

IMPIANTO AGROVOLTAICO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
DA FONTE SOLARE DENOMINATO "STRECAPRETE" DI POTENZA
NOMINALE PARI A 15,0 MVA E POTENZA INSTALLATA PARI A 16,396 MW

REGIONE BASILICATA
PROVINCIA di POTENZA
COMUNI DI VENOSA e MONTEMILONE

PROGETTO DEFINITIVO

Tav.:

Titolo:

R14

Relazione Idrologica

Scala:

Formato Stampa:

Codice Identificatore Elaborato

n.a.

A4

R14_RelazioneIdrologica_14

Progettazione:

Committente:



Dott. Ing. Fabio CALCARELLA

Via B. Ravenna, 14 - 73100 Lecce
Mob. +39 340 9243575
fabio.calcarella@gmail.com - fabio.calcarella@ingpec.eu

Stern PV 5 S.r.l.

Largo Michele Novaro 1/A
CAP 43121 - PARMA (PR)
PEC - sternpv5srl@pec.it

Dott. Geol. Gianluca SELLERI
Via Francesco Lo RE, 6
73100 - LECCE
Tel: +39 3929534082
E-mail: geologogianlucaselleri@gmail.com



S. Stern PV 5

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Novembre 2021	Prima emissione	STC	FC	Stern PV 5 srl

Sommario

1	– PREMESSA.....	2
2	- MODELLO GEOMORFOLOGICO.....	1
3	- INTERFERENZA CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA	3
4	– STUDIO IDROLOGICO	4
	Idrogr1nma di piena BC_01.....	24
	Idrogramma di piena BC_02.....	24
	Idrogr1nma di piena BC_03	25
	Idrogramma di piena BC_04	25
	Idrogramma di piena BC_05.....	26

1 – PREMESSA

Il presente studio idraulico si riferisce ai terreni su cui insiste l'impianto fotovoltaico denominato Strecaprete della potenza nominale di 15MW.

L'impianto ricade nei territori comunali di Venosa (PZ) e Montemilone (PZ), più precisamente in un'area collinare, denominata 'Piana di Boreano', che si estende ad una quota media di circa 350 m. s.l.m., compresa negli elementi 435150 e 452030 della CTR in scala 1:10000 della Regione Basilicata (Figura 1.1) In particolare, le aree di impianto più settentrionali ricadono nel comune di Montemilone, mentre l'area di impianto meridionale e l'area di sottostazione ricadono nel territorio comunale di Venosa.

L'area è nel complesso pianeggiante e risulta incisa da aste fluviali del primo ordine che confluiscono verso Ovest nel torrente Lampeggiano e verso Est nella valle Cornuta, affluenti a propria volta dell'invaso artificiale di Locone.

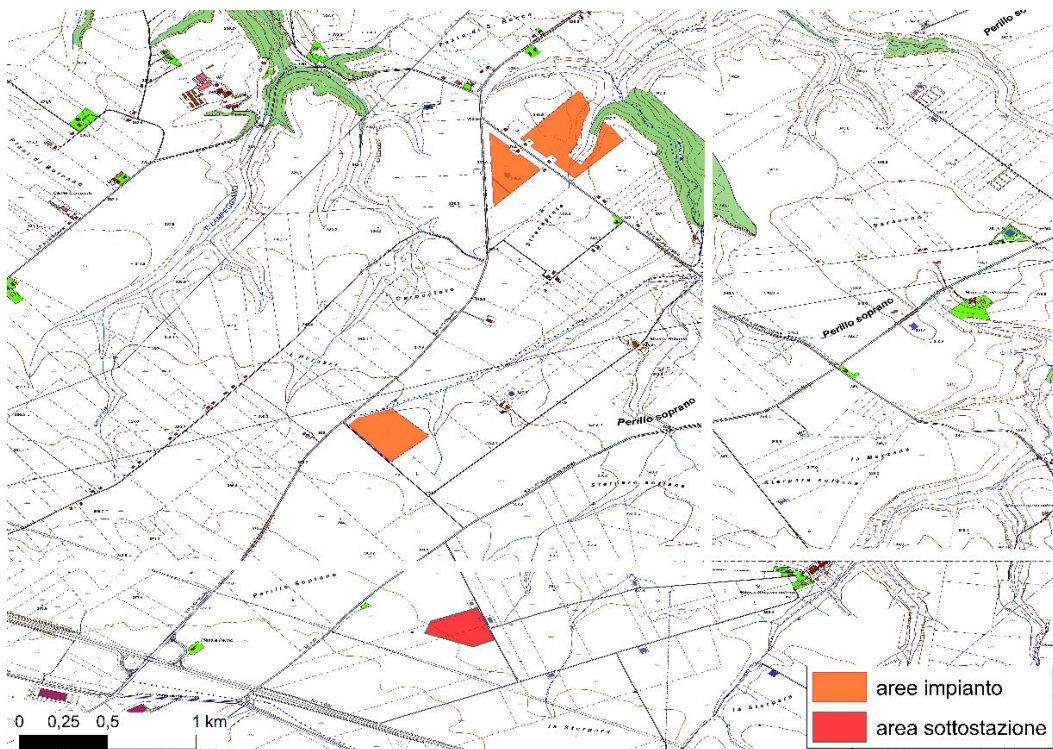


Fig. 1.1 – Area di impianto

Attraverso il presente studio si è proceduto a verificare le previsioni di progetto in relazione alla presenza della rete idrografica attraverso un'analisi svolta a scala di sottobacino riguardante i seguenti specifici aspetti:

- caratteri idrografici;
- caratteri altimetrici;
- caratteri geologici ed idrogeologici;

- caratteri morfologici
- caratteri pedologici e di uso del suolo.

Tale analisi è stata condotta con i software Quantum GIS, SAGA Gis e GRASS Gis, integrando i dati di rilievo originali (dati geologico-stratigrafici, permeabilità dei terreni, uso del suolo) con quelli di letteratura specialistica disponibili relativi a:

- Modello Digitale del terreno in formato raster,
- Carta Pedologica in formato raster,
- Carta di Uso del Suolo in formato raster.

Successivamente si è proceduto a svolgere l'analisi idrologica cioè a determinare la portata scolante prodotta da un evento di pioggia caratterizzato da un determinato tempo di ritorno, tenendo opportunamente conto della natura del suolo e del suo utilizzo

L'analisi idrologica è stata condotta con l'ausilio dei software Quantum GIS, SAGA Gis e GRASS Gis.

2 - MODELLO GEOMORFOLOGICO

L'area oggetto di studio ricade al limite tra il Foglio 187 "Melfi" (Area Sottostazione) ed il Foglio 175 "Cerignola" (Area Impianto) della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000). I caratteri geologico-strutturali a grande scala rientrano nel contesto geodinamico dell'Avanfossa Bradanica, bacino di sedimentazione plio-pleistocenico, compreso tra la catena appenninica meridionale ad ovest, ed il Gargano e le Murge ad est. In particolare, la suddetta area di sedimentazione è definita, ad occidente, da un margine interno, interessato da alti tassi di sedimentazione silicoclastica e costituito dai thrust attivi appenninici, che deformano unità prevalentemente terziarie, già accavallatesi sui depositi autoctoni di avanfossa (Pliocene), e ad oriente, da un margine esterno, caratterizzato, invece, da sedimentazione carbonatica.

Dal punto di vista litostratigrafico, le successioni affioranti nell'area appartengono al ciclo deposizionale della Fossa Bradanica, costituito da successioni silicoclastiche e carbonatiche, in rapporto regressivo e trasgressivo sui Calcari di Altamura e sui Flysch della Catena Appenninica. I termini trasgressivi della successione, dovuti all'annegamento della rampa regionale e all'approfondimento batimetrico del bacino, sono rappresentati da notevoli spessori di sedimenti siltoso-argillosi con livelli sabbiosi (Argille Subappennine), all'interno dei quali si rinvencono isolati corpi ghiaiosi deltizi (Conglomerato di Serra del Cedro) associati a biocalcareni e biocalciruditi intrabacinali e/o da calciruditi (Calcarenite di Gravina).

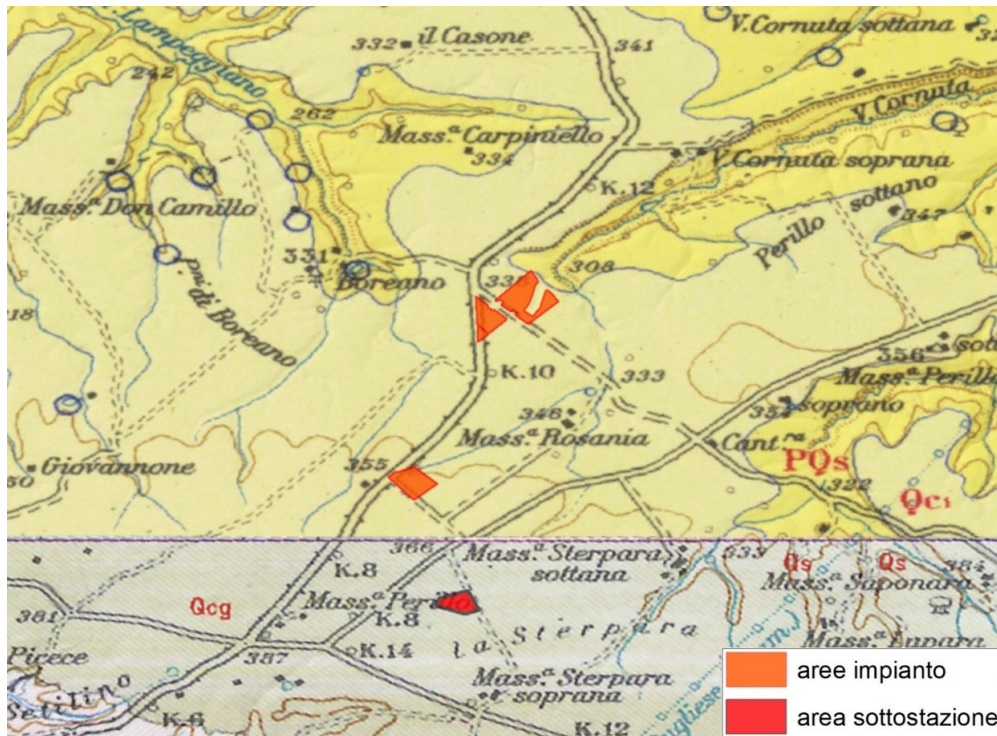


Figura 2.1 Stralcio della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100000 (Fogli 175 'Cerignola' e 187 'Melfi').

I termini regressivi, legati alla successiva fase di emersione dell'avanfossa, sono costituiti, invece, da unità sabbiose e conglomeratiche silicoclastiche e/o miste, di colmamento, che rappresentano la parte alta del ciclo sedimentario bradanico e poggiano stratigraficamente sulle Argille Subappennine con passaggio graduale e rapido o con contatto erosivo (Sabbie di Monte Marano, Calcareniti di Monte Castiglione, Sabbie dello Staturo e Conglomerato di Irsina). Alla scala sito-specifica si rileva che in corrispondenza delle Aree di Impianto il substrato geologico è rappresentato da conglomerati poligenici con ciottoli di medie e grandi dimensioni, talvolta fortemente cementatati e con intercalazioni di sabbie e arenarie (Pleistocene inferiore), mentre, in corrispondenza del Sito di Sottostazione il substrato è composto di conglomerati poligenici, perlopiù incoerenti o debolmente cementati con intercalazioni di lenti sabbiose (Pleistocene – Calabriano).

Dal punto di vista geologico-strutturale, l'area può essere inquadrata, a scala regionale, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, costituito essenzialmente di tre domini: la Catena, rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano, l'Avanfossa e l'Avampaese, rappresentato dalla regione Apulo-Garganica.

L'attuale tettonica regionale può essere, dunque, interpretata come il risultato dei vari stati tensionali, riconducibili alle fasi di messa in posto della Catena, che si sono susseguiti a

partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, causando il progressivo accavallamento, da ovest verso est, di unità mesozoico-paleogene e di unità sinorogene di Avanfossa. Dal Pleistocene inferiore in poi, l'area è stata interessata da una serie di sollevamenti tettonici, post-deposizionali; in particolare, la presenza di una serie di faglie inverse, associate a pieghe che pongono a contatto terreni della catena Appenninica con quelli della Fossa Bradanica, indicano un'ultima fase compressiva avutasi al margine esterno della catena appenninica.

Le principali direttrici tettoniche osservabili in prossimità dell'area di sito possono essere riassunte in quattro gruppi principali: NW-SE, NE-SW, E-W, N-S.

La morfologia dell'area è condizionata principalmente dalle caratteristiche litostratigrafiche dei terreni affioranti; il paesaggio, infatti, si presenta come un'estesa superficie sub-pianeggiante delimitata da incisioni, con pareti anche molto acclivi, che appaiono più pronunciate in corrispondenza dei cambi litologici, prevalentemente da litologie conglomeratiche a depositi sabbioso – arenacei. Le aree di progetto si sviluppano su morfologie perlopiù pianeggianti, con pendenza media che non supera i 5°, se non in corrispondenza di ripide incisioni che solcano e bordano il plateau sommitale lungo tutte le direzioni. In particolare, l'area di impianto più settentrionale presenta significative variazioni locali di pendenza (da 3° a 15° circa), in corrispondenza delle profonde incisioni fluviali che la delimitano verso NE, le quali degradano verso l'abitato di Montemilone (Valle Cornuta).

Dall'analisi delle foto satellitari e della cartografia topografica, è stato possibile verificare che i pendii in studio non presentano evidenze significative di forme riconducibili a movimenti gravitativi in atto o in preparazione, come riscontrabile anche dalla consultazione del vigente Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale; i siti, infatti non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana né interessate da fenomeni di alluvionamento.

Si evidenzia, inoltre, che, attualmente, il principale fattore di modellamento morfologico, oltre all'azione delle acque meteoriche, è dovuto alla coltivazione agricola dei terreni in oggetto.

3 - INTERFERENZA CON LA RETE IDROGRAFICA E PERICOLOSITA' IDRAULICA

La pericolosità idraulica del territorio in cui ricadono le aree di impianto è determinata dalla dinamica idrologica del sito e quindi dalle piene che interessano la rete idrografica alle quali, comunque, considerando la scarsa importanza degli elementi idrografici presenti, non possono certo essere associati alta intensità ed effetti rilevanti. Le aree fluviali che

interessano direttamente le aree in cui ricadono i siti sono infatti aste di primo ordine con un regime pluviale e carattere occasionale, di conseguenza le piene sono in diretta connessione con le precipitazioni meteoriche e sono innescate dagli eventi pluviometrici intensi. Tanto premesso, si rileva che l'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale Sede Puglia, nel cui territorio di competenza i siti ricadono, non ha cartografato aree a pericolosità idraulica (Fig. 3.1).

4 – STUDIO IDROLOGICO

Nel presente paragrafo si è proceduto alla definizione delle portate al colmo prodotte da eventi critici di pioggia con tempi di ritorno di 30, 200 e 500 anni. Per la determinazione del quantitativo di pioggia efficace si è fatto riferimento al metodo del Curve Number, correlando, quindi, la capacità di immagazzinamento dei terreni al tipo ed all'uso del suolo. Per effettuare il calcolo dell'evento critico di pioggia di assegnato tempo di ritorno in assenza di dati pluviometrici sitospecifici è stato utilizzato il cosiddetto metodo regionale, secondo le indicazioni contenute nel capitolo VI.3.1 della Relazione di Piano proposta dall'ex Autorità di Bacino della Puglia (nel cui territorio di competenza il sito ricade), che prevede la suddivisione del territorio di competenza in sei regioni aventi caratteristiche pluviometriche differenti. Per ogni regione pluviometrica viene fornita direttamente l'equazione della Linea Segnatrice di Possibilità Climatica. In base a questa suddivisione il territorio di Deliceto ricade nella quarta regione pluviometrica, per la quale è valida la seguente espressione:

$$x(d) = 24,70t^{0,256} \quad (1)$$

Tale relazione fornisce per diverse durate di pioggia d il valore dell'altezza di pioggia X . I valori calcolati sono, quindi, correlati ad un determinato tempo di ritorno attraverso la loro moltiplicazione con un coefficiente K_T il cui valore dipende dal tempo di ritorno T_r attraverso la seguente relazione:

$$K_T = 0,5648 + 0,415 \ln T \quad (2)$$

Sono stati studiati 5 sottobacini del Vallone Cornuta nel cui perimetro ricadono le aree di impianto, il cavidotto e la sottostazione considerando come sezione idraulica di chiusura di ognuno la confluenza morfologica nella valle in cui scorre il torrente Cornuta (Fig. 4.1).

I 3 bacini hanno le seguenti caratteristiche morfometriche estratte dal DTM¹.

¹I dati tabellati sono stati estratti mediante Qgis e GRASS Gis in accordo con:

- L. Fanizzi, G. Pisicchio (2016): "Morfometria dei bacini idrografici mediante l'uso del software QGIS – Parte I", Rivista L'AMBIENTE, n. 1/2016, Ed. G.I.R.S.A., Milano 2

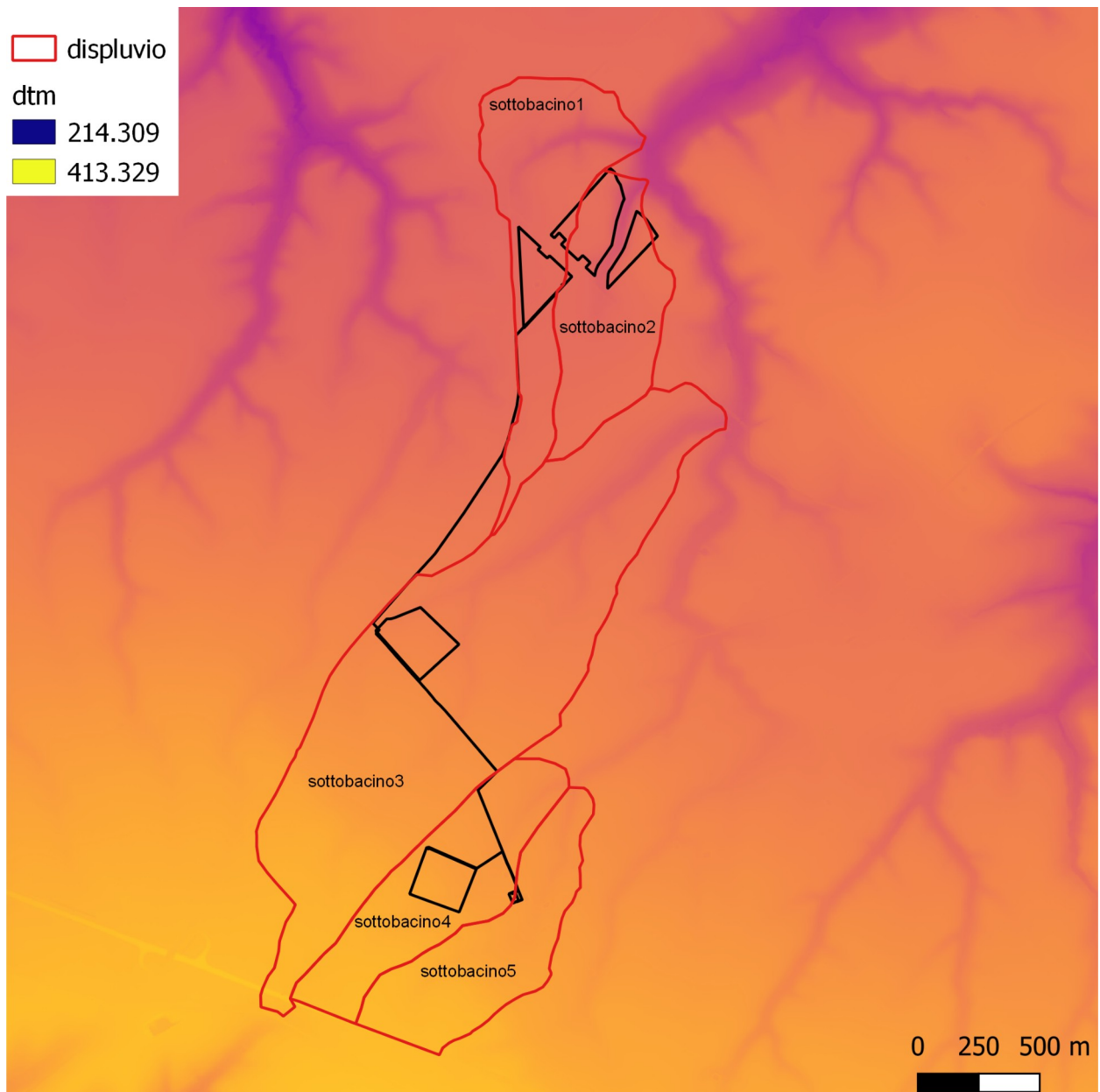


Fig. 4.1 – Sottobacini studiati

<i>Nome sottobacino</i>		1	2	3	4	5
Superficie	S (mq)	0,49	0,39	1,64	0,43	0,39
Altezza massima	Hmax (m)	346,92	344,04	389,17	388,26	386,54
Altezza media	Hmed (m)	337,94	339,32	356,84	371,12	372,38
Altezza minima	Hmin (m)	308,94	310,07	326	352,79	352,82
Lunghezza asta principale	L (km)	0,86	0,74	2,82	0,59	1,28
Quota scorrimento asta sezione monte	hm (m)	338,3	339,46	379,31	366,94	382,13
Quota scorrimento asta sezione valle	hv (m)	308,94	310,07	326	352,78	352,76
Pendenza media asta	i	0,0343	0,0396	0,0189	0,0238	0,0229
Pendenza media versanti	iv	0,06	0,06	0,04	0,04	0,04

Si è proceduto quindi al calcolo di $X(d)$ utilizzando la (1) per T_r pari a 30, 200 e 500 anni.

Sottobacino 1

d	1	3	6	12	24
z	337,94				
x	24,7	51,6	67,5	88,3	115,5
Tempo ritorno	30		Kt30	1,98	
X30	48,9	102,1	133,6	174,8	228,6
LN(X30)	3,8899	4,6263	4,8949	5,1635	5,4321
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4752	3,99			
n30	0,4752				
a30	53,97				
h30	54,0	91,0	126,5	175,8	244,4
Tempo ritorno	200		Kt200	2,76	
X200	68,2	142,4	186,2	243,6	318,7
LN(X200)	4,2220	4,9584	5,2270	5,4956	5,7642
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4752	4,32			
n200	0,4752				
a200	75,23				
h200	75,2	126,8	176,3	245,0	340,6
Tempo ritorno	500		Kt200	3,14	
X500	77,6	162,0	211,9	277,2	362,6
LN(X500)	4,3510	5,0874	5,3560	5,6246	5,8932
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4752	4,45			
n500	0,4752				
a500	85,59				
h500	85,6	144,3	200,5	278,8	387,5

Sottobacino 2

d	1	3	6	12	24
z	339,32				
x	24,7	51,6	67,6	88,5	115,8

Tempo ritorno	30		Kt30	1,98	
X30	48,9	102,2	133,8	175,2	229,3
LN(X30)	3,8899	4,6274	4,8966	5,1659	5,4351
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4762	3,99			
n30	0,4762				
a30	53,97				
h30	54,0	91,1	126,7	176,2	245,1
Tempo ritorno	200		Kt200	2,76	
X200	68,2	142,5	186,6	244,2	319,7
LN(X200)	4,2220	4,9595	5,2287	5,4980	5,7673
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4762	4,32			
n200	0,4762				
a200	75,23				
h200	75,2	126,9	176,6	245,6	341,7
Tempo ritorno	500		Kt200	3,14	
X500	77,6	162,1	212,2	277,8	363,7
LN(X500)	4,3510	5,0885	5,3577	5,6270	5,8962
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4762	4,45			
n500	0,4762				
a500	85,59				
h500	85,6	144,4	200,9	279,4	388,7

Sottobacino 3

d	1	3	6	12	24
z	356,84				
x	24,7	52,3	69,1	91,2	120,4
Tempo ritorno	30		Kt30	1,98	
X30	48,9	103,6	136,8	180,5	238,3
LN(X30)	3,8899	4,6407	4,9183	5,1960	5,4737
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781

Regr. Lin.	0,4883	3,99			
n30	0,4883				
a30	53,97				
h30	54,0	92,3	129,5	181,6	254,7
Tempo ritorno	200		Kt200	2,76	
X200	68,2	144,4	190,7	251,7	332,2
LN(X200)	4,2220	4,9728	5,2505	5,5281	5,8058
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4883	4,32			
n200	0,4883				
a200	75,23				
h200	75,2	128,6	180,4	253,1	355,1
Tempo ritorno	500		Kt200	3,14	
X500	77,6	164,3	216,9	286,3	378,0
LN(X500)	4,3510	5,1018	5,3795	5,6571	5,9348
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4883	4,45			
n500	0,4883				
a500	85,59				
h500	85,6	146,3	205,3	288,0	404,0

Sottobacino 4

d	1	3	6	12	24
z	371,12				
x	24,7	52,9	70,3	93,5	124,2
Tempo ritorno	30		Kt30	1,98	
X30	48,9	104,7	139,2	185,0	245,9
LN(X30)	3,8899	4,6515	4,9361	5,2206	5,5051
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4982	3,99			
n30	0,4982				
a30	53,97				
h30	54,0	93,3	131,8	186,1	262,9

Tempo ritorno	200		Kt200	2,76	
X200	68,2	146,0	194,1	257,9	342,8
LN(X200)	4,2220	4,9837	5,2682	5,5527	5,8372
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4982	4,32			
n200	0,4982				
a200	75,23				
h200	75,2	130,0	183,7	259,4	366,4
Tempo ritorno	500		Kt200	3,14	
X500	77,6	166,1	220,8	293,4	390,0
LN(X500)	4,3510	5,1127	5,3972	5,6817	5,9662
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4982	4,45			
n500	0,4982				
a500	85,59				
h500	85,6	147,9	209,0	295,1	416,9

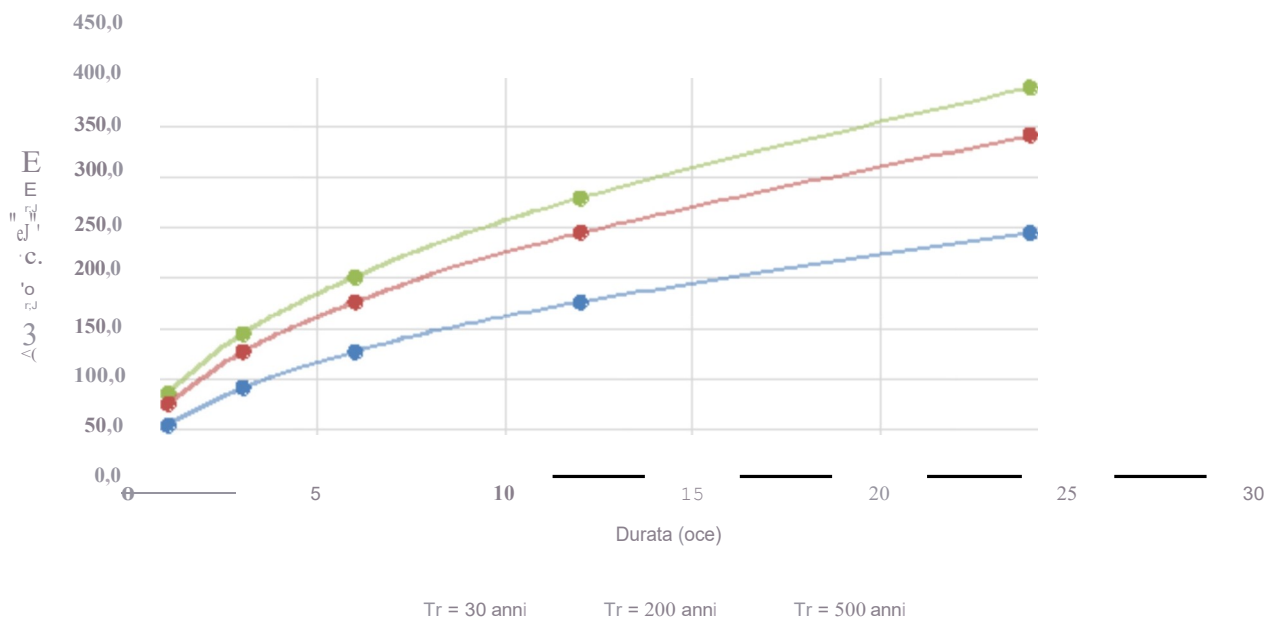
Sottobacino 5

d	1	3	6	12	24
z	372,38				
x	24,7	53,0	70,4	93,7	124,6
Tempo ritorno	30		Kt30	1,98	
X30	48,9	104,8	139,4	185,4	246,6
LN(X30)	3,8899	4,6525	4,9376	5,2227	5,5079
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,0986	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4990	3,99			
n30	0,4990				
a30	53,97				
h30	54,0	93,4	132,0	186,5	263,6
Tempo ritorno	200		Kt200	2,76	
X200	68,2	146,1	194,4	258,5	343,8
LN(X200)	4,2220	4,9846	5,2697	5,5549	5,8400
d (ore)	1	3	6	12	24

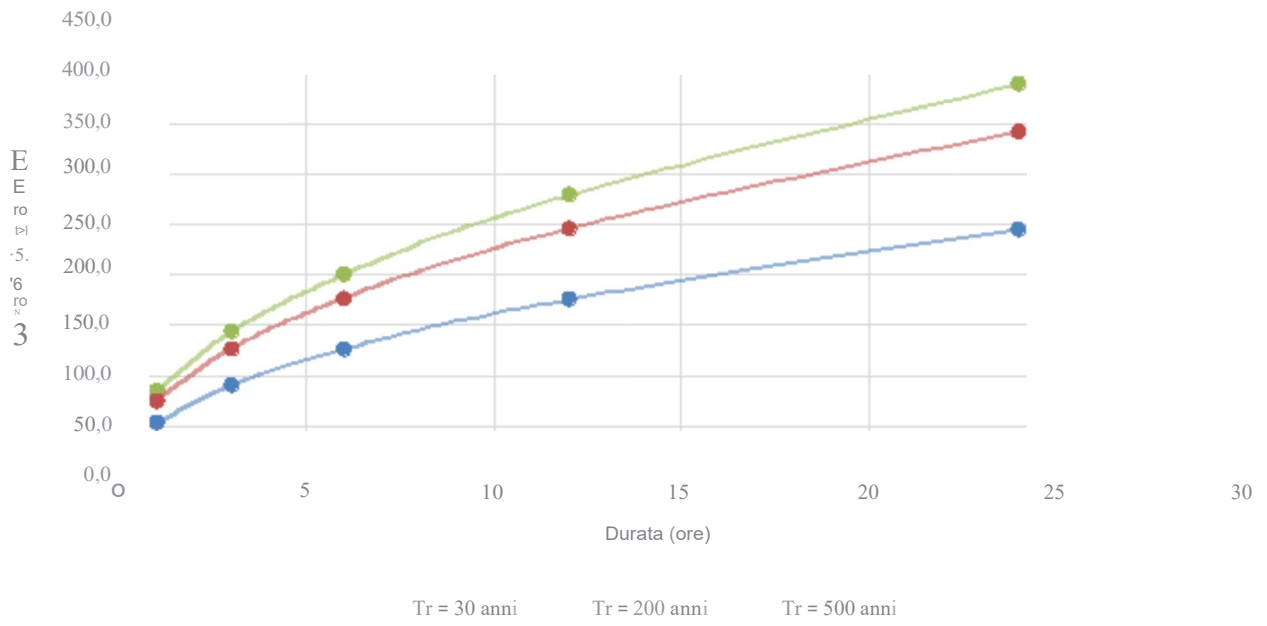
LN(d)	0	1,098 6	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4990	4,32			
n200	0,4990				
a200	75,23				
h200	75,2	130,2	184,0	260,0	367,4
Tempo ritorno	500		Kt200	3,14	
X500	77,6	166,3	221,1	294,1	391,1
LN(X500)	4,3510	5,1136	5,3987	5,6839	5,9690
d (ore)	1	3	6	12	24
LN(d)	0	1,098 6	1,7918	2,4849	3,1781
Regr. Lin.	0,4990	4,45			
n500	0,4990				
a500	85,59				
h500	85,6	148,1	209,3	295,8	418,0

Determinati gli eventi critici di pioggia è stata costruita la Linea Segnalatrice di Possibilità Climatica relativa ai diversi tempi di ritorno considerati.

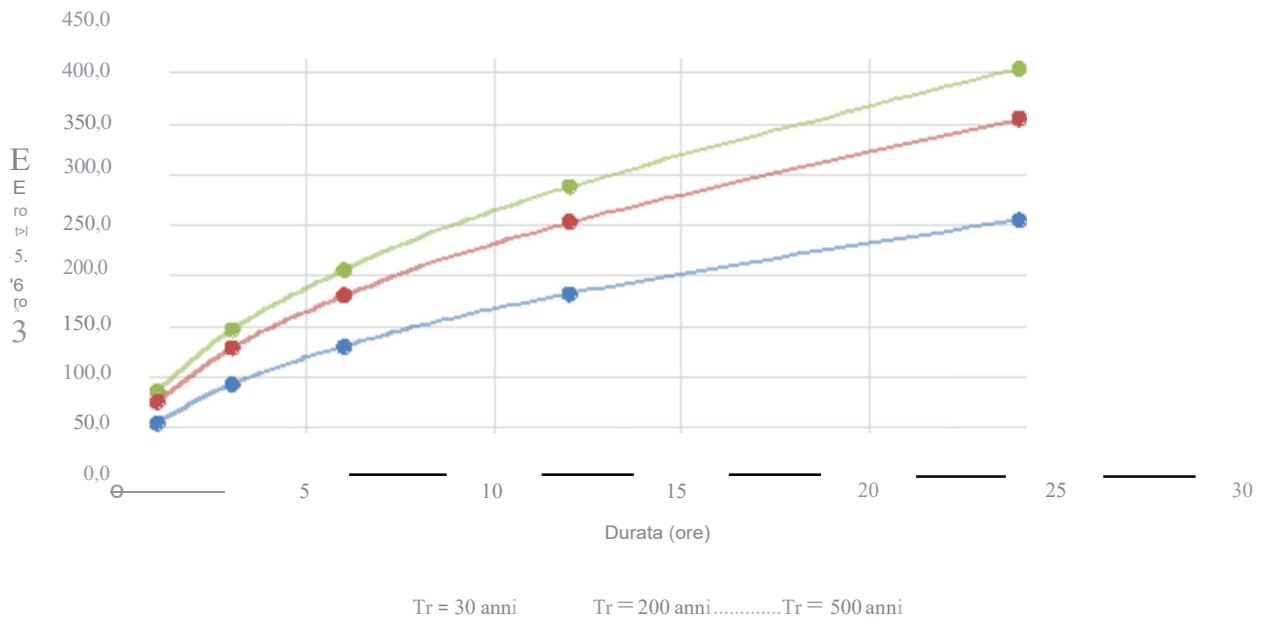
Sottobacino 1



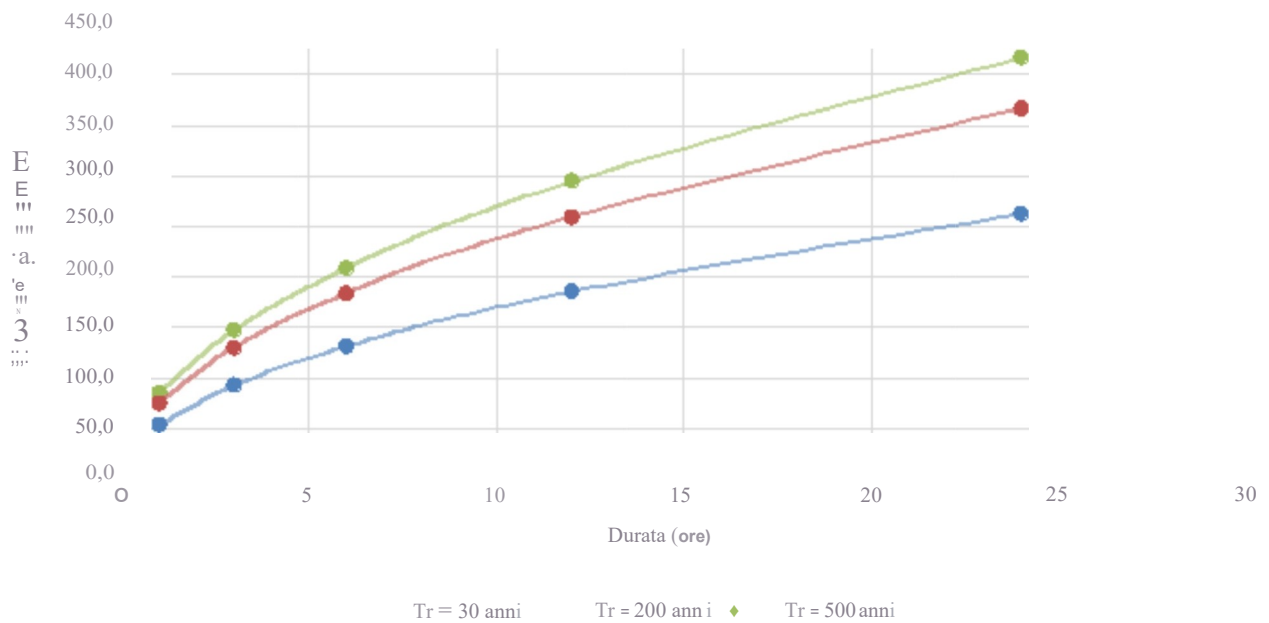
Sottobacino 2



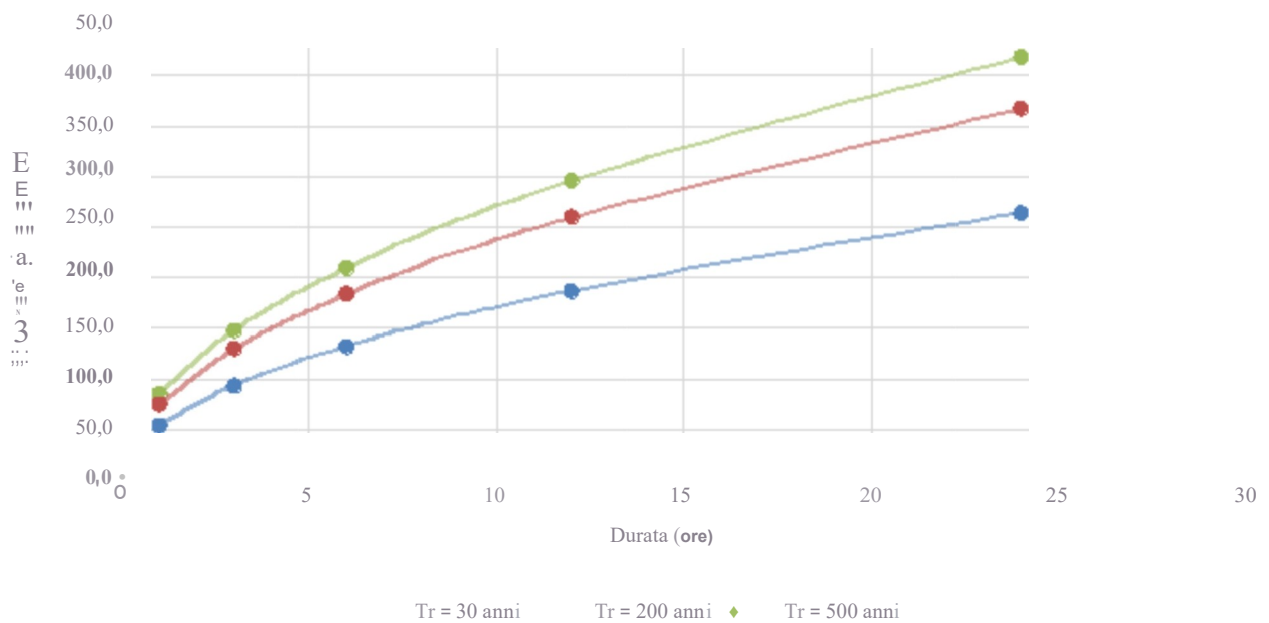
Sottobacino 3



Sottobacino 4



Sottobacino 5



Il tempo caratteristico dei 3 sottobacini è stato assunto pari al tempo di corrivazione definito come il tempo che impiega l'ultima particella d'acqua caduta nella sezione più lontana da quella di chiusura, a raggiungere quest'ultima. Si è proceduto al calcolo di T_e utilizzando la Formula di Puglisi ricavando i seguenti valori:

	Sottobacino 1	Sottobacino 2	Sottobacino 3	Sottobacino 4	Sottobacino 5
T_e h	1,52	1,61	3,00	1,29	2.19

Per la determinazione dell'altezza di pioggia efficace è stato utilizzato il metodo del Curve Number. Con riferimento ad un evento di durata d e con un tempo di ritorno Tr è possibile determinare il deflusso superficiale caratteristico del bacino scolante:

$$h_{neua}(d, Tr) = \frac{(X(d, Tr) - I_a)^2}{(X(d, Tr) - I_a) + S} \quad (3)$$

dove:

- $h_{neua}(d, Tr)$ in mm, è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento di durata d e tempo di ritorno Tr ,
- $X(d, Tr)$ in mm, è il volume specifico di pioggia lorda relativo all'evento di durata d e tempo di ritorno Tr ,
- I_a in mm, rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio;
- S in mm, è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso.

Nella pratica, si utilizzano le seguenti relazioni:

$$I_c = 0.2S \quad e \quad S = \frac{25400}{CN} - 254$$

Il Curve Number "CN" è un parametro adimensionale decrescente in funzione della permeabilità, intesa come caratteristica globale del tipo e dell'uso del suolo. La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e litologica dei suoli ed all'uso del suolo.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi, rispettivamente la I, la II e la III del grado di umidità del terreno, in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato (Antecedent Moisture Condition): molto asciutto (<50 mm), standard (50+110 mm) e molto umido (>110 mm). Poiché lo studio è rivolto al calcolo della portata di piena e considerato che in occasione di queste ultime molto spesso il terreno del bacino si presenta in condizioni di elevato imbibimento, si è preferito adottare il valore di CN corrispondente alla classe AMC-tipo III, legato a quella normale dalla relazione:

$$C'_{III} = \frac{CN_{II}}{0.43 + 0.0057 CN_{II}}$$

Ai fini applicativi ogni sottobacino è stato suddiviso in base all'uso del suolo indicato sulla Carta di uso del suolo Carine Land Cover 2012 in zone omogenee caratterizzate dal medesimo valore di CN: si ottiene così un solo tipo di copertura corrispondente alla classe *seminativi semplici in aree non irrigue*.

Per ogni sottobacino è stato ricavato poi un valore medio del parametro CN, ottenuto come "media pesata" dei valori singolari imposti sulle i-esime sub-aree:

$$CN = p_1CN_1 + p_2CN_2 + \dots + p_nCN_n$$

dove p_1, p_2, \dots, p_n sono le percentuali dell'area totale del bacino

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi:

- A = potenzialità di deflusso scarsa,
- B = potenzialità di deflusso moderatamente bassa,
- C = potenzialità di deflusso moderatamente alta,
- D = potenzialità di deflusso molto alta.

Ad ognuna delle precedenti classi di potenzialità di deflusso, in funzione dell'uso del suolo, sono associabili dei valori del parametro CN come riportato in tabella.

Tipo di copertura	A	B	C	D
<i>Tessuto residenziale continuo</i>	89	92	94	95
<i>Tessuto residenziale discontinuo</i>	61	75	83	87
<i>Tessuto residenziale rado e nucleiforme</i>	51	68	79	84
<i>Tessuto residenziale rado</i>	51	68	79	84
<i>Insedimento industriale</i>	81	88	91	93
<i>Insedimento commerciale</i>	89	92	94	95
<i>Insedimento produttivo agricolo</i>	61	75	83	87
<i>Reti stradali e spazi accessori</i>	98	98	98	98
<i>Aree estrattive</i>	60	60	60	60
<i>Discariche</i>	30	58	71	78
<i>Cantieri e suoli rimaneggiati</i>	89	92	94	95
<i>Campeggi, strutture ricettive, luoghi di culto e cimiteri</i>	49	69	79	84
<i>Aree verdi urbane</i>	39	61	74	80
<i>Colture temporanee associate a colture permanente</i>	62	71	78	81
<i>Frutteti e frutti minori non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Frutteti e frutti minori irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Oliveti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Prati stabili non irrigui</i>	30	58	71	78
<i>Seminativi in aree non irrigue</i>	62	71	78	81
<i>Sistemi colturali e particellari complessi</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti irrigui</i>	72	81	88	91
<i>Vigneti non irrigui</i>	62	71	78	81
<i>Zone boscate</i>	25	55	70	77
<i>Aree a pascolo naturale, praterie e incolti</i>	39	61	74	80
<i>Spiagge, dune e sabbie</i>	68	79	86	89
<i>Bacini di acqua</i>	100	100	100	100

Sottobacino	CNiii
1	89,18
2	89,18
3	89,18
4	89,18
5	89,18

Nella Tabella seguenti si riportano invece per ciascuna dei 3 sottobacini i valori di I_a (in mm) e S (in mm) di cui alla relazione 3.

Sottobacino	S (mm)	I_a (mm)
1	30,81	7,60
2	30,81	7,60
3	30,81	7,60
4	30,81	7,60
5	30,81	7,60

Ottenuti i valori dei coefficienti di immagazzinamento è possibile calcolare le altezze efficaci di pioggia relative ad un evento con tempo di ritorno di 30, 200 e 500 anni.

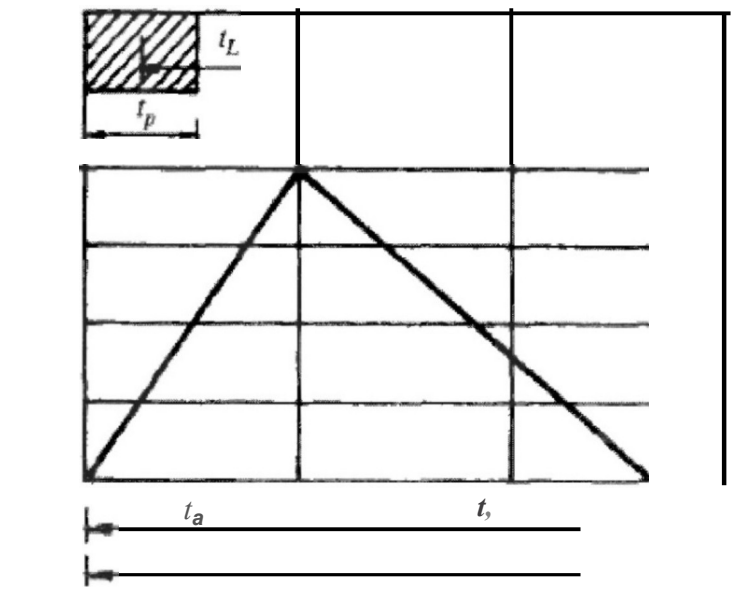
	Sottobacino 1			Sottobacino 2			Sottobacino 3		
	30	200	500	30	200	500	30	200	500
Tr	30	200	500	30	200	500	30	200	500
S (mm)	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
I_a (mm)	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
te (ore)	1,61	1,61	1,61	1,52	1,52	1,52	3,00	3,00	3,00
n	0,4752	0,4752	0,4752	0,4762	0,4762	0,4762	0,4883	0,4883	0,4883
a	54,0	75,2	85,6	54,0	75,2	85,6	54,0	75,2	85,6
H _l ordo	42,0	58,6	66,7	43,4	60,4	68,8	30,7	42,8	48,7
H _{ne} tto	18,1	31,7	38,7	19,1	33,3	40,6	9,9	18,7	23,4

	Sottobacino 4			Sottobacino 5		
	30	200	500	30	200	500
Tr	30	200	500	30	200	500
S (mm)	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8	30,8
I_a (mm)	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7	7,7
te (ore)	1,29	1,29	1,29	2,19	2,19	2,19
n	0,4982	0,4982	0,4982	0,4990	0,4990	0,4990
a	54,0	75,2	85,6	54,0	75,2	85,6
H _l ordo	47,5	66,2	75,3	36,4	50,8	57,8
H _{ne} tto	22,4	38,3	46,4	13,9	25,1	31,0

Per il calcolo della portata di piena Q_p (m^3/s) si è fatto riferimento all'idrogramma unitario proposto dal Soil Conservation Service (SCS). Si tratta di un idrogramma approssimato di forma triangolare che ha una fase crescente di durata t_a (tempo di accumulo) e una fase di esaurimento di durata t_e (tempo di esaurimento) e il cui volume, espresso in m^3 , ha la seguente espressione:

$$V = \frac{Q_p}{2} (t_a + t_e) = \frac{Q_p t_b}{2}$$

avendo indicato con t_b la durata dell'evento di piena.



Sperimentalmente è stato dimostrato che nella fase crescente dell'idrogramma defluisce un volume idrico pari al 37,5% del volume totale V di deflusso, quindi ne consegue che la durata della fase crescente è pari a 0,375 volte la durata dell'evento di piena t_b e pertanto:

$$t_b = 2.67 t_a$$

Utilizzando le formule precedenti ed esprimendo il volume di deflusso netto V in mm , il tempo t_a in ore, l'area A del bacino in Km^2 , si ottiene:

$$Q_p = 0.208 \frac{VA}{at}$$

La determinazione di t_a , nell'ipotesi di precipitazione di intensità costante di durata t_p e indicando con t_L il tempo di ritardo, si effettua con la seguente relazione:

$$t_a = 0.5t_p + t_L$$

I tempi t_p e t_L sono "tempi caratteristici" del bacino: il primo rappresenta il tempo di piena, il secondo, invece, il ritardo con cui la portata di picco arriva alla sezione di chiusura del bacino.

Per la stima del tempo di ritardo del bacino si può utilizzare la formula di Mockus:

$$t_L = 0.342 \frac{L_{\max}^{0.8}}{s^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.9}$$

In cui s è la pendenza del bacino espressa in %, L_{\max} la lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla displuviale espressa in Km.

Sperimentalmente è stata osservata la seguente relazione:

$$t_L = 0.5t_c$$

quindi in ultima istanza, si ottiene:

$$t_a = 1.1t_c$$

Si proceduto quindi alla determinazione delle portate di picco, per i diversi tempi di ritorno considerati e per ciascun sottobacino.

	Sottobacino 1			Sottobacino 2			Sottobacino 3		
Tr	30	200	500	30	200	500	30	200	500
tc (h)	1,61	1,61	1,61	1,52	1,52	1,52	3,00	3,00	3,00
t _L (h)	0,97	0,97	0,97	0,91	0,91	0,91	1,80	1,80	1,80
tp (h)	1,77	1,77	1,77	1,67	1,67	1,67	3,30	3,30	3,30
A (kmq)	0,49	0,49	0,49	0,39	0,39	0,39	1,64	1,64	1,64
V _{netto} (mm)	18,10	31,70	38,73	19,13	33,29	40,58	9,86	18,73	23,45
Qp (mc/s)	1,04	1,83	2,23	0,92	1,60	1,95	1,02	1,94	2,43

	Sottobacino 4			Sottobacino 5		
Tr	30	200	500	30	200	500
tc (h)	1,29	1,29	1,29	2,19	2,19	2,19
t _L (h)	0,77	0,77	0,77	1,31	1,31	1,31
tp (h)	1,42	1,42	1,42	2,41	2,41	2,41
A (kmq)	0,43	0,43	0,43	0,39	0,39	0,39
V _{netto} (mm)	22,42	38,32	46,44	13,88	25,14	31,02
Qp (mc/s)	1,43	2,44	2,95	0,47	0,84	1,04

Infine, si è proceduto alla determinazione dell'idrogramma di piena partendo dall'idrogramma unitario di Mockus, le cui coordinate sono espresse in termini di Q/Q_p e di t/t_a .

Sottobacino 1

t/Tp	Q/Qp	t	Q30	Q200	Q500
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,03	0,18	0,03	0,05	0,07
0,2	0,1	0,35	0,10	0,18	0,22
0,3	0,19	0,53	0,20	0,35	0,42

0,4	0,31	0,71	0,32	0,57	0,69
0,5	0,47	0,89	0,49	0,86	1,05
0,6	0,66	1,06	0,69	1,21	1,47
0,7	0,82	1,24	0,86	1,50	1,83
0,8	0,93	1,42	0,97	1,70	2,08
0,9	0,99	1,59	1,03	1,81	2,21
1	1	1,77	1,04	1,83	2,23
1,1	0,99	1,95	1,03	1,81	2,21
1,2	0,93	2,13	0,97	1,70	2,08
1,3	0,86	2,30	0,90	1,57	1,92
1,4	0,78	2,48	0,81	1,43	1,74
1,5	0,68	2,66	0,71	1,24	1,52
1,6	0,56	2,83	0,58	1,02	1,25
1,7	0,46	3,01	0,48	0,84	1,03
1,8	0,39	3,19	0,41	0,71	0,87
1,9	0,33	3,36	0,34	0,60	0,74
2	0,28	3,54	0,29	0,51	0,63
2,2	0,207	3,90	0,22	0,38	0,46
2,4	0,147	4,25	0,15	0,27	0,33
2,6	0,107	4,60	0,11	0,20	0,24
2,8	0,077	4,96	0,08	0,14	0,17
3	0,055	5,31	0,06	0,10	0,12
3,2	0,04	5,67	0,04	0,07	0,09
3,4	0,029	6,02	0,03	0,05	0,06
3,6	0,021	6,38	0,02	0,04	0,05
3,8	0,015	6,73	0,02	0,03	0,03
4	0,011	7,08	0,01	0,02	0,02
4,5	0,005	7,97	0,01	0,01	0,01
5	0	8,86	0,00	0,00	0,00

Sottobacino 2

t/Tp	Q/Qp	t	Q30	Q200	Q500
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,03	0,17	0,03	0,05	0,06
0,2	0,1	0,33	0,09	0,16	0,20

0,3	0,19	0,50	0,17	0,30	0,37
0,4	0,31	0,67	0,29	0,50	0,61
0,5	0,47	0,84	0,43	0,75	0,92
0,6	0,66	1,00	0,61	1,06	1,29
0,7	0,82	1,17	0,76	1,31	1,60
0,8	0,93	1,34	0,86	1,49	1,82
0,9	0,99	1,50	0,91	1,59	1,93
1	1	1,67	0,92	1,60	1,95
1,1	0,99	1,84	0,91	1,59	1,93
1,2	0,93	2,00	0,86	1,49	1,82
1,3	0,86	2,17	0,79	1,38	1,68
1,4	0,78	2,34	0,72	1,25	1,52
1,5	0,68	2,51	0,63	1,09	1,33
1,6	0,56	2,67	0,52	0,90	1,09
1,7	0,46	2,84	0,42	0,74	0,90
1,8	0,39	3,01	0,36	0,63	0,76
1,9	0,33	3,17	0,30	0,53	0,64
2	0,28	3,34	0,26	0,45	0,55
2,2	0,207	3,68	0,19	0,33	0,40
2,4	0,147	4,01	0,14	0,24	0,29
2,6	0,107	4,34	0,10	0,17	0,21
2,8	0,077	4,68	0,07	0,12	0,15
3	0,055	5,01	0,05	0,09	0,11
3,2	0,04	5,35	0,04	0,06	0,08
3,4	0,029	5,68	0,03	0,05	0,06
3,6	0,021	6,01	0,02	0,03	0,04
3,8	0,015	6,35	0,01	0,02	0,03
4	0,011	6,68	0,01	0,02	0,02
4,5	0,005	7,52	0,00	0,01	0,01
5	0	8,35	0,00	0,00	0,00

Sottobacino 3

t/Tp	Q/Qp	t	Q30	Q200	Q500
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,03	0,33	0,03	0,06	0,07
0,2	0,1	0,66	0,10	0,19	0,24

0,3	0,19	0,99	0,19	0,37	0,46
0,4	0,31	1,32	0,32	0,60	0,75
0,5	0,47	1,65	0,48	0,91	1,14
0,6	0,66	1,98	0,67	1,28	1,60
0,7	0,82	2,31	0,84	1,59	1,99
0,8	0,93	2,64	0,95	1,80	2,26
0,9	0,99	2,97	1,01	1,92	2,40
1	1	3,30	1,02	1,94	2,43
1,1	0,99	3,64	1,01	1,92	2,40
1,2	0,93	3,97	0,95	1,80	2,26
1,3	0,86	4,30	0,88	1,67	2,09
1,4	0,78	4,63	0,80	1,51	1,89
1,5	0,68	4,96	0,69	1,32	1,65
1,6	0,56	5,29	0,57	1,09	1,36
1,7	0,46	5,62	0,47	0,89	1,12
1,8	0,39	5,95	0,40	0,76	0,95
1,9	0,33	6,28	0,34	0,64	0,80
2	0,28	6,61	0,29	0,54	0,68
2,2	0,207	7,27	0,21	0,40	0,50
2,4	0,147	7,93	0,15	0,28	0,36
2,6	0,107	8,59	0,11	0,21	0,26
2,8	0,077	9,25	0,08	0,15	0,19
3	0,055	9,91	0,06	0,11	0,13
3,2	0,04	10,58	0,04	0,08	0,10
3,4	0,029	11,24	0,03	0,06	0,07
3,6	0,021	11,90	0,02	0,04	0,05
3,8	0,015	12,56	0,02	0,03	0,04
4	0,011	13,22	0,01	0,02	0,03
4,5	0,005	14,87	0,01	0,01	0,01
5	0	16,52	0,00	0,00	0,00

Sottobacino 4

t/Tp	Q/Qp	t	Q30	Q200	Q500
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00
0,1	0,03	0,14	0,04	0,07	0,09

0,2	0,1	0,28	0,14	0,24	0,30
0,3	0,19	0,43	0,27	0,46	0,56
0,4	0,31	0,57	0,44	0,76	0,92
0,5	0,47	0,71	0,67	1,15	1,39
0,6	0,66	0,85	0,94	1,61	1,95
0,7	0,82	0,99	1,17	2,00	2,42
0,8	0,93	1,14	1,33	2,27	2,75
0,9	0,99	1,28	1,41	2,41	2,93
1	1	1,42	1,43	2,44	2,95
1,1	0,99	1,56	1,41	2,41	2,93
1,2	0,93	1,70	1,33	2,27	2,75
1,3	0,86	1,85	1,23	2,10	2,54
1,4	0,78	1,99	1,11	1,90	2,30
1,5	0,68	2,13	0,97	1,66	2,01
1,6	0,56	2,27	0,80	1,37	1,65
1,7	0,46	2,41	0,66	1,12	1,36
1,8	0,39	2,55	0,56	0,95	1,15
1,9	0,33	2,70	0,47	0,80	0,98
2	0,28	2,84	0,40	0,68	0,83
2,2	0,207	3,12	0,30	0,50	0,61
2,4	0,147	3,41	0,21	0,36	0,43
2,6	0,107	3,69	0,15	0,26	0,32
2,8	0,077	3,97	0,11	0,19	0,23
3	0,055	4,26	0,08	0,13	0,16
3,2	0,04	4,54	0,06	0,10	0,12
3,4	0,029	4,83	0,04	0,07	0,09
3,6	0,021	5,11	0,03	0,05	0,06
3,8	0,015	5,39	0,02	0,04	0,04
4	0,011	5,68	0,02	0,03	0,03
4,5	0,005	6,39	0,01	0,01	0,01
5	0	7,10	0,00	0,00	0,00

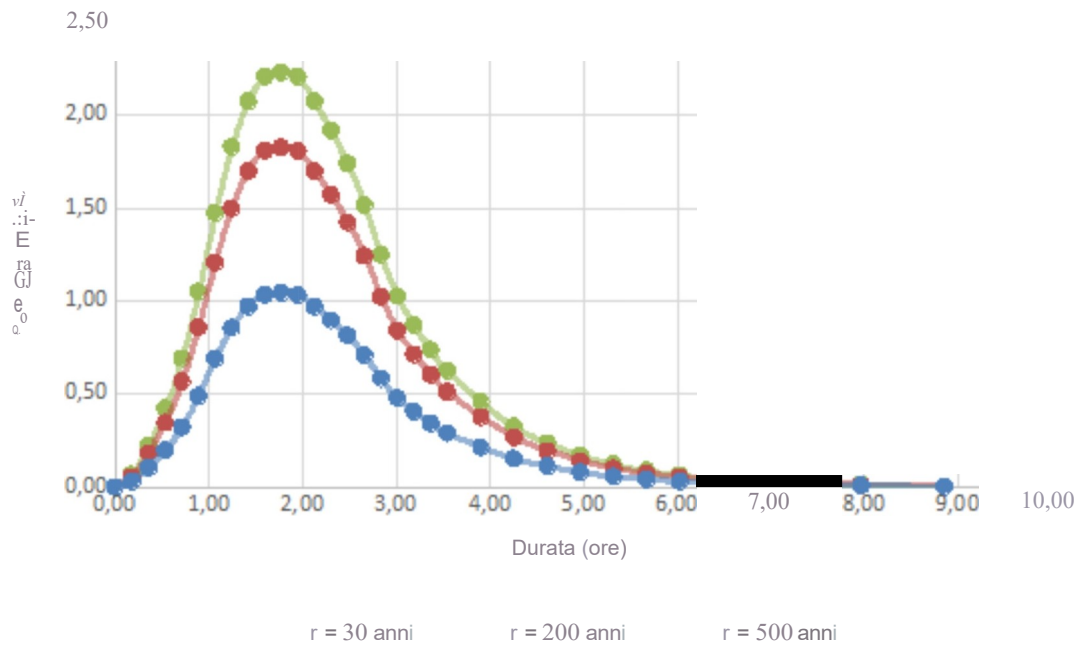
Sottobacino 5

t/Tp	Q/Qp	t	Q30	Q200	Q500
0	0	0,00	0,00	0,00	0,00

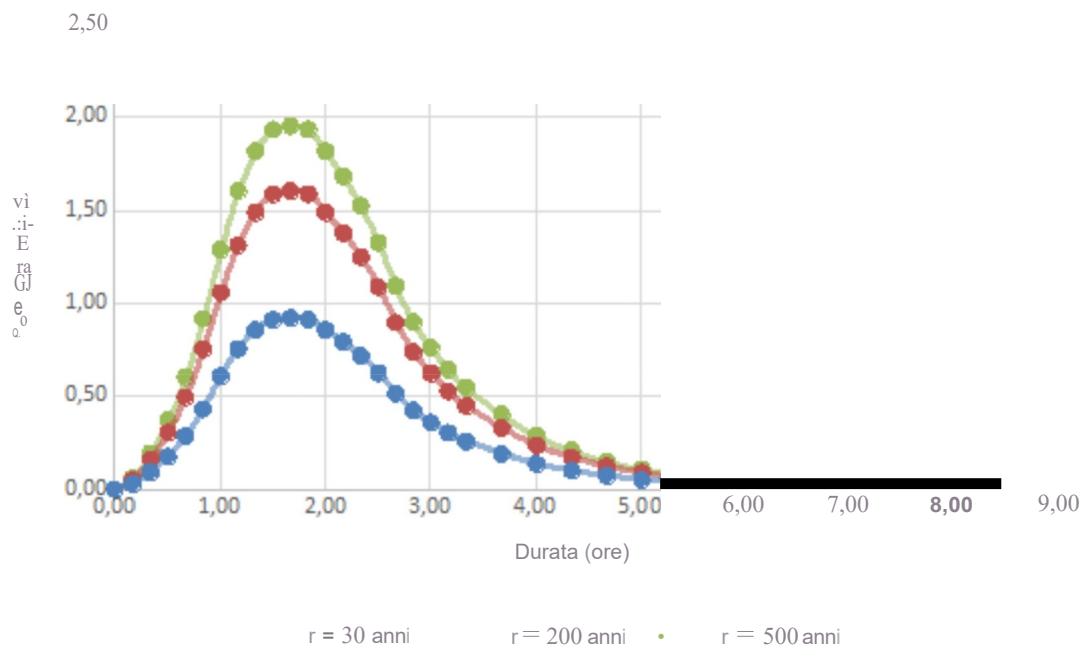
0,1	0,03	0,24	0,01	0,03	0,03
0,2	0,1	0,48	0,05	0,08	0,10
0,3	0,19	0,72	0,09	0,16	0,20
0,4	0,31	0,96	0,14	0,26	0,32
0,5	0,47	1,20	0,22	0,40	0,49
0,6	0,66	1,45	0,31	0,56	0,69
0,7	0,82	1,69	0,38	0,69	0,85
0,8	0,93	1,93	0,43	0,78	0,97
0,9	0,99	2,17	0,46	0,84	1,03
1	1	2,41	0,47	0,84	1,04
1,1	0,99	2,65	0,46	0,84	1,03
1,2	0,93	2,89	0,43	0,78	0,97
1,3	0,86	3,13	0,40	0,73	0,90
1,4	0,78	3,37	0,36	0,66	0,81
1,5	0,68	3,61	0,32	0,57	0,71
1,6	0,56	3,85	0,26	0,47	0,58
1,7	0,46	4,09	0,21	0,39	0,48
1,8	0,39	4,34	0,18	0,33	0,41
1,9	0,33	4,58	0,15	0,28	0,34
2	0,28	4,82	0,13	0,24	0,29
2,2	0,207	5,30	0,10	0,17	0,22
2,4	0,147	5,78	0,07	0,12	0,15
2,6	0,107	6,26	0,05	0,09	0,11
2,8	0,077	6,74	0,04	0,06	0,08
3	0,055	7,23	0,03	0,05	0,06
3,2	0,04	7,71	0,02	0,03	0,04
3,4	0,029	8,19	0,01	0,02	0,03
3,6	0,021	8,67	0,01	0,02	0,02
3,8	0,015	9,15	0,01	0,01	0,02
4	0,011	9,63	0,01	0,01	0,01
4,5	0,005	10,84	0,00	0,00	0,01
5	0	12,04	0,00	0,00	0,00

L'idrogramma di piena è riportato di seguito.

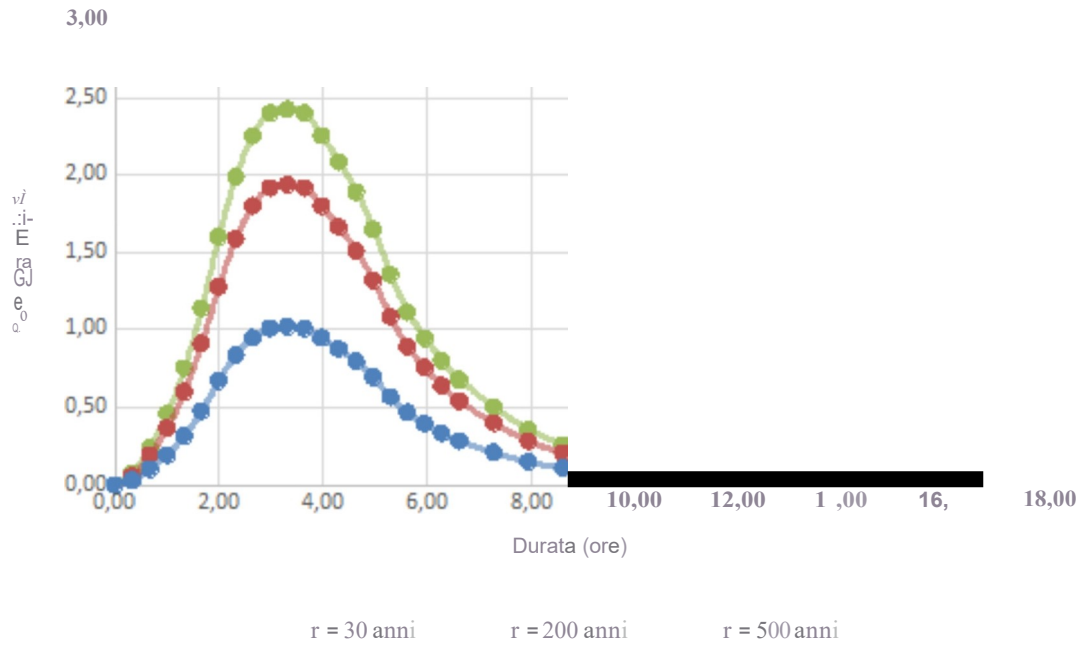
Idrogramma di piena BC_01



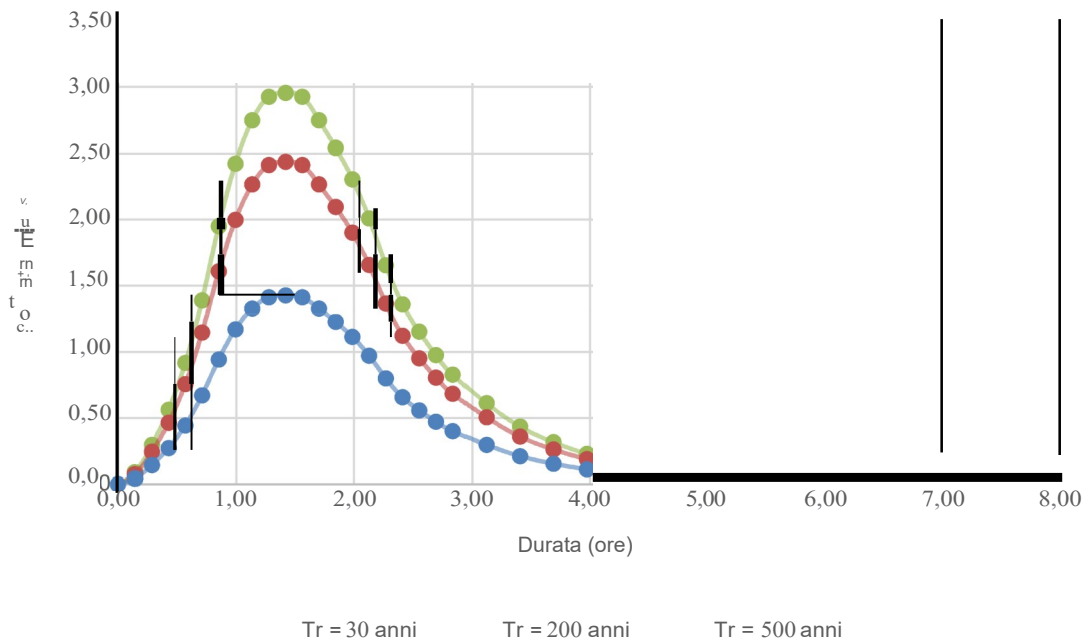
Idrogramma di piena BC_02



Idrogramma di piena BC_03



Idrogramma di piena BC_04



Idrogramma di piena BC_05

