



Esercitazione 2

Riesame dei risultati del metodo razionale con due metodi di stima della pioggia netta.

Aurora Gerardi 198373

DOCENTE: Prof. Claps
Esercitatore: Ing. A. Botto

A.A. 2012/2013

Scopo dell'esercizio è riesaminare la formulazione tradizionale del metodo razionale considerando diverse durate della precipitazione di progetto. Nello spirito della formula razionale si utilizzerà sempre intensità media costante, ovviamente coerente con le curve di possibilità pluviometrica. Si usi il periodo di ritorno $T=100$ anni.

Con riferimento al bacino del Chisone a S. Martino ed alla CPP dell'esercitazione 6 si ricerchi il valore di picco di piena che deriva da ietogrammi ad intensità costante (ietogrammi rettangolari) di durata variabile tra 1/6 e 6/6 del tempo di corrivazione, con intensità medie derivate dalla CPP. Si ricerchi il massimo valore di picco usando il metodo della corrivazione usando per gli assorbimenti inizialmente il metodo ψ . In questo caso la pioggia più lunga produrrà picco di piena uguale a quello della formula razionale tradizionale.

In seguito, si proceda ricercando il massimo che si ottiene utilizzando il metodo SCS-CN invece del metodo ψ . Il valore di CN da usare è 74. Si utilizzi sempre il metodo della corrivazione ricalcolando lo ietogramma netto in tutti gli intervalli considerati.

Si rilegga attentamente la traccia dell'esercitazione 7 sul sito idrologia per verificare la corretta modalità di calcolo della pioggia netta in intervalli di tempo successivi attraverso il metodo CN.

Il metodo razionale è un procedimento particolarmente semplice ed efficace per calcolare la portata al colmo di piena Q con un tempo di ritorno t_r assegnato alla sezione di chiusura di un bacino.

Il metodo si fonda sull'utilizzo della curva di possibilità climatica della pioggia ragguagliata e sulle seguenti ipotesi:

1. La portata di piena Q con assegnato tempo di ritorno t_r , è la maggiore tra tutte le portate di piena ad intensità costante ricavate dalla CPP aventi tempo di ritorno t_r ;
2. A parità di tempo di ritorno t_r , la portata maggiore si registra in corrispondenza dell'evento avente durata pari al tempo di corrivazione t_c ;
3. La portata dell'evento di piena causata da una precipitazione ragguagliata, avente uno ietogramma a intensità costante, con durata pari al tempo di corrivazione, è proporzionale al prodotto tra l'intensità di pioggia e l'area del bacino.

La prima ipotesi approssima abbastanza bene la realtà, mentre le restanti due, per esser giustificate richiedono che si schematizzi il fenomeno della trasformazione afflussi – deflussi dell'area di bacino, ipotizzando che le perdite siano proporzionali all'intensità di pioggia, visto che la definizione delle perdite in modo esatto è un processo complesso e non interamente definito. Secondo tali assunzioni, inoltre, il tempo impiegato dalla particella di acqua a raggiungere la sezione di chiusura dipende soltanto dalla lunghezza del percorso compiuto.

Utilizzando il documento “Chisone_Sanmartino.pdf”, tratto dalla relazione del progetto RENERFOR (Regione Piemonte – Politecnico) si possono ricavare dati morfo – climatici relativi al bacino del Chisone a San Martino, come riportato in allegato, mentre qui sotto sono riportate le grandezze principali che caratterizzano il bacino.

Bacino del Chisone – San Martino	
z_{medio}	1739 m
z_{max}	3234 m
z_{min}	415 m
A	580,5 km ²
L	56,276 km
v	1,5 m/s
ψ	0,402

TABELLA 1: PARAMETRI MORFO - ALTIMETRICI DEL BACINO.

Procedendo con il calcolo del tempo di corrivazione tramite la formula di Giandotti, come riportato anche dall'esercitazione 6, si ottiene:

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{A} + 1,5 \cdot L}{0,8 \cdot \sqrt{z_{\text{media}} - z_{\text{min}}}} \quad [1]$$

Cioè un tempo di corrivazione pari (all'incirca) a 6 ore.

Questo valore si può confrontare con quello risultante dalla formula empirica:

$$t_c = \frac{L}{v} \quad [2]$$

Da quest'ultima formula, rendendo le grandezze confrontabili, si ottiene un tempo di corrivazione pari a circa 10 ore.

Noti i parametri a ed n dall'esercitazione 6, si valuta la portata corrispondente ad un tempo di ritorno pari a 100 anni.

a	13,755
n	0,4975
k_{100}	2,374

TABELLA 2: PARAMETRI OTTENUTI DALL'ESERCITAZIONE 6.

Dove il parametro k_{100} è stato ottenuto mediante l'analisi con la distribuzione GEV dei dati, e corrisponde al fattore di crescita ottenuto nello studio di portate aventi periodo di ritorno pari ad un secolo.

Da questi valori sono stati ottenuti a_{100} , come prodotto tra a e k_{100} per poi ottenere, come fine ultimo la portata corrispondente al periodo di ritorno pari a 100 anni:

$$i_{100} = a_{100} t_c^{(n-1)} \quad [3]$$

Dove $a_{100} = 32,6544$, pertanto, si ottiene un'intensità di precipitazione per assegnato tempo di ritorno pari a: $i_{100} = 13,27$.

Nota l'intensità di progetto, con la seguente formula valuto la corrispondente portata:

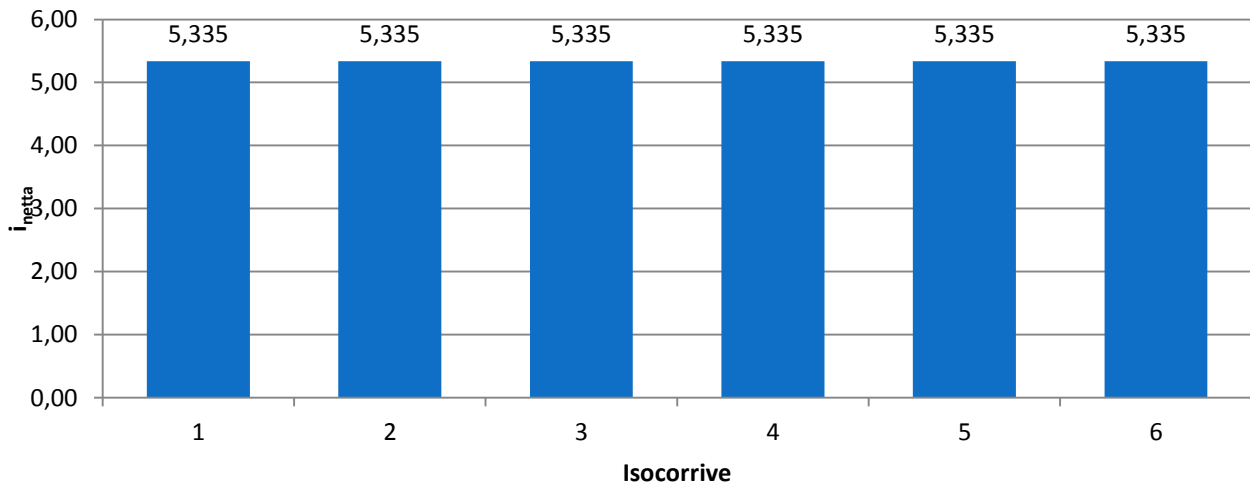
$$Q_{100} = \frac{i_{100}(t_c)\psi A}{3,6} \quad [4]$$

Dove $\psi = 0,402$

Considerando di dividere il bacino in $K=6$ classi di isocorrive si può determinare uno ietogramma di progetto composto da sei valori di intensità media costante (ietogramma “Chicago”), come riportato nella figura sottostante:



FIGURA 1: IETOGRAMMA CHICAGO PER INTENSITÀ MEDIA COSTANTE.



Le forme da dare allo ietogramma Chicago possono essere quella decrescente e quella crescente. La formula è:

$$i = \frac{i_{100}}{\Delta t} (j \cdot \Delta t)^n \quad [5]$$

Δt varrà $t_c / 6$.

Nel caso di ietogramma Chicago con forma decrescente sono state usate le seguenti formule (dove la [6] deriva direttamente dalla [5]) che hanno portato alla definizione dello ietogramma in Figura 2.

$$i_j = \frac{(h_{j+1} - h_j)}{\Delta t} \quad [6]$$

$$h_j = a \cdot d^n \cdot k_{100} \quad [7]$$

d [ore]	h_j [mm]	i_j [mm/h]
1	32,65	32,65
2	46,10	13,45
3	56,40	10,30
4	65,08	8,68
5	72,72	7,64
6	79,63	6,90

TABELLA 3: GRANDEZZE NECESSARIE PER LA DEFINIZIONE DELLO IETOGRAMMA CHICAGO IN FORMA DECRESCENTE.

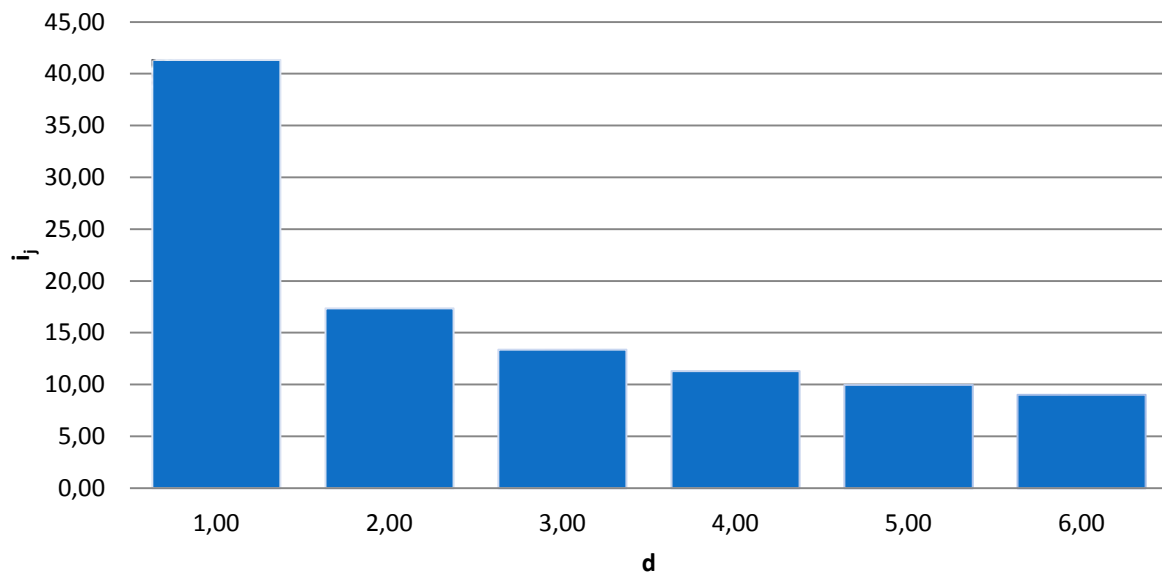


FIGURA 2: IETOGRAMMA CHICAGO IN FORMA DECRESCENTE.

Riordinando le grandezze ottenuta in assetto crescente si ottiene lo ietogramma Chicago in forma crescente.

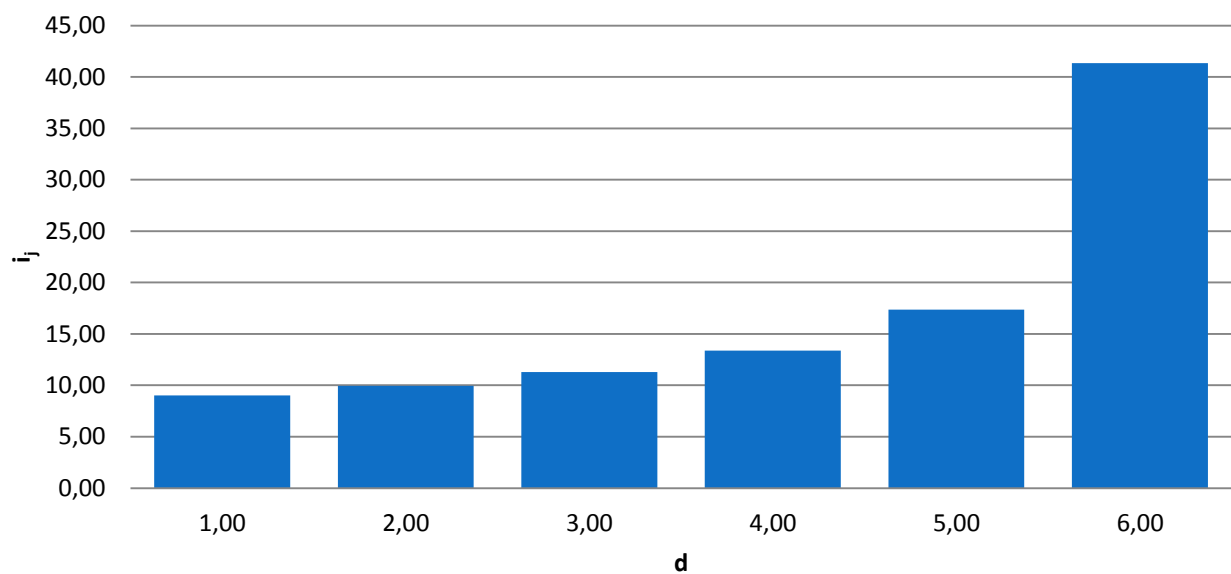


FIGURA 3: IETOGRAMMA CHICAGO IN FORMA CRESCENTE.

d [ore]	h_j [mm]	i_j [mm/h]
1,00	79,63	6,90
2,00	72,72	7,64
3,00	65,08	8,68
4,00	56,40	10,30
5,00	46,10	13,45
6,00	32,65	32,65

TABELLA 4: GRANDEZZE NECESSARIE PER LA DEFINIZIONE DELLO IETOGRAMMA CHICAGO IN FORMA CRESCENTE.

Diviso l'area del bacino in sei sotto – aree e nota la superficie di ognuna (tramite il file ipso_Chisone_San_Martino.pdf) è stato possibile determinare le aree cumulate al fine di pervenire alla definizione della curva ipsografica del bacino.

z(m)	Area(m ²)	Area _{cumulata} (m ²)
3234	0	0
2764	17,415	17,415
2294	81,27	98,685
1824	133,515	232,2
1354	174,15	406,35
884	121,905	528,255
415	52,245	580,5

TABELLA 5: DATI PER IL TRACCIAMENTO DELLA CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO.

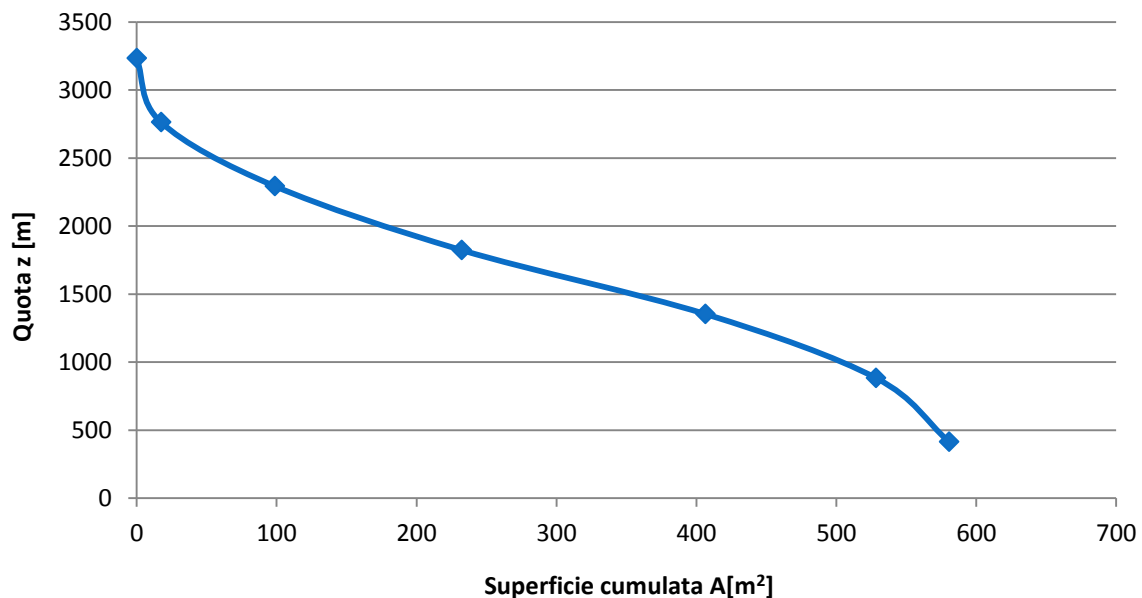


FIGURA 4: CURVA IPSOGRAFICA DEL BACINO CHISONE SAN MARTINO.

Applicando la formula sottostante, si trova l'altitudine media del bacino in base al totale della superficie cumulata:

$$\bar{z} = \sum_i \frac{z_i A_i}{A} \quad [8]$$

È stata così un'altitudine media del bacino, diversa da quella ottenuta come media tra quota minima e massima, pari a 1415,44 m s.l.m.

Partendo dalla curva ipsografica del bacino è stata quindi ottenuta la curva ipsometrica della medesima area; questa altro non è che la curva ipsografica adimensionalizzata, cioè indipendente dal valore della superficie cumulata e dalla quota considerata del bacino:

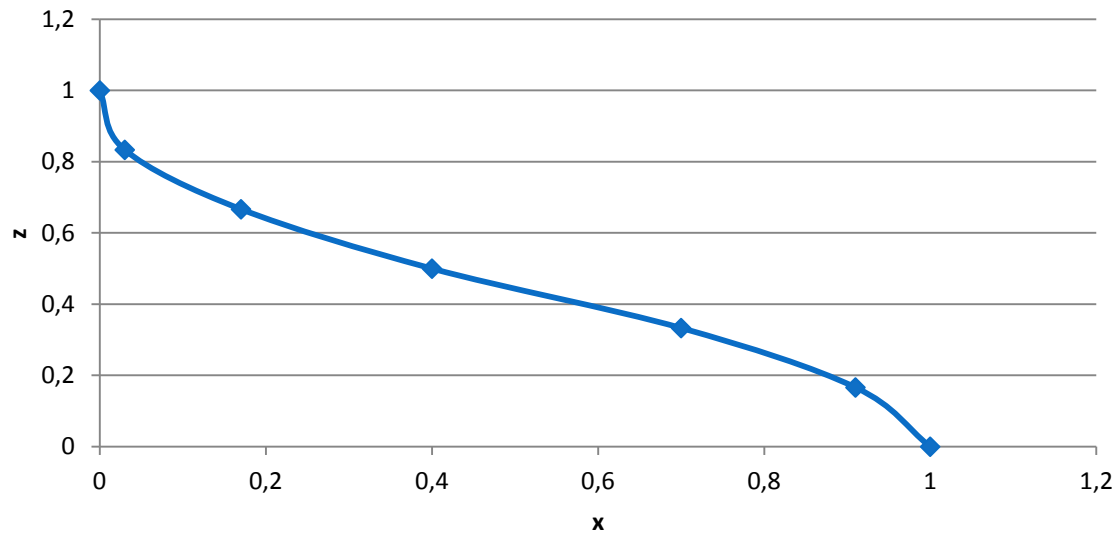


FIGURA 5: CURVA IPSOMETRICA.

In base alla suddivisione delle aree secondo l'ipotesi isocorrive = isoipse, è stato costruito l'idrogramma di piena secondo il metodo cinematico, procedendo fino al tempo $t=12 \Delta t$, nota l'intensità di precipitazione media valutata partendo dalla definizione di ietogramma Chicago crescente e decrescente e facendo la media delle precipitazioni calcolate nei due casi.

$$i_{\text{med,cresc/descres}} = 13,27 \text{ mm/h}$$

j	z_j	a_j	$\frac{a_j}{A}$	i_j	$i_j \frac{a_j}{A} = Q_j$						Q^*	$Q_k = \frac{Q^*}{3,6}$	$Q' = Q_k \cdot A$
					0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03			
1	3234	0	0	5,335	0,480	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,480	0,133	77,426
2	2764	17,415	0,03	5,335	0,480	1,120	0,000	0,000	0,000	0,000	1,601	0,445	258,088
3	2294	81,270	0,14	5,335	0,480	1,120	1,601	0,000	0,000	0,000	3,201	0,889	516,175
4	1824	133,515	0,23	5,335	0,480	1,120	1,601	1,227	0,000	0,000	4,428	1,230	714,043
5	1354	174,150	0,30	5,335	0,480	1,120	1,601	1,227	0,747	0,000	5,175	1,438	834,484
6	884	121,905	0,21	5,335	0,480	1,120	1,601	1,227	0,747	0,160	5,335	1,482	860,292
7	415	52,2450	0,09	0,00	0,000	1,120	1,601	1,227	0,747	0,160	4,855	1,349	782,866
8	---	---	---	0,00	0,000	0,000	1,601	1,227	0,747	0,160	3,735	1,037	602,205
9	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	1,227	0,747	0,160	2,134	0,593	344,117
10	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,747	0,160	0,907	0,252	146,250
11	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,160	0,160	0,044	25,809
12	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

TABELLA 6: DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE DA INSERIRE COME ASCISSA ED ORDINATA NELL'IDROGRAMMA DI PIENA.

Dove la grandezza i_j presente nella tabella soprastante è stata calcolata come:

$$i_j = i_{\text{med,cresc/descres}} \cdot A \quad [9]$$

$$Q^* = \sum_{j=1}^{12} Q_j \quad [10]$$

A questo punto, noti i dodici intervalli di tempo considerati, è stato possibile tracciare l'idrogramma di piena in funzione delle relative portate.

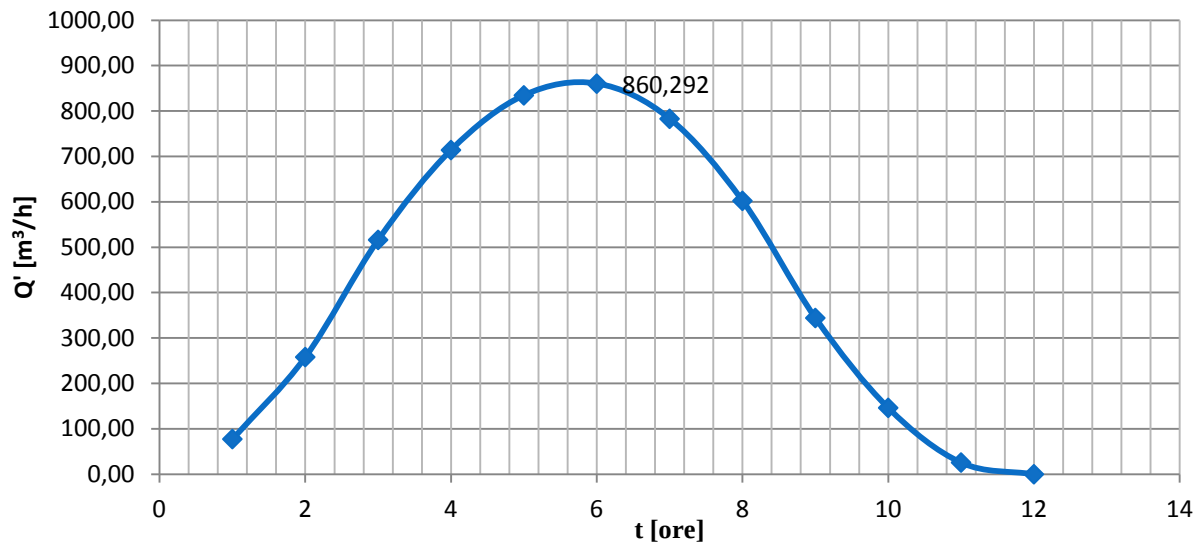


FIGURA 6: IDROGRAMMA DI PIENA

Pertanto sono state rispettate tutte le ipotesi alla base del metodo della corrivazione, che qui si richiamano brevemente:

- La formazione della piena è dovuta solamente al fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- Ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile, che è funzione solo dalla posizione del punto dove essa è caduta;
- La velocità della goccia è indipendente dalla presenza di altre gocce sulla superficie del bacino;
- La portata defluente si ottiene sommando tra loro portate elementari provenienti da singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

A questo punto è stato applicato il metodo SCS – CN (Soil Conservation Service – Curve Number) per definire la portata netta di pioggia riscontrabile alla sezione di chiusura, nota la pioggia totale cumulata e il quantitativo di precipitazione perso per fenomeni di deflusso sotterraneo.

Questo metodo è uno dei metodi empirici o idrologici per la determinazione dell'infiltrazione cumulata riferita all'intero fenomeno di piena attraverso l'equazione di bilancio:

$$P_{net} = Q = P - f_r \quad [11]$$

Dove P_{net} , f_r , e P rappresentano rispettivamente le intensità di pioggia netta, infiltrata e totale dell'evento in esame e Q il deflusso superficiale corrispondente.

Il metodo è stato tarato considerando un valore di CN pari a 74, come da richiesta, e tramite la formula [12] è stato valutato il valore di S :

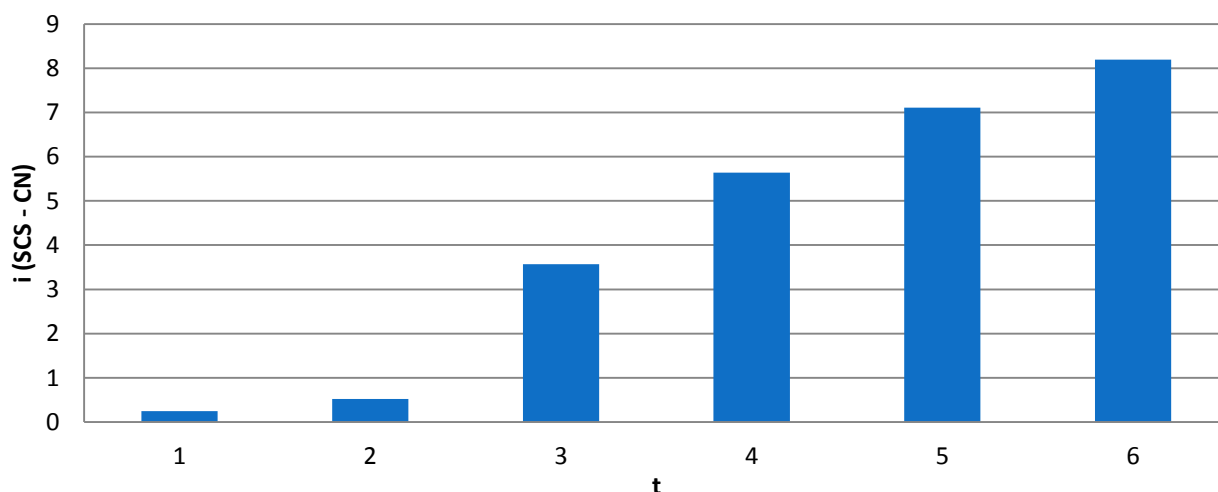
$$S = \frac{25400}{CN} - 254CN \quad [12]$$

Ottenendo un valore di S pari a 89,24.

Assumendo l'ipotesi di intensità di pioggia costante, è stato portato avanti il calcolo della portata netta.

t	P	P _{cum}	P _e	ΔP _e	i (SCS-CN)
1	13,27	13,27	0,247445	0,247445	0,247445
2	13,27	26,54	0,771839	0,524394	0,524394
3	13,27	39,81	4,338671	3,566832	3,566832
4	13,27	53,09	9,974833	5,636162	5,636162
5	13,27	66,36	17,08222	7,107392	7,107392
6	13,27	79,63	25,27299	8,190761	8,190761

TABELLA 7: DEFINIZIONE DI GRANDEZZE PER ARRIVARE ALL'IDENTIFICAZIONE DELL'IDROGRAMMA DI PORTATA NETTA.



j	z _j	a _j	$\frac{a_j}{A}$	i _j	$i_j \frac{a_j}{A} = Q_j$						Q*	Q _k = $\frac{Q^*}{3,6}$	Q' = Q _k · A
					0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03			
1	3234	0,000	0	0,25	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,022	0,006	3,591
2	2764	17,415	0,03	0,52	0,047	0,052	0,000	0,000	0,000	0,000	0,099	0,028	15,989
3	2294	81,270	0,14	3,57	0,321	0,110	0,074	0,000	0,000	0,000	0,505	0,140	81,491
4	1824	133,515	0,23	5,64	0,507	0,749	0,157	0,057	0,000	0,000	1,471	0,408	237,121
5	1354	174,150	0,3	7,11	0,640	1,184	1,070	0,121	0,035	0,000	3,049	0,847	491,581
6	884	121,905	0,21	8,19	0,737	1,493	1,691	0,820	0,073	0,007	4,822	1,339	777,512
7	415	52,245	0,09	0,00	0,000	1,720	2,132	1,296	0,499	0,016	5,664	1,573	913,269
8	---	---	---	0,00	0,000	0,000	2,457	1,635	0,789	0,107	4,988	1,386	804,314
9	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	1,884	0,995	0,169	3,048	0,847	491,489
10	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	1,147	0,213	1,360	0,378	219,288
11	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,246	0,246	0,068	39,623
12	---	---	---	0,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

TABELLA 8: DEFINIZIONE DELLE GRANDEZZE DA INSERIRE COME ASCISSA ED ORDINATA NELL'IDROGRAMMA DI PIENA, STUDIATE CON METODO SCS - CN.

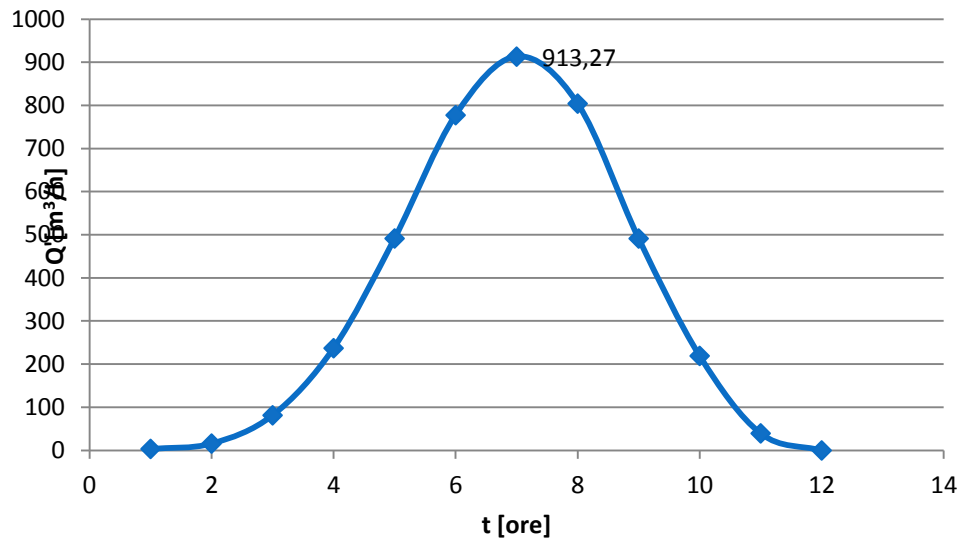


FIGURA 7: IDROGRAMMA DI PIENA OTTENUTO CON L'APPLICAZIONE DEL METODO IDROLOGICO SCS - CN.

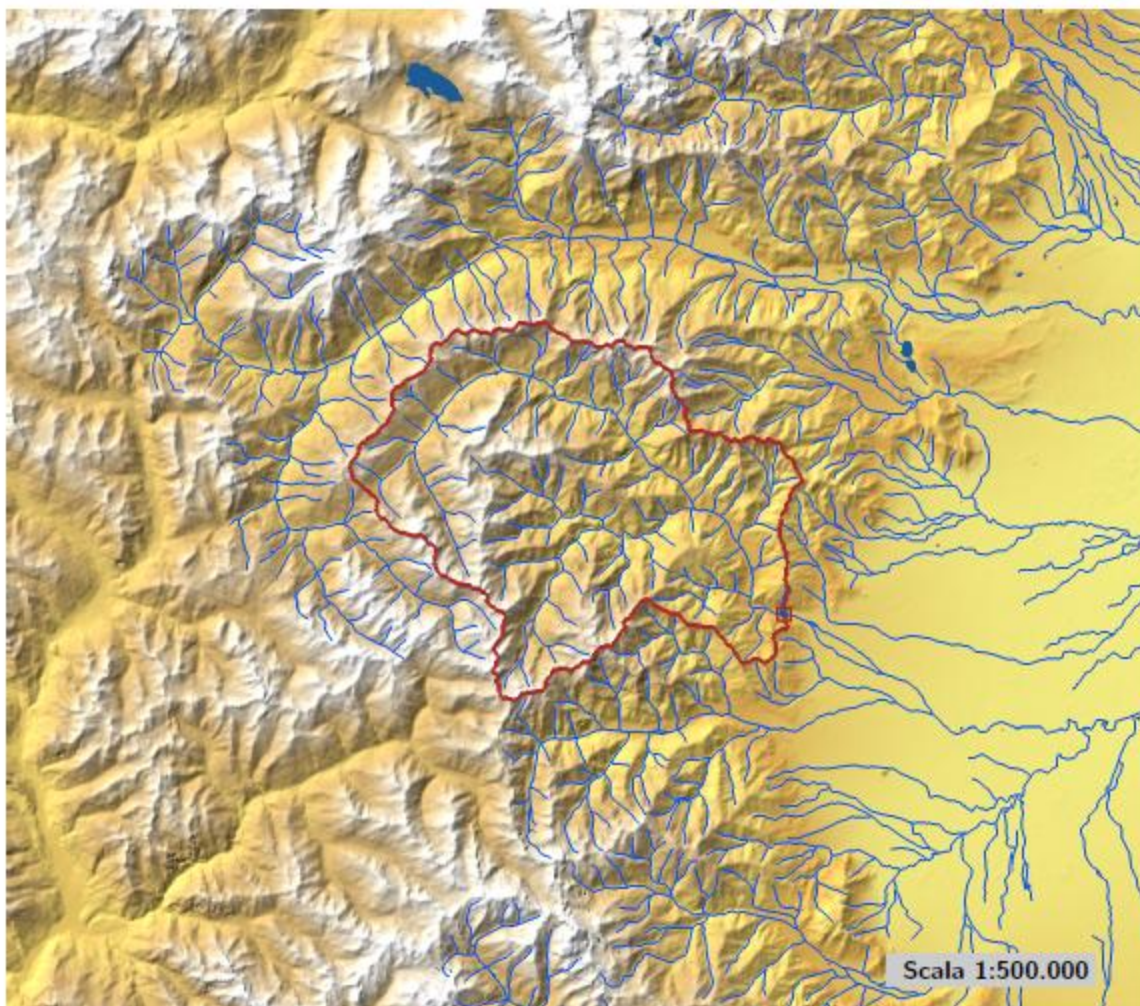
Conclusioni:

- Valore di picco di piena che deriva da ietogrammi ad intensità costante: 860,292 m³/s;
- Massimo che si ottiene utilizzando il metodo SCS-CN: 913,27 m³/s.

ALLEGATO 1: DATI MORFO – CLIMATICI RELATIVI AL BACINO DEL CHISONE A SAN MARTINO.



Chisone a San Martino



est (UTM32N WGS84)	364410	nord (UTM32N WGS84)	4971600
est DEM (UTM32N WGS84)	363870	nord DEM (UTM32N WGS84)	4971800
area bacino	581	quota media	1739
quota massima	3234	quota minima	415

ascissa baricentro UTM-WGS84	348550
curva Ipsografica 2,5%	2742
curva Ipsografica 10%	2520
curva Ipsografica 50%	1773
curva Ipsografica 90%	878
curva Ipsografica 97,5%	603
lunghezza LDP	57.524
lunghezza vettore orientamento	17.657
pendenza bacino quadrato equivalente	11.281
rapporto di allungamento	0.473
media funzione di ampiezza	29077
skewness funzione di ampiezza	0.007
funzione di ampiezza 5%	6984
funzione di ampiezza 15%	14478
funzione di ampiezza 40%	26491
funzione di ampiezza 60%	32509
funzione di ampiezza 85%	42863
lunghezza media versanti	753.76
rapporto di biforcazione	4.151
rapporto aree medie di due ordini adiacenti	4.672
lunghezza totale reticolo idrografico	332
media NDVI	0.41
media indice di permeabilità vapi	0.402
media curve number 1	45.525
media curve number 2	64.828
media curve number 3	80.823
media LCV plogge 1 ora	0.182
classe 2 corine land cover	57.87
classe 4 corine land cover	16.21
media coef. pluviale orario CPP	17.438
media esponente CPP	0.506
media dell'afflusso totale annuo	1048.1
media LCV plogge 3 ore	0.164
media LCV plogge 12 ore	0.195
media LCA plogge 1 ora	0.187
media LCA plogge 6 ore	0.134
media LCA plogge 24 ore	0.24
media coef. C1 regime pluviometrico	-3.875
media coef. C2 regime pluviometrico	-39.111

ordinata baricentro UTM-WGS84	4980600
curva Ipsografica 5%	2647
curva Ipsografica 25%	2224
curva Ipsografica 75%	1276
curva Ipsografica 95%	711
lunghezza asta principale	56.276
pendenza media LDP	5.924
pendenza bacino	24.294
angolo di esposizione medio	140.33
fattore di forma	0.175
varianza funzione di ampiezza	164640000
kurtosis funzione di ampiezza	2.457
funzione di ampiezza 10%	10515
funzione di ampiezza 30%	22676
funzione di ampiezza 50%	29546
funzione di ampiezza 70%	35248
funzione di ampiezza 95%	51578
diametro topologico	62
rapporto lunghezze medie di due ordini adiacenti	2.11
rapporto pendenze medie di due ordini adiacenti	2.019
densità di drenaggio	0.572
dev. standard NDVI	0.132
dev. standard indice di permeabilità vapi	0.108
dev. standard curve number 1	9.19
dev. standard curve number 2	8.616
dev. standard curve number 3	6.455
classe 1 corine land cover	0.99
classe 3 corine land cover	24.94
classe 5 corine land cover	0
dev. standard coef. pluviale orario CPP	3.371
dev. standard esponente CPP	0.039
media LCV plogge 1 ora	0.182
media LCV plogge 6 ore	0.17
media LCV plogge 24 ore	0.219
media LCA plogge 3 ore	0.088
media LCA plogge 12 ore	0.191
media coef. B1 regime pluviometrico	-13.528
media coef. B2 regime pluviometrico	-5.379