



ESERCIZIO 2

Consegna

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

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.

Svolgimento

Con riferimento al bacino del Chisone a S. Martino e all'esercitazione 6 posso riportare i dati necessari allo svolgimento del problema:

Quota massima [m]	3234	m
Quota minima [m]	415	m
delta z [m]	469,8333	m

Lunghezza asta principale	56,276	km
Area totale	581	km ²
z medio	1739	m
H'	1324	m

Tc giandotti	6,212064	ore
ΔT	1,035344	ore
a	17,438	
n	0,506	
k 100 prgelato	2,41	
i 100	17,04728	mm/h
ψ	0,402	

Il valore di intensità media è stata ottenuta facendo la media delle intensità ottenute dalla cpp:

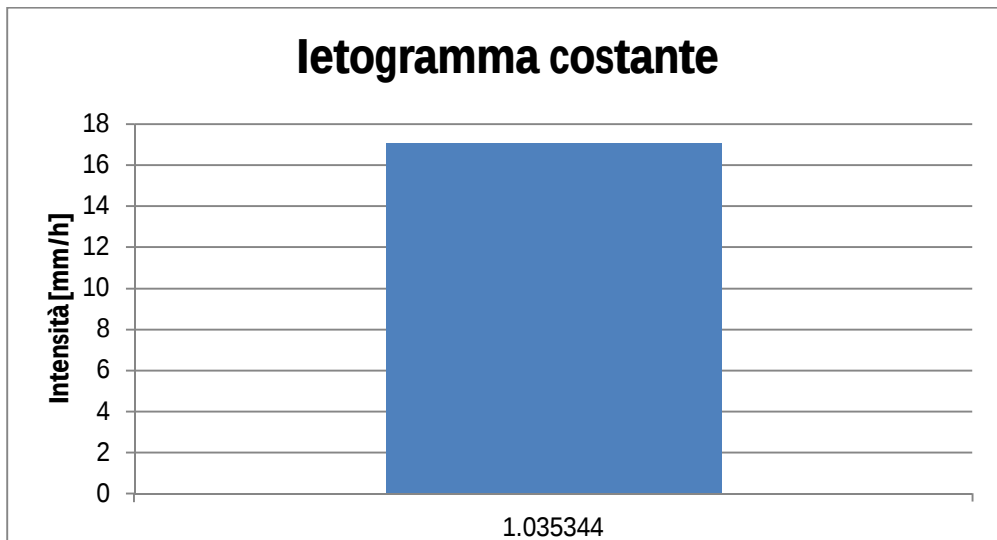
intensità	media
9,01777165	17,05
9,96256433	
11,2907961	
13,3654233	
17,3622221	
41,32806	

Mantenendo l'intensità i costante si ricerca il picco di piena per durate tra 1/6 e 6/6 del tempo di corrivazione:

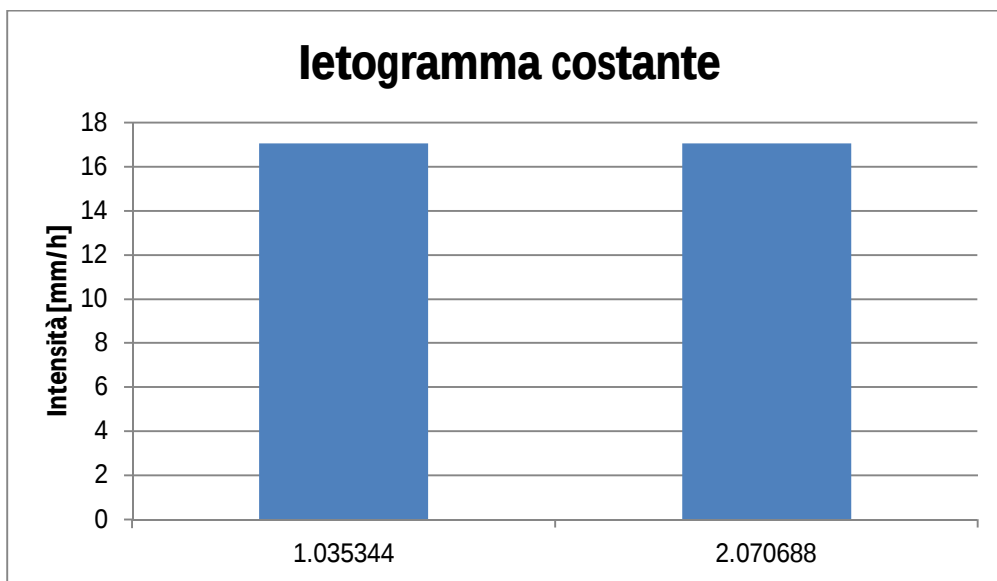
Durate [ore]	i [mm/h]
1,035344	17,05
2,070688	17,05
3,106032	17,05
4,141376	17,05
5,176720	17,05
6,212064	17,05

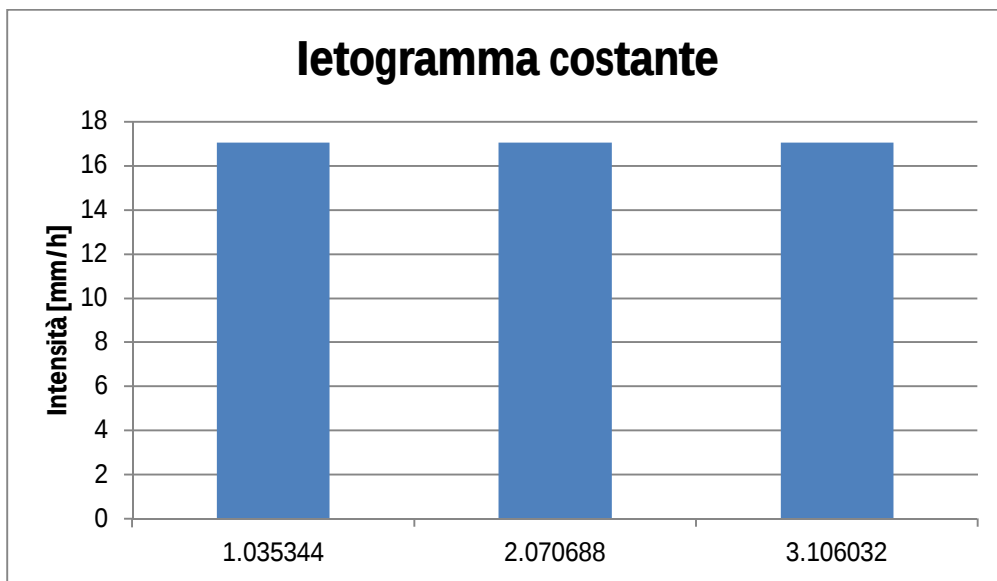
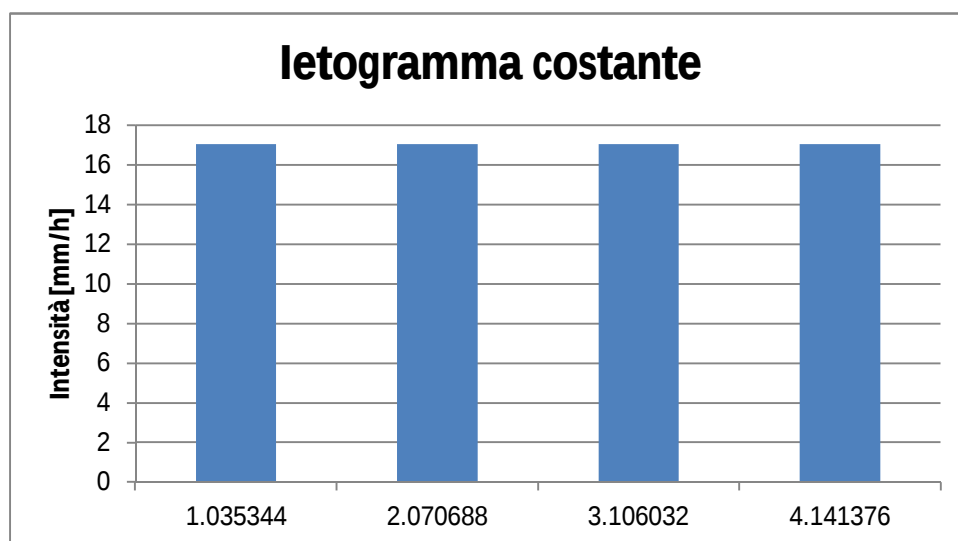
In questo modo gli ietogrammi che si ottengono per ogni intervallo di durata sono costanti e risultano:

1/6 Tc

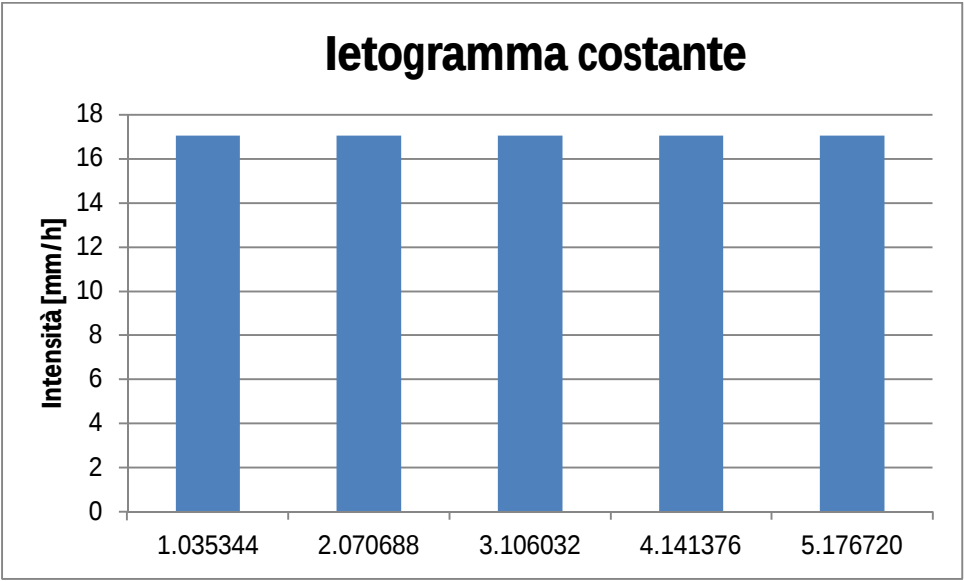


2/6 Tc

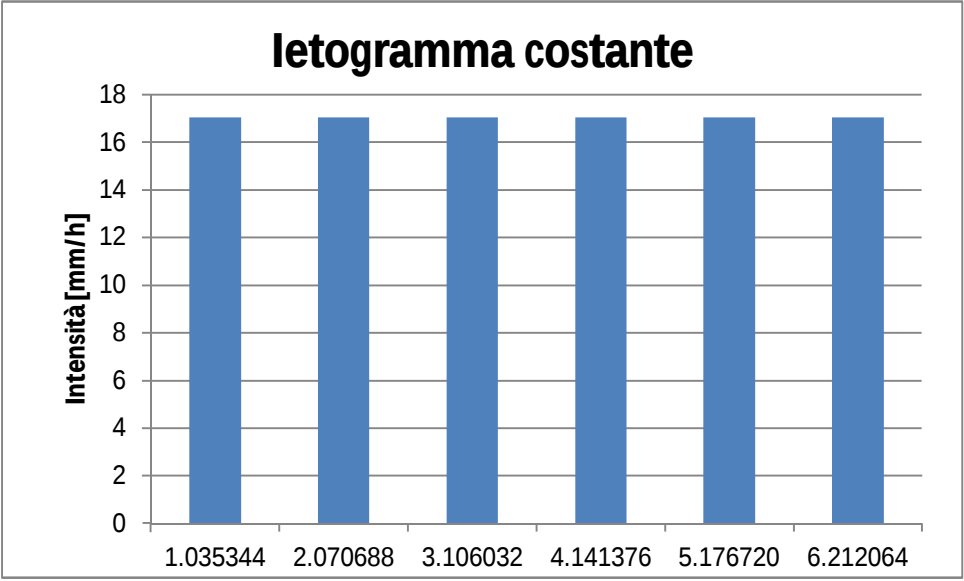


3/6 Tc**4/6 Tc**

5/6 Tc



6/6 Tc

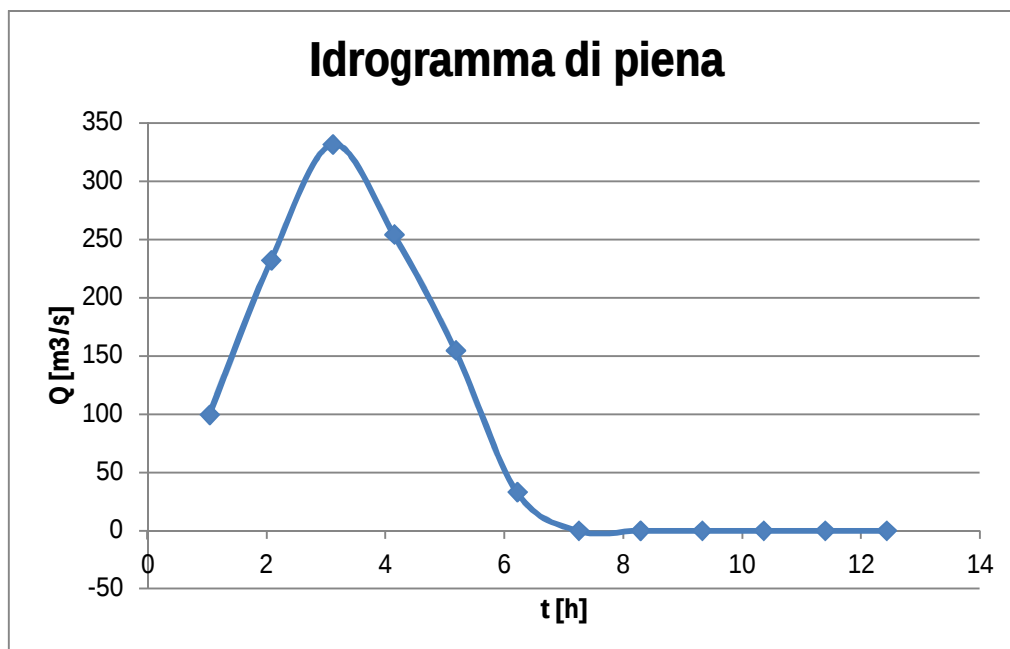


Utilizzando il metodo della corrivazione, conoscendo le intensità e le aree normalizzate, posso calcolare le portate attraverso la sezione chiusura per ogni intervallo di tempo considerato, da $1/6$ a $6/6 T_c$:

L'intensità calcolata precedentemente viene moltiplicata per il coefficiente di afflusso Ψ :

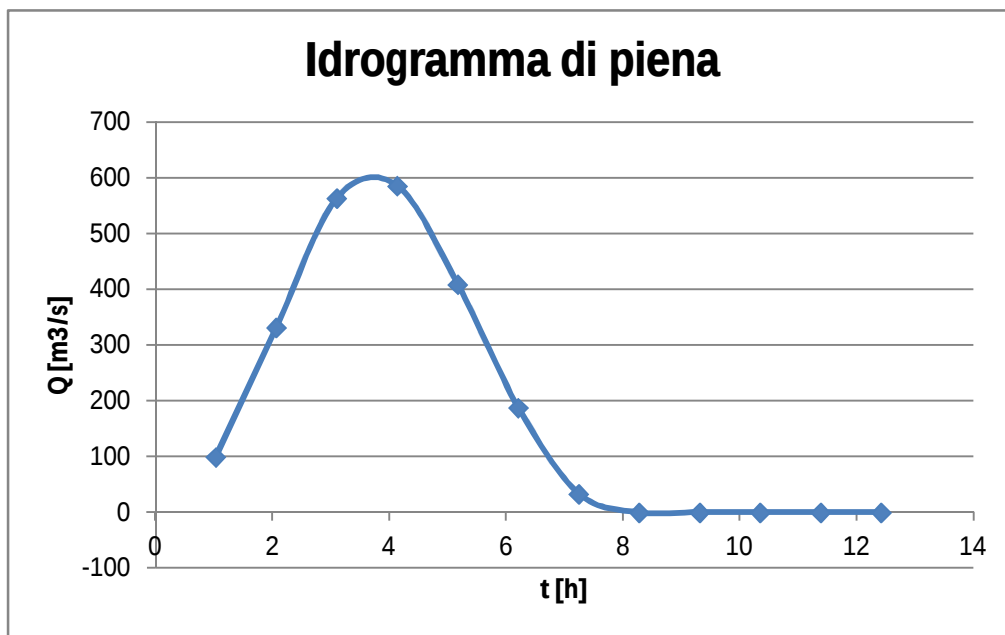
1/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	0	0	1,438122						1,438122	232,097
p3	3,106032	0	0	0	2,05446					2,05446	331,5671
p4	4,141376	0	0	0	0	1,575086				1,575086	254,2014
p5	5,17672	0	0	0	0	0	0,958748			0,958748	154,7313
p6	6,212064	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Lo schema che definisce il metodo della corrivazione è stato usato per calcolare le portate ai vari istanti di tempo e per determinarne così il massimo. Con le portate ottenute è possibile quindi tracciare l'idrogramma di piena corrispondente:

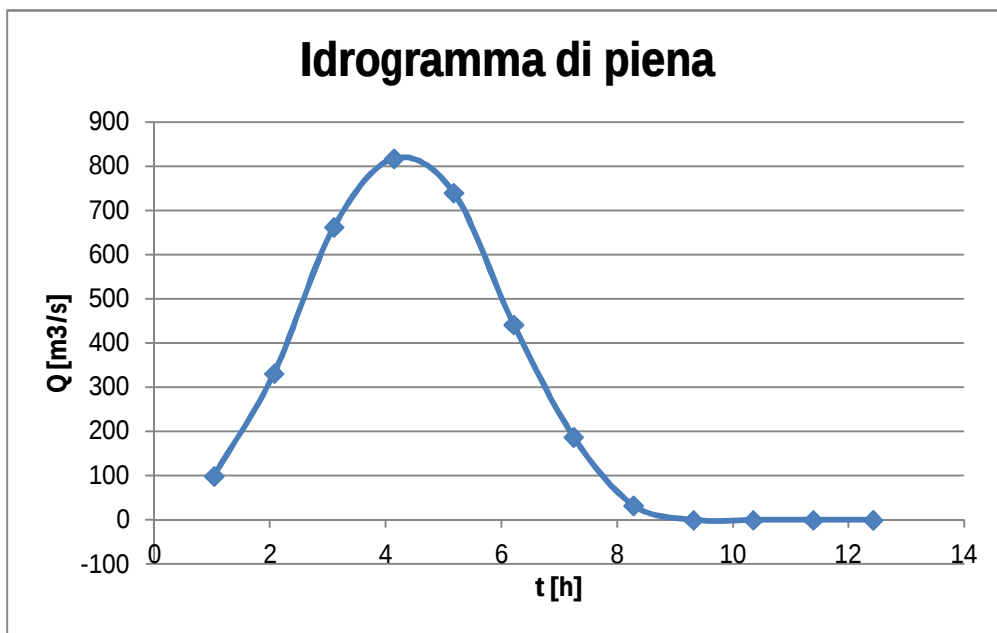


Ripetendo il procedimento per le altre durate è possibile ricavare il picco di portata Q con intensità di pioggia i costante.

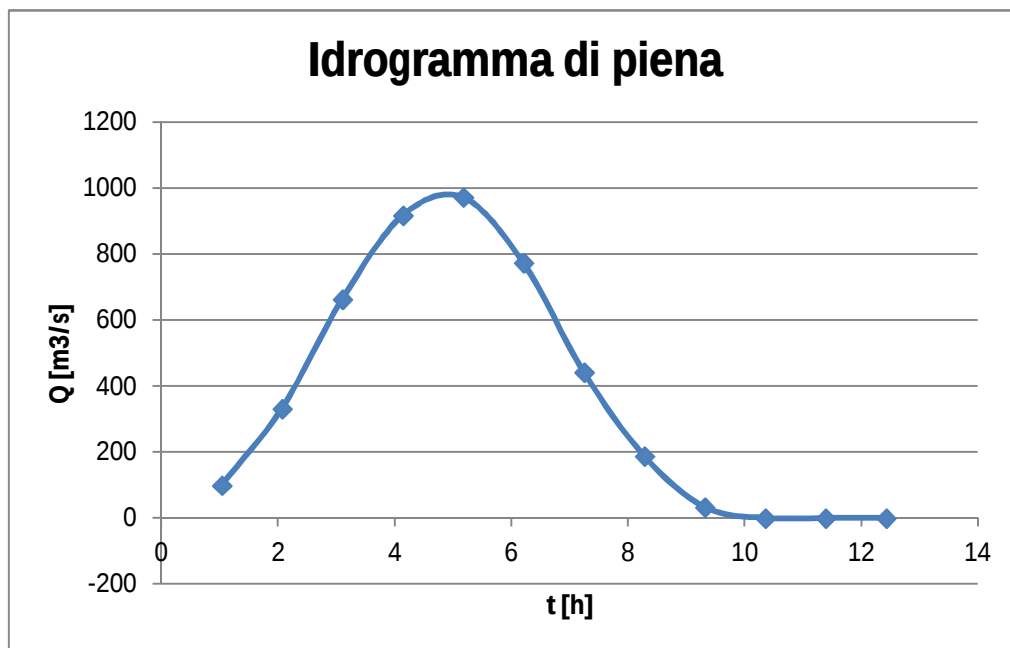
2/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	6,8541	0,616338	1,438122						2,05446	331,5671
p3	3,106032	0	0	1,438122	2,05446					3,492583	563,664
p4	4,141376	0	0	0	2,05446	1,575086				3,629547	585,7685
p5	5,17672	0	0	0	0	1,575086	0,958748			2,533835	408,9327
p6	6,212064	0	0	0	0	0	0,958748	0,205446		1,164194	187,888
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



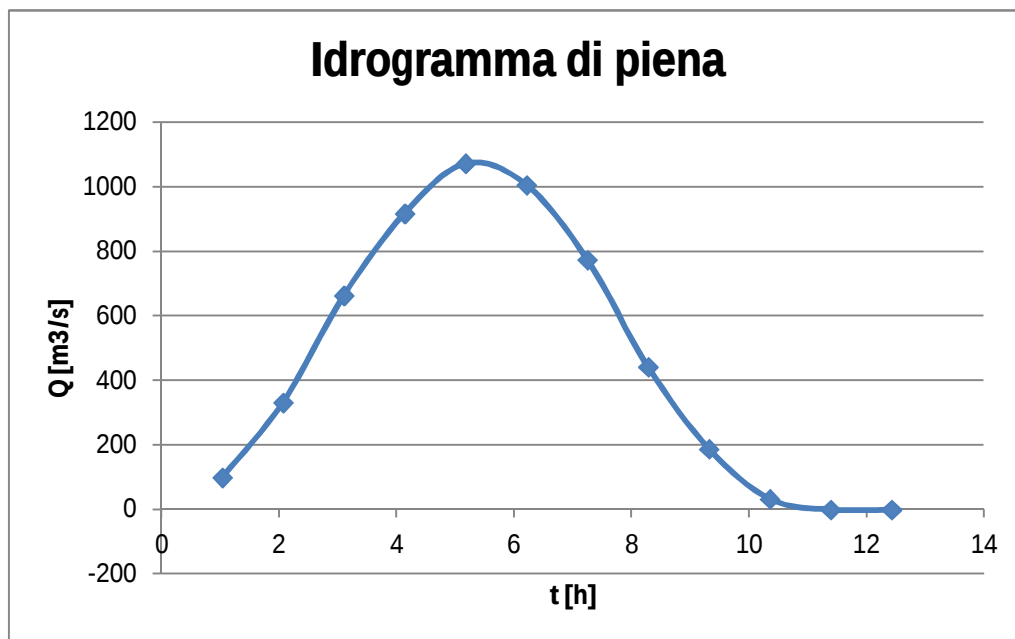
3/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	6,8541	0,616338	1,438122						2,05446	331,5671
p3	3,106032	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446					4,108921	663,1342
p4	4,141376	0	0	1,438122	2,05446	1,575086				5,067669	817,8655
p5	5,17672	0	0	0	2,05446	1,575086	0,958748			4,588295	740,4998
p6	6,212064	0	0	0	0	1,575086	0,958748	0,205446		2,739281	442,0895
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0,958748	0,205446		1,164194	187,888
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



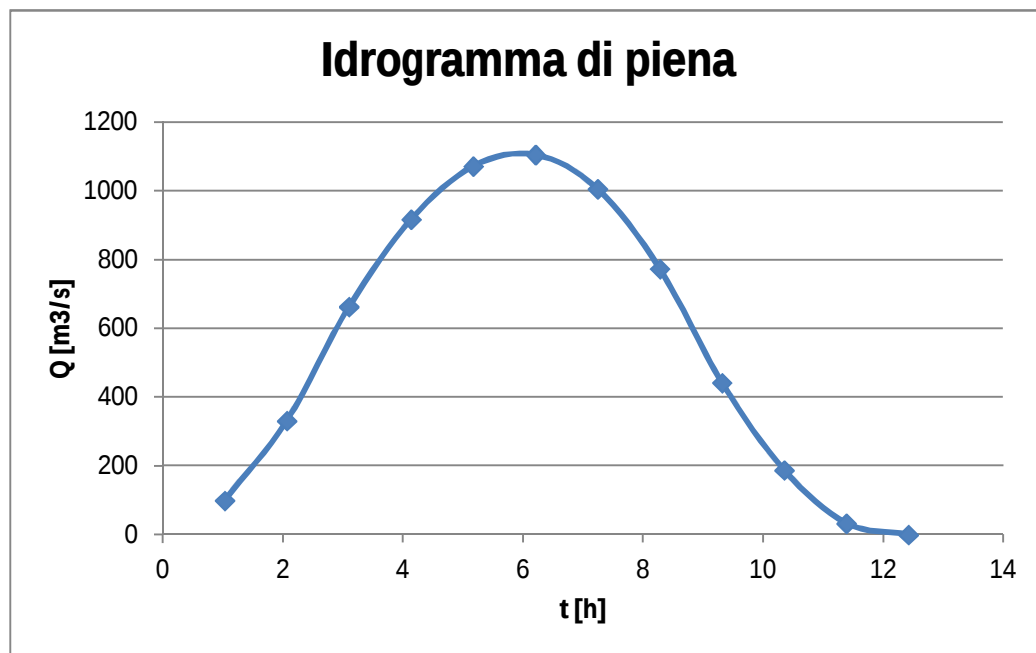
4/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	6,8541	0,616338	1,438122						2,05446	331,5671
p3	3,106032	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446					4,108921	663,1342
p4	4,141376	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086				5,684007	917,3356
p5	5,17672	0	0	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748			6,026417	972,5968
p6	6,212064	0	0	0	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		4,793741	773,6565
p7	7,247408	0	0	0	0	1,575086	0,958748	0,205446		2,739281	442,0895
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0,958748	0,205446		1,164194	187,888
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	6,8541	0,616338	1,438122						2,05446	331,5671
p3	3,106032	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446					4,108921	663,1342
p4	4,141376	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086				5,684007	917,3356
p5	5,17672	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748			6,642755	1072,067
p6	6,212064	0	0	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		6,231863	1005,753
p7	7,247408	0	0	0	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		4,793741	773,6565
p8	8,282752	0	0	0	0	1,575086	0,958748	0,205446		2,739281	442,0895
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0,958748	0,205446		1,164194	187,888
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



6/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,229802	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	6,8541	0,616338							0,616338	99,47013
p2	2,070688	6,8541	0,616338	1,438122						2,05446	331,5671
p3	3,106032	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446					4,108921	663,1342
p4	4,141376	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086				5,684007	917,3356
p5	5,17672	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748			6,642755	1072,067
p6	6,212064	6,8541	0,616338	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		6,848201	1105,224
p7	7,247408	0	0	1,438122	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		6,231863	1005,753
p8	8,282752	0	0	0	2,05446	1,575086	0,958748	0,205446		4,793741	773,6565
p9	9,318096	0	0	0	0	1,575086	0,958748	0,205446		2,739281	442,0895
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0,958748	0,205446		1,164194	187,888
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0,205446		0,205446	33,15671
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



L'intervallo di pioggia più lungo produrrà il picco di piena, uguale a quello della formula razionale, infatti il valore di Q ottenuto è pari a **1105,224 m³/s** è confrontabile con il valore ottenuto nell'esercitazione 6:

$$Q (T=100) = 1105,999 \text{ m}^3/\text{s}$$

questo era stato ottenuto attraverso la formula:

$$Q = \frac{A * i_{100} * \Psi}{3,6}$$

Metodo SCS - CN

Il metodo proposto dal Soil Conservation Service (1972), noto con il termine inglese di Curve Number, considera la seguente equazione di continuità ai fini del bilancio idrologico:

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

Dove P_n è la precipitazione netta cumulata all'istante t , P è la precipitazione totale cumulata allo stesso tempo, I_a sono le perdite iniziali per unità di superficie (intercezione, depressioni e detenzione superficiale, infiltrazione fino all'inizio dello scorrimento) mentre S indica il massimo volume specifico che il terreno può trattenere in condizioni di saturazione.

Questa relazione è valida solo per P maggiore o uguale ad I_a , mentre nel caso in cui l'altezza totale cumulata di precipitazione risulti inferiore ad I_a si ha $P_n = 0$ e pertanto il deflusso è nullo.

La relazione empirica che lega I_a ad S è

$$I_a = 0,2 S$$

dove S si determina attraverso la formula:

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

Nel nostro caso:

CN = 74

di conseguenza i valori di S e I_a valgono rispettivamente:

S	89,243
I_a	17,849

Con le relazioni scritte in precedenza posso definire i valori di pioggia netta $P(t)$:

t	P_i	P_{netta}	ΔP	i_{netta}
1,035344	17,65262	0,000431555	17,65218446	2,758065
2,070688	35,30523	2,855977496	32,44925454	6,815726
3,106032	52,95785	9,912598877	43,04524918	9,360166
4,141376	70,61046	19,60359155	51,00687254	11,06063
5,17672	88,26308	31,05514449	57,20793561	12,2532
6,212064	105,9157	43,74142538	62,17427074	13,12184

L'intensità di precipitazione netta, che ci servirà per tracciare gli ietogrammi sempre in funzione dell'intervallo di corrivazione, si calcola con la formula:

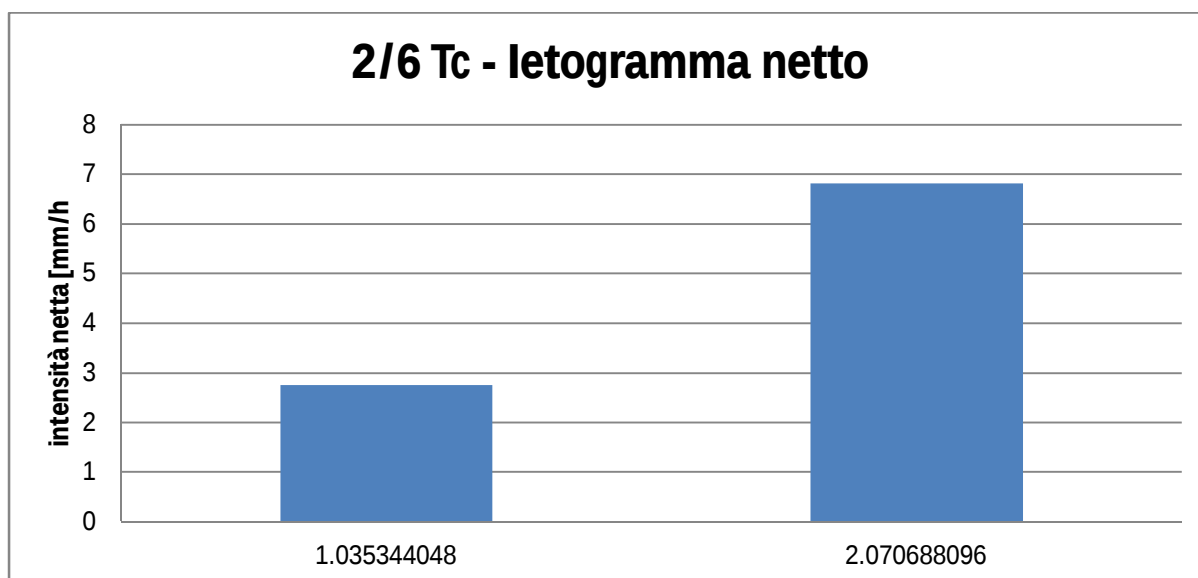
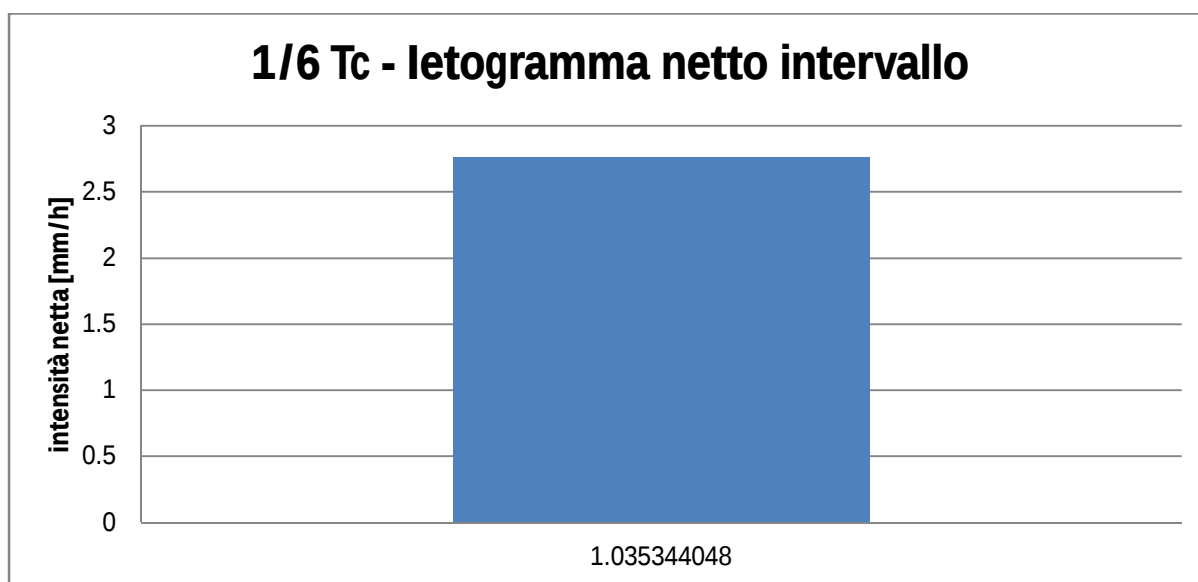
$$i_n = \frac{P_n(t + \Delta t) - P_n(t)}{\Delta t}$$

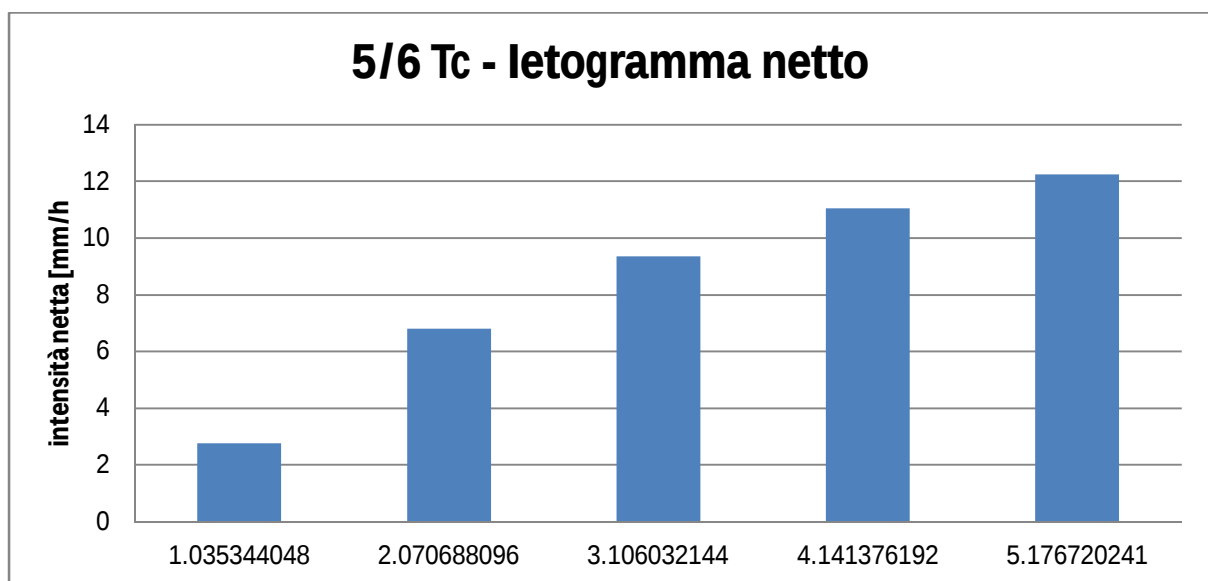
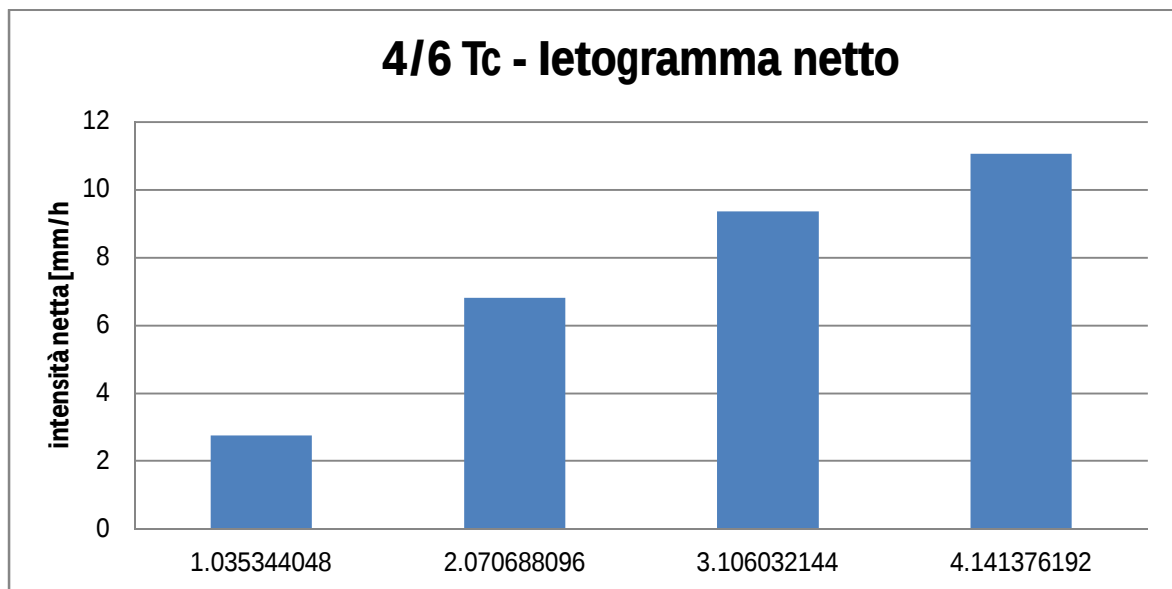
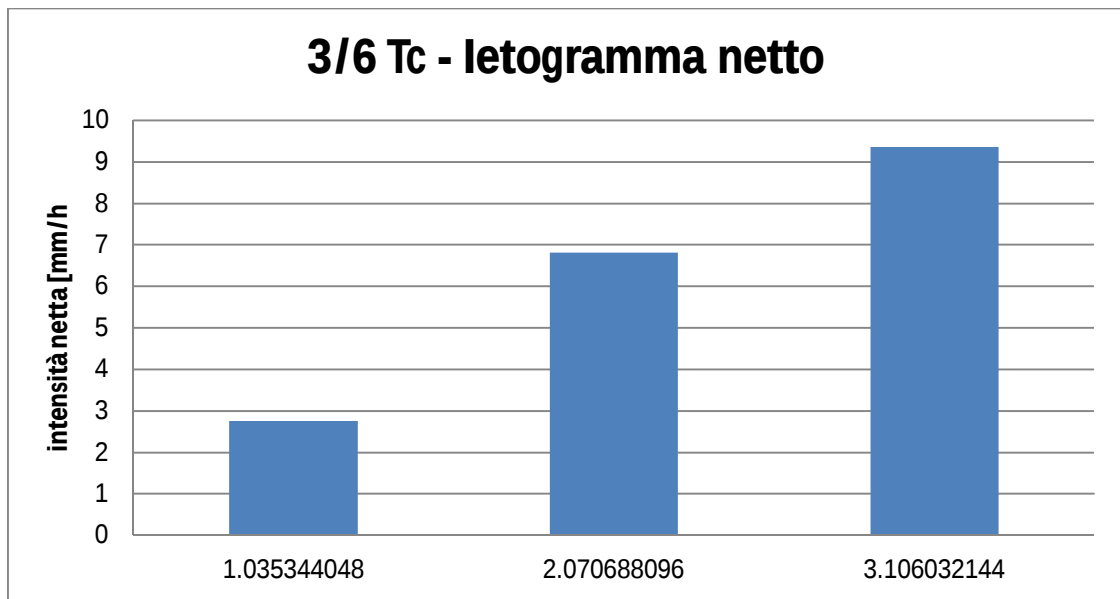
Per l'evento di precipitazione esaminato si può anche calcolare il coefficiente di afflusso, dividendo il deflusso cumulato totale per l'altezza di afflusso totale:

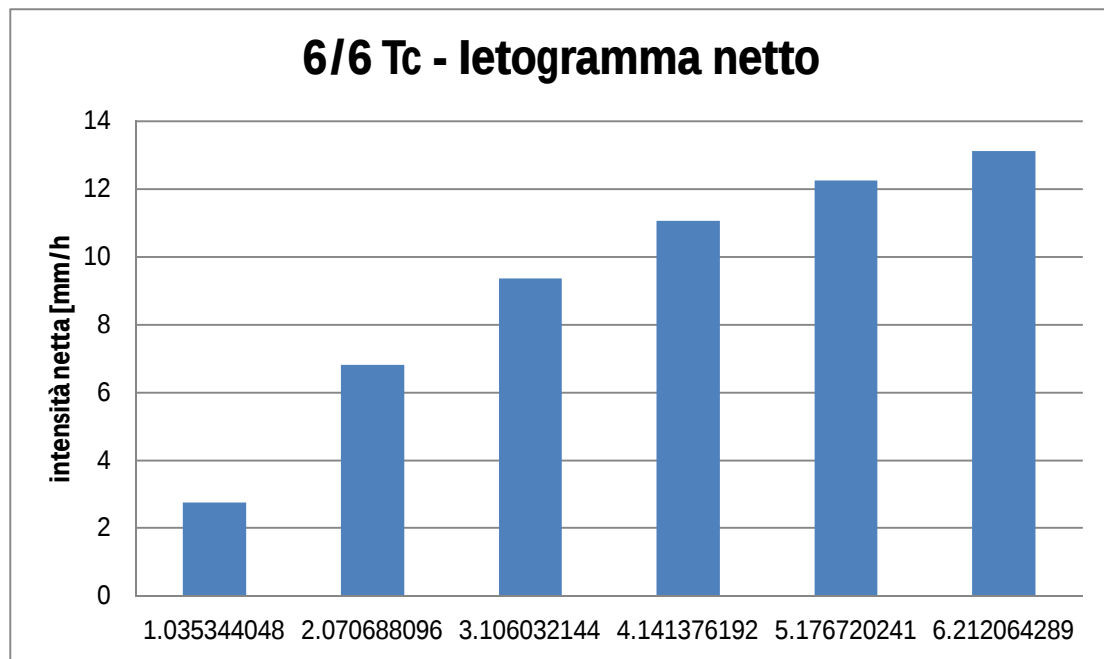
$$\varphi = \frac{P_n(t)}{P(t)}$$

coeff. di afflusso ψ
0,428

Posso tracciare nuovamente gli ietogrammi conoscendo le intensità con il nuovo metodo:

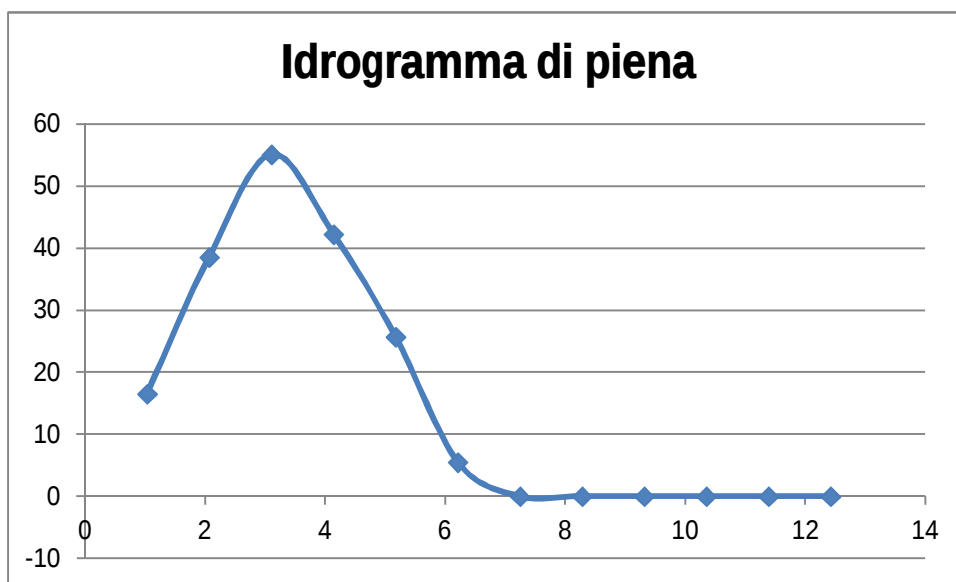




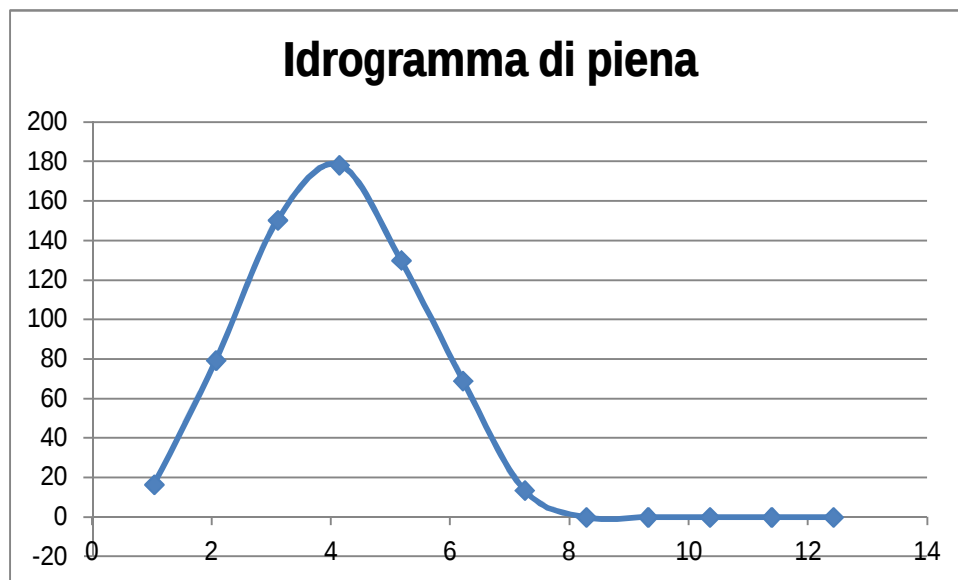


Utilizzando nuovamente il metodo della corrivazione con le intensità calcolate e conoscendo il coefficiente di afflusso Ψ posso calcolare la portata di picco e rappresentare gli idrogrammi di piena corrispondenti:

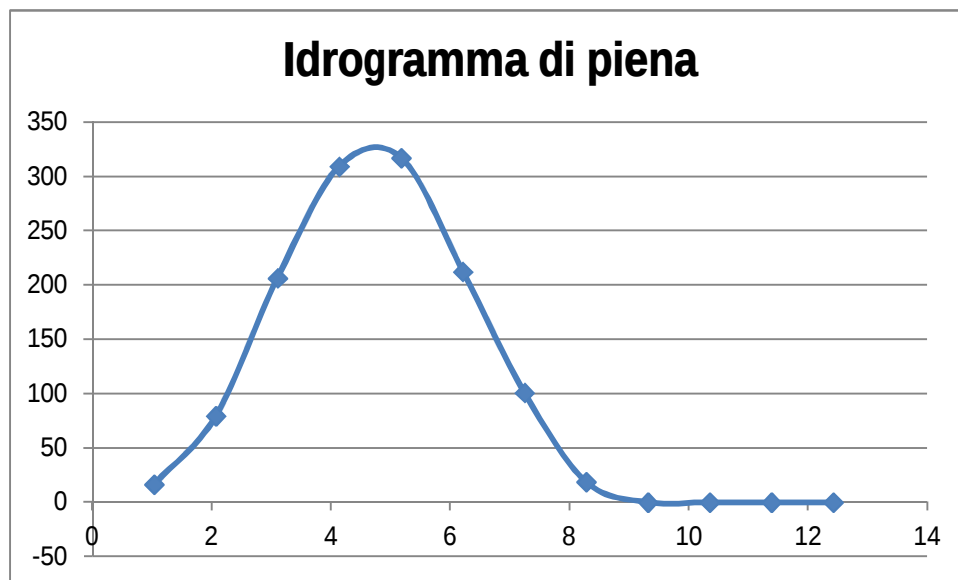
1/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	inetta	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	0	0	0,238991						0,238991	38,57057
p3	3,106032	0	0	0	0,341416					0,341416	55,10082
p4	4,141376	0	0	0	0	0,26175				0,261753	42,24396
p5	5,17672	0	0	0	0	0	0,159328			0,159328	25,71371
p6	6,212064	0	0	0	0	0	0	0,034142		0,034142	5,510082
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



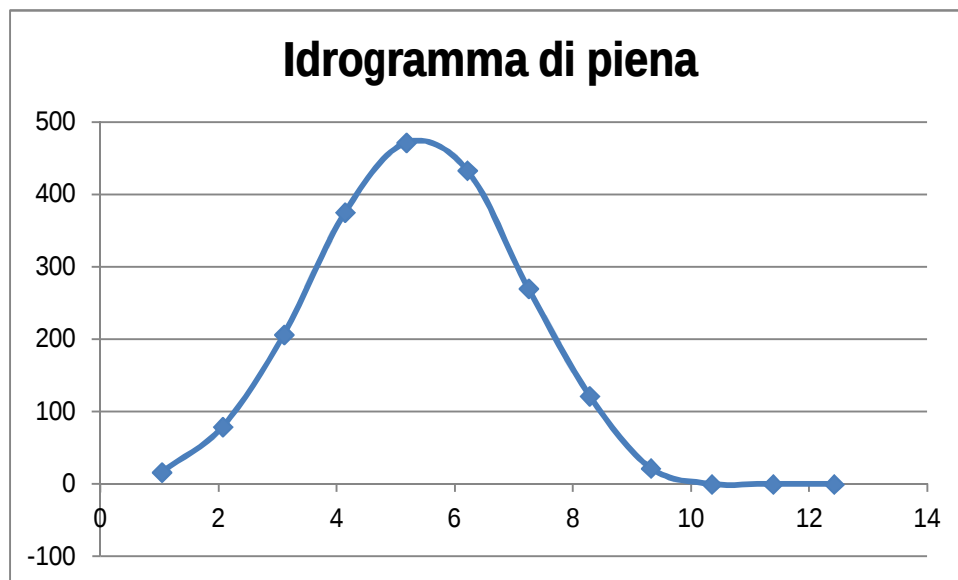
2/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	inetta	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	2,8148	0,253112	0,238991						0,492104	79,42009
p3	3,106032	0	0	0,590595	0,341416					0,932012	150,4164
p4	4,141376	0	0	0	0,843708	0,26175				1,10546	178,409
p5	5,17672	0	0	0	0	0,64684	0,159328			0,80617	130,1069
p6	6,212064	0	0	0	0	0	0,39373	0,034142		0,427872	69,05378
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0	0,084371		0,084371	13,61651
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



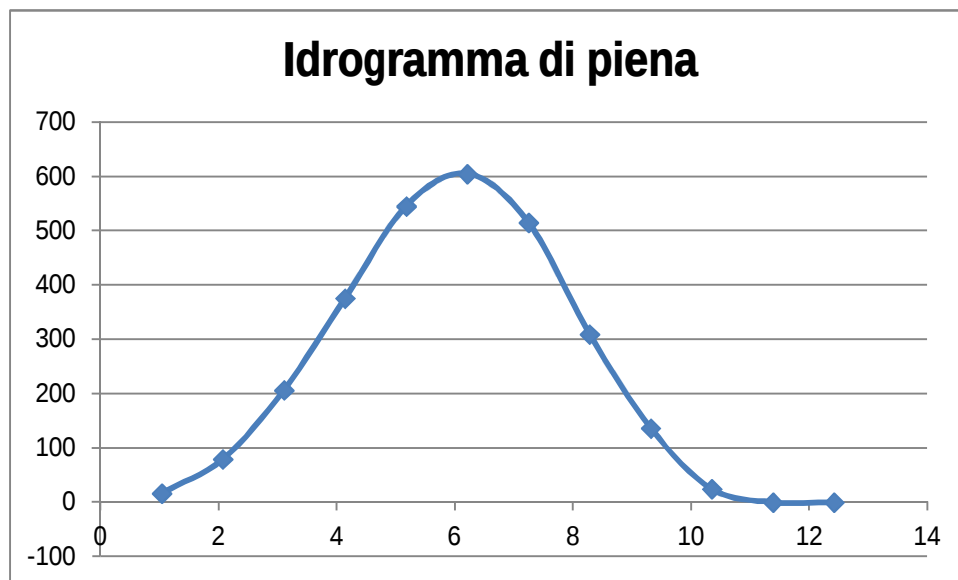
3/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	inetta	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	2,8148	0,253112	0,238991						0,492104	79,42009
p3	3,106032	3,8656	0,347604	0,590595	0,341416					1,279616	206,5158
p4	4,141376	0	0	0,811076	0,843708	0,26175				1,916536	309,3077
p5	5,17672	0	0	0	1,15868	0,64684	0,159328			1,96485	317,105
p6	6,212064	0	0	0	0	0,88832	0,39373	0,034142		1,316193	212,419
p7	7,247408	0	0	0	0	0	0,540717	0,084371		0,625088	100,8823
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0	0,115868		0,115868	18,69981
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



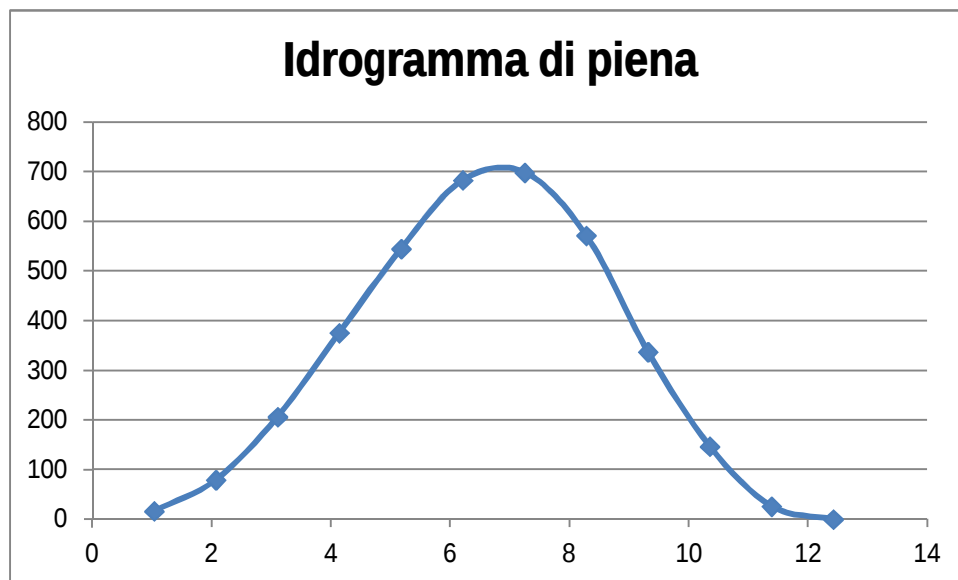
4/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	2,8148	0,253112	0,238991						0,492104	79,42009
p3	3,106032	3,8656	0,347604	0,590595	0,341416					1,279616	206,5158
p4	4,141376	4,5679	0,410753	0,811076	0,843708	0,26175				2,32729	375,5987
p5	5,17672	0	0	0,958424	1,15868	0,64684	0,159328			2,923274	471,784
p6	6,212064	0	0	0	1,369177	0,88832	0,39373	0,034142		2,68537	433,389
p7	7,247408	0	0	0	0	1,0497	0,540717	0,084371		1,674791	270,2926
p8	8,282752	0	0	0	0	0	0,638949	0,115868		0,754817	121,8191
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0	0,136918		0,136918	22,097
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



5/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	2,8148	0,253112	0,238991						0,492104	79,42009
p3	3,106032	3,8656	0,347604	0,590595	0,341416					1,279616	206,5158
p4	4,141376	4,5679	0,410753	0,811076	0,843708	0,26175				2,32729	375,5987
p5	5,17672	5,0604	0,455041	0,958424	1,15868	0,64684	0,159328			3,378316	545,2226
p6	6,212064	0	0	1,061763	1,369177	0,88832	0,39373	0,034142		3,747134	604,7457
p7	7,247408	0	0	0	1,516804	1,0497	0,540717	0,084371		3,191595	515,088
p8	8,282752	0	0	0	0	1,16288	0,638949	0,115868		1,917701	309,4956
p9	9,318096	0	0	0	0	0	0,707842	0,136918		0,84476	136,3348
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0	0,15168		0,15168	24,47954
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0		0	0
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



6/6 Tc			U1	U2	U3	U4	U5	U6	U7	somma	Q
	d	i	0,089923	0,209819	0,299742	0,2298	0,13988	0,029974	0		
p1	1,035344	1,139	0,102425							0,102425	16,53025
p2	2,070688	2,8148	0,253112	0,238991						0,492104	79,42009
p3	3,106032	3,8656	0,347604	0,590595	0,341416					1,279616	206,5158
p4	4,141376	4,5679	0,410753	0,811076	0,843708	0,26175				2,32729	375,5987
p5	5,17672	5,0604	0,455041	0,958424	1,15868	0,64684	0,159328			3,378316	545,2226
p6	6,212064	5,4191	0,487299	1,061763	1,369177	0,88832	0,39373	0,034142		4,234433	683,3904
p7	7,247408	0	0	1,137032	1,516804	1,0497	0,540717	0,084371		4,328627	698,5923
p8	8,282752	0	0	0	1,624332	1,16288	0,638949	0,115868		3,542032	571,6447
p9	9,318096	0	0	0	0	1,24532	0,707842	0,136918		2,090081	337,3158
p10	10,35344	0	0	0	0	0	0,758021	0,15168		0,909702	146,8158
p11	11,38878	0	0	0	0	0	0	0,162433		0,162433	26,21491
p12	12,42413	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Il picco di piena ottenuto con il metodo SCS – CN è pari a **698,595 m³/s**. Il risultato ottenuto ha portato a una sottostima del picco di piena, che invece attraverso la formula razionale e con ietogrammi ad intensità costanti era pari a circa 1105 m³/s.