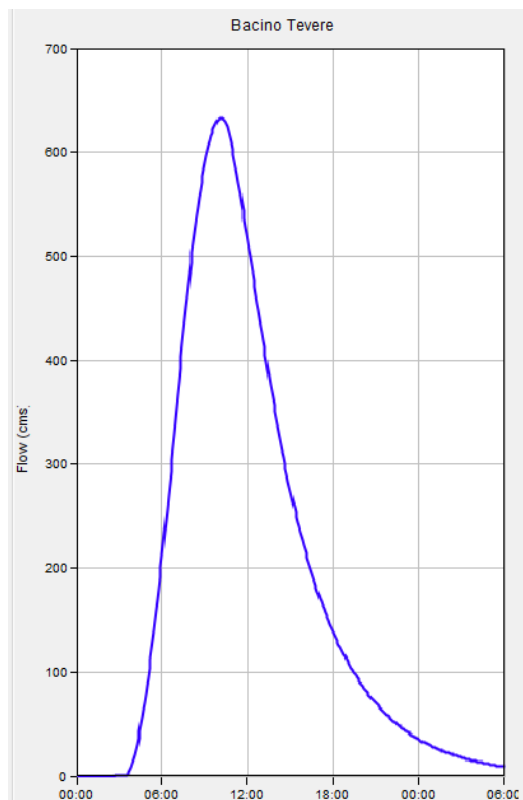


Figura 40 – Idrogramma bacino Tevere TR200 anni

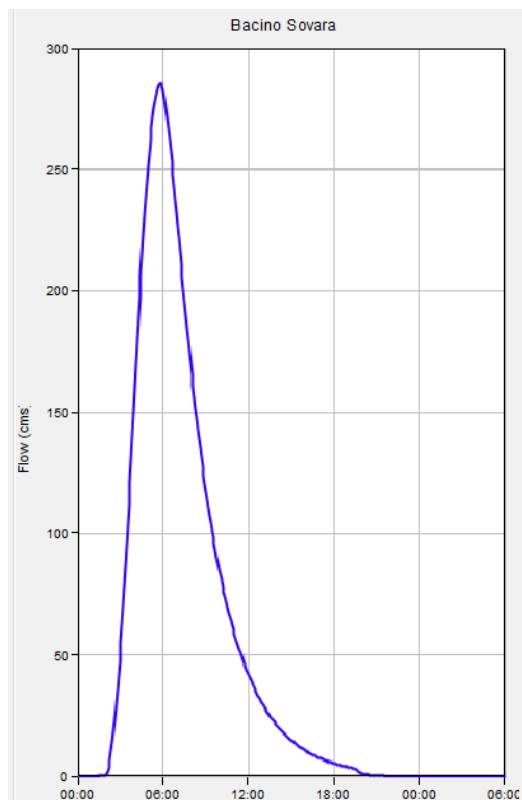
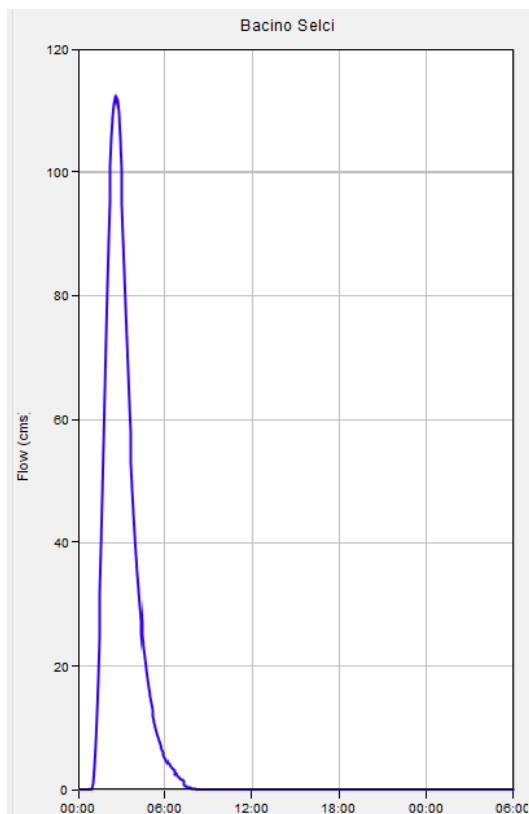


Figura 41 - Idrogramma Bacino Sovara TR200 anni



*Figura 42 - Idrogramma Bacino Selci TR200 anni*

TR500 anni

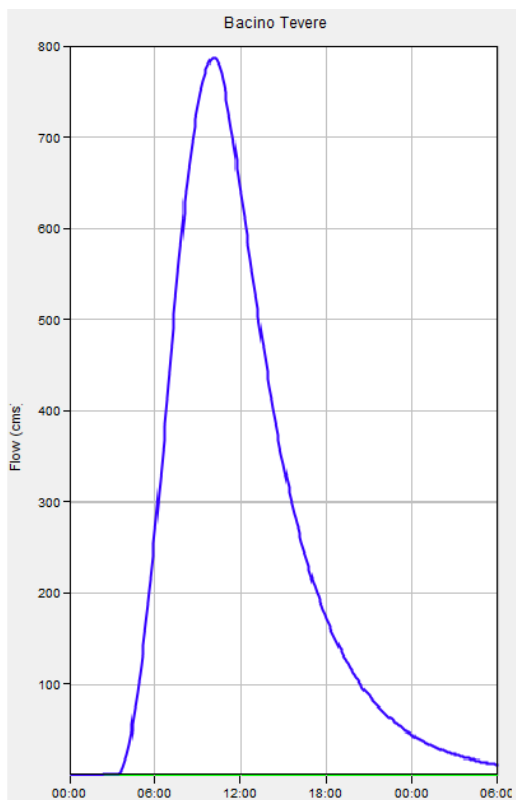


Figura 43 – Idrogramma bacino Tevere TR500 anni

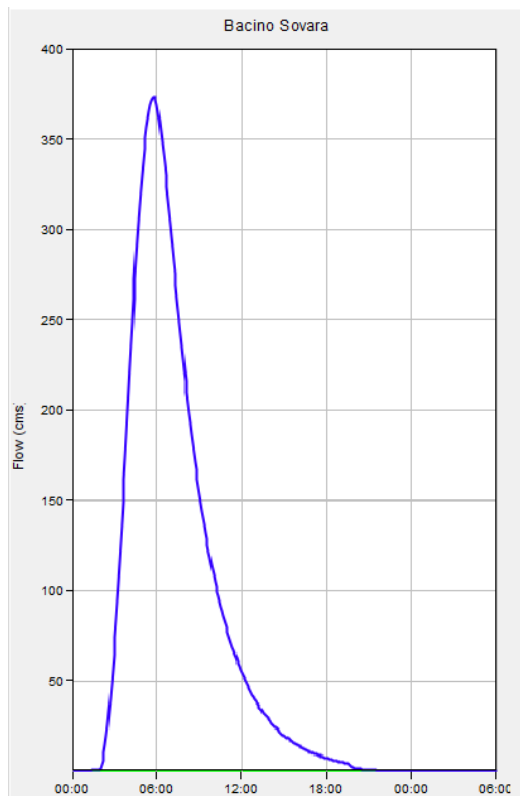


Figura 44 – Idrogramma bacino Sovara TR500 anni

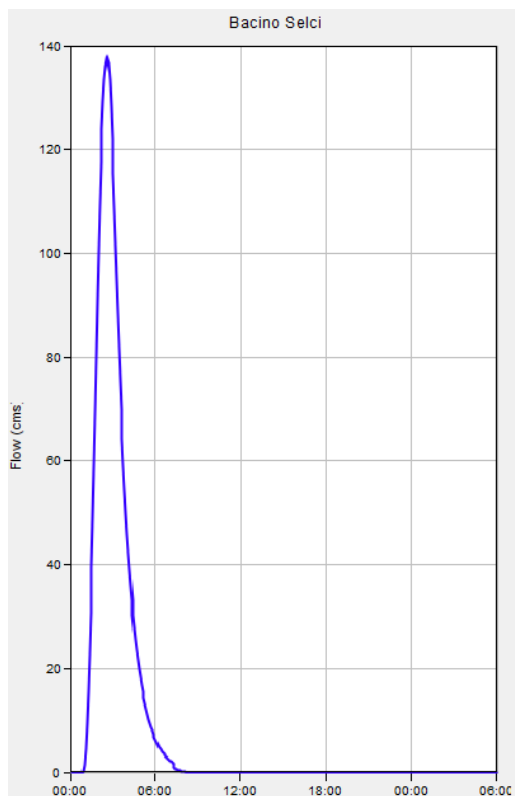


Figura 45 – Idrogramma bacino Selci TR500 anni

TR	Bacino Tevere			Bacino Sovara			Bacino Selci		
	C Clark	CN	Q max	C Clark	CN	Q max	C Clark	CN	Q max
	[-]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]	[-]	[m <sup>3</sup> /s]
50	4.4	72.4	425.5	2.9	72.6	167.3	1	72.2	74.4
100	4.4	72.4	525.4	2.9	72.6	224.3	1	72.2	91.2
200	4.4	72.4	633.1	2.9	72.6	285.4	1	72.2	112.2
500	4.4	72.4	786.7	2.9	72.6	373.4	1	72.2	137.2

Tabella 9 – Risultati simulazione HEC-HMS

## 6.2 CORSI D'ACQUA MINORI

Di seguito si riportano i valori di pioggia e di portate ottenuti dall'analisi idrologica e di riferimento per le successive computazioni idrauliche

### Parametri idrologici

Le curve di possibilità pluviometrica adottate, secondo la metodologia descritta, si riferiscono a durate superiori all'ora in quanto il bacino del Selci (l'unico per il quale è stata eseguita l'analisi probabilistica) presenta un tempo di corrivazione pari a circa 1,84 h.

progettazione ati:

Pag. 52 di 55

	TR	25	50	100	200	500
d > 1 ora	a	47.7	52.7	57.7	62.7	69.3
	n	0,269	0,269	0,269	0,269	0,269

Tabella 10: Parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica.

Portate al colmo nelle sezioni di chiusura dei bacini

Nella tabella a seguire sono descritti i valori di portata di progetto duecentennale dei bacini minori interferenti col tracciato stradale. Si evidenzia per ciascun bacino il valore di portata al colmo, il tempo di corrivazione e il coefficiente di deflusso utilizzati per la modellazione monodimensionale in moto permanente degli attraversamenti minori.

Attraversamento	Area [km <sup>2</sup> ]	t <sub>c</sub> minimo [ore]	h [mm] Tr=200	C	Q [m <sup>3</sup> /s] Tr=200
Rio Rosciano	0.18	0.25	50.35	0.30	3.07
Rio dell'Erbosa	0.30	0.25	50.35	0.30	4.99
Fosso della Centena	3.26	0.62	66.17	0.30	28.95
Torrente km. 4+450	0.58	0.25	50.35	0.30	9.74
Rio del Paradiso	0.34	0.25	50.35	0.30	5.64
Rio km. 8+050	0.06	0.25	50.35	0.30	0.99

Tabella 11 - Valori di portata al colmo duecentennale e portata specifica determinati per i bacini minori interferenti.