



COMPITO PER CASA – 08/12/2012

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea magistrale in Ingegneria Civile

Corso di Idrologia

Docente: Prof. Ing. P. Claps

Assistente: Ing. A. Botto

Studente: Fantini Paolo

Matricola: 198908



Consegna

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.

Svolgimento

Dall'esercitazione 6 erano noti i seguenti dati relativi al bacino in esame:

- $A = 581 \text{ km}^2$ area del bacino;
- $L = 56,276 \text{ km}$ lunghezza asta principale;
- $z_{max} = 3.234 \text{ m. s. l. m.}$ quota massima del bacino;
- $z_{med} = 1.739 \text{ m. s. l. m.}$ quota media del bacino;
- $z_{min} = 415 \text{ m. s. l. m.}$ quota minima del bacino;
- $\Psi = 0,402$ coefficiente di afflusso;
- $T_R = 100 \text{ anni}$ tempo di ritorno di progetto;
- $K_{T 100} = 2,41$ fattore di crescita della distribuzione GEV per $T_R = 100$;
- $a = 17,43$ media dei coefficienti delle c.c.p.;
- $n = 0,506$ media degli esponenti delle c.c.p.

Con questi dati si è potuto calcolare il tempo di corrivazione del bacino tramite la formula di Giandotti:

$$T_c = \frac{1,5 \cdot L + 4 \cdot \sqrt{A}}{0,8 \cdot \sqrt{(z_{med} - z_{min})}} = 6,21 \text{ h}$$

Assumendo come velocità media di deflusso il valore $v = 1,5 \text{ m/s}$, questo tempo di corrivazione può essere paragonato con quello che si ottiene mediante la formula empirica:

$$T_c = \frac{L}{v} = 10,42 \text{ h}$$

Dalla stima del tempo di corrivazione con Giandotti, si può ricavare l'intensità di precipitazione:

$$i_{100}(T_c) = a \cdot K_{T100} \cdot T_c^{(n-1)} = 17,05 \text{ mm/h}$$

e si può ottenere un primo valore speditivo della portata con la formula razionale:

$$Q_{100} = \frac{i_{100}(T_c) \cdot \Psi \cdot A}{3,6} = 1.106,18 \text{ m}^3/\text{s}$$

Si vuole ora calcolare la portata di piena con il metodo della corrivazione; si è scelto di dividere in 6 partizioni l'area totale del bacino e considerare dividere il tempo di corrivazione in 6 intervalli uguali. Si utilizzano come intensità medie quelle derivate dalla c.c.p. tali da ottenere ietogrammi costanti (rettangolari).

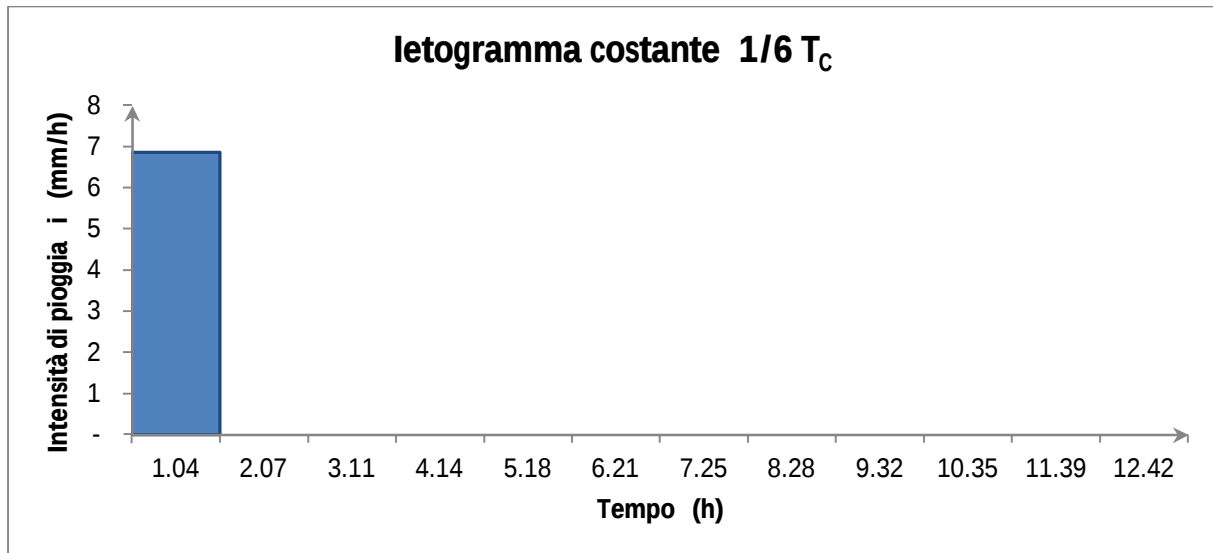
T_c	Durate (h)	Intensità (mm/h)
1/6	1,04	17,05
2/6	2,07	17,05
3/6	3,11	17,05
4/6	4,14	17,05
5/6	5,18	17,05
6/6	6,21	17,05

Metodo Ψ

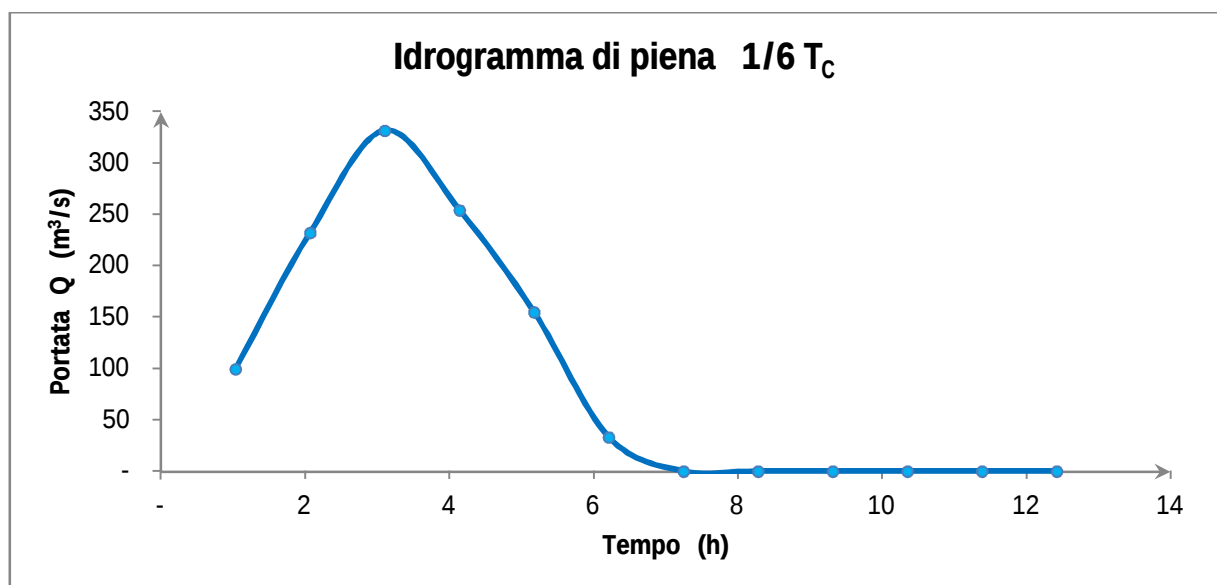
Per tenere conto dell'assorbimento del terreno si sono moltiplicate le intensità di pioggia lorde per un coefficiente di afflusso $\Psi < 1$. Si considerano i casi con uno ietogramma costante di durata variabile tra $1/6 \cdot T_c$ e $6/6 \cdot T_c$ e si procede al calcolo delle portate in funzione del tempo tramite il metodo della corrivazione. Si evidenzia quindi la portata massima utile per il confronto finale tra i sei casi.

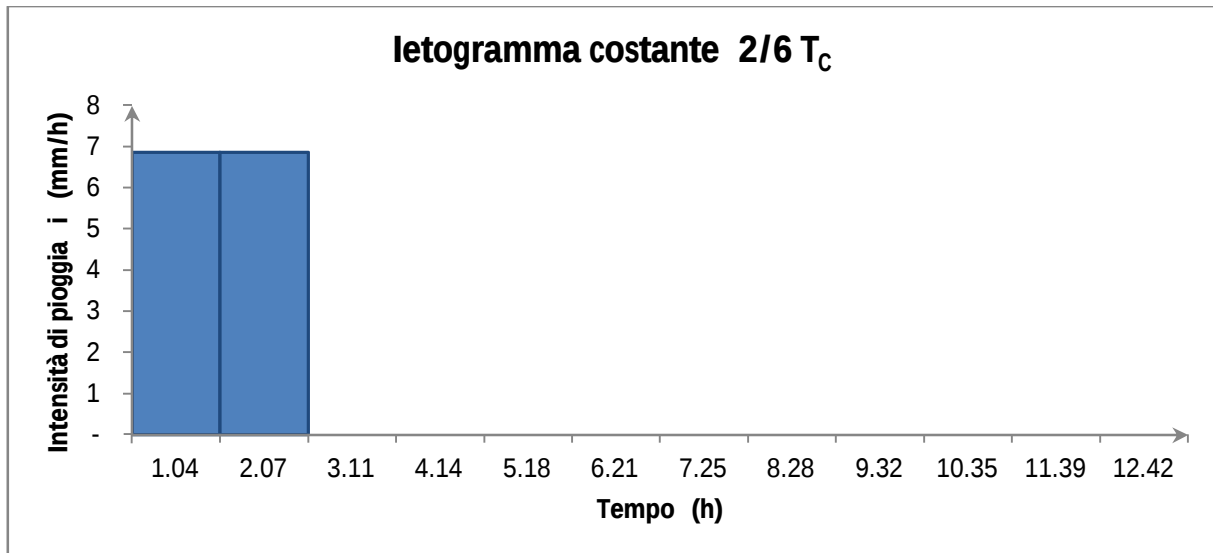
In ognuna delle seguenti pagine, per ogni caso di durata della precipitazione, sono presentati:

- Ietogramma rettangolare;
- Tabella di calcolo con il metodo della corrivazione accoppiato al metodo Ψ ;
- Idrogramma di piena.

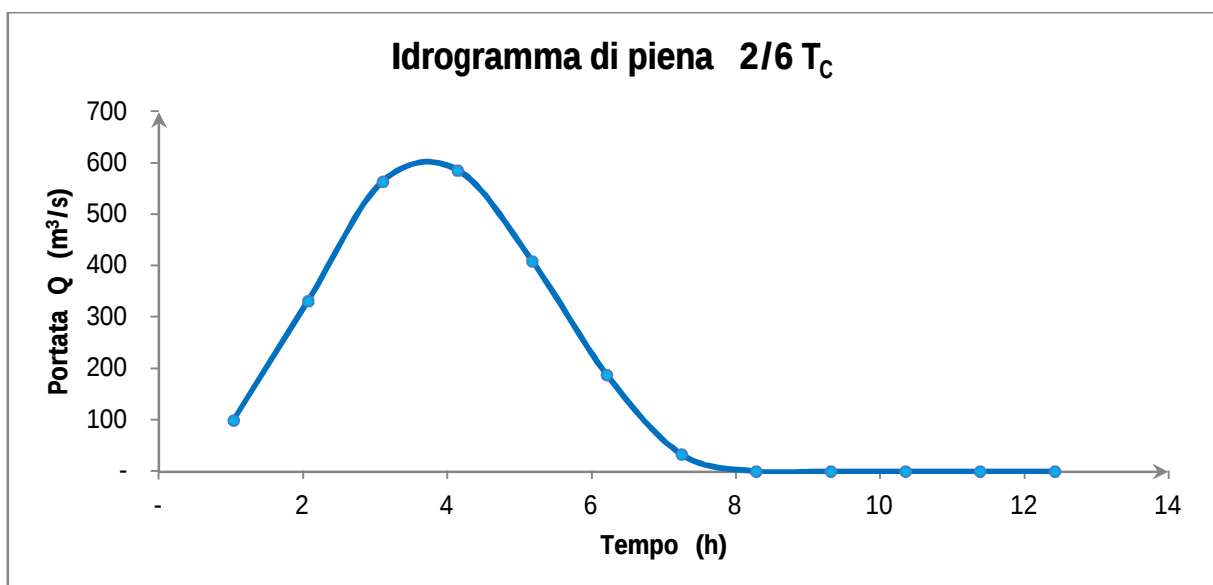


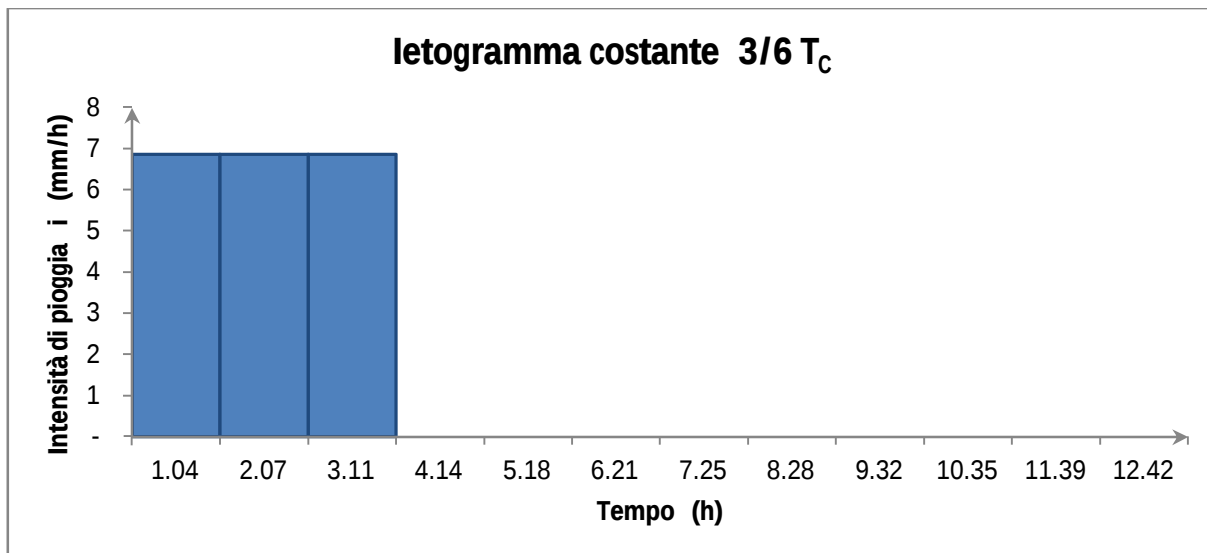
$1/6 T_C$										
p	d (h)	i- Ψ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	-	-	1,44					1,44	232,10
p3	3,11	-	-	-	2,05				2,05	331,57
p4	4,14	-	-	-	-	1,58			1,58	254,20
p5	5,18	-	-	-	-	-	0,96		0,96	154,73
p6	6,21	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16
p7	7,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p8	8,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



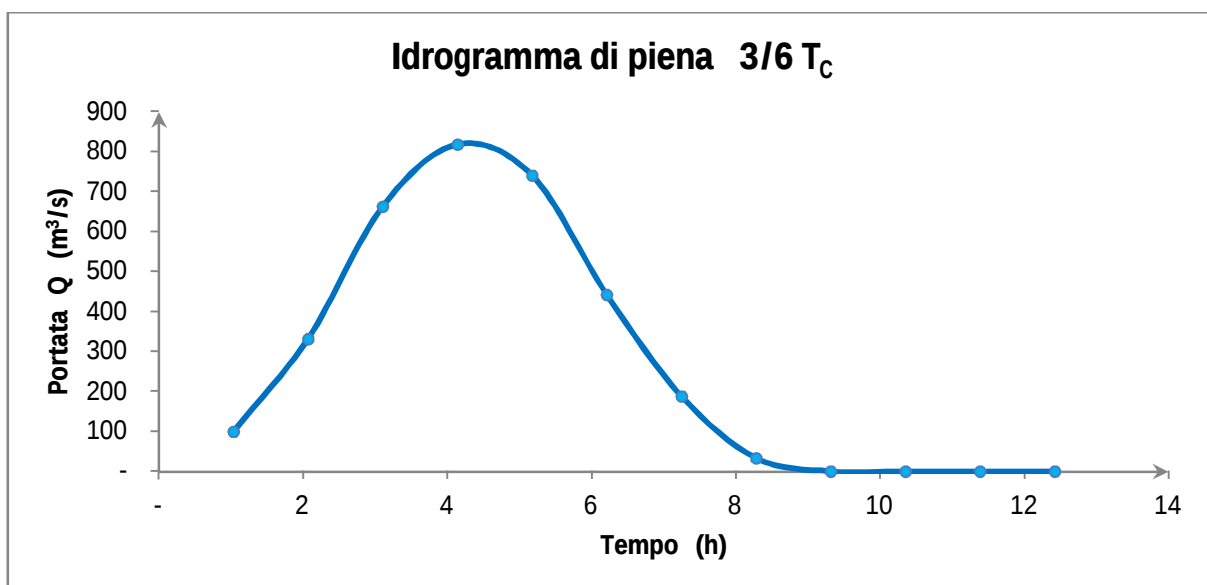


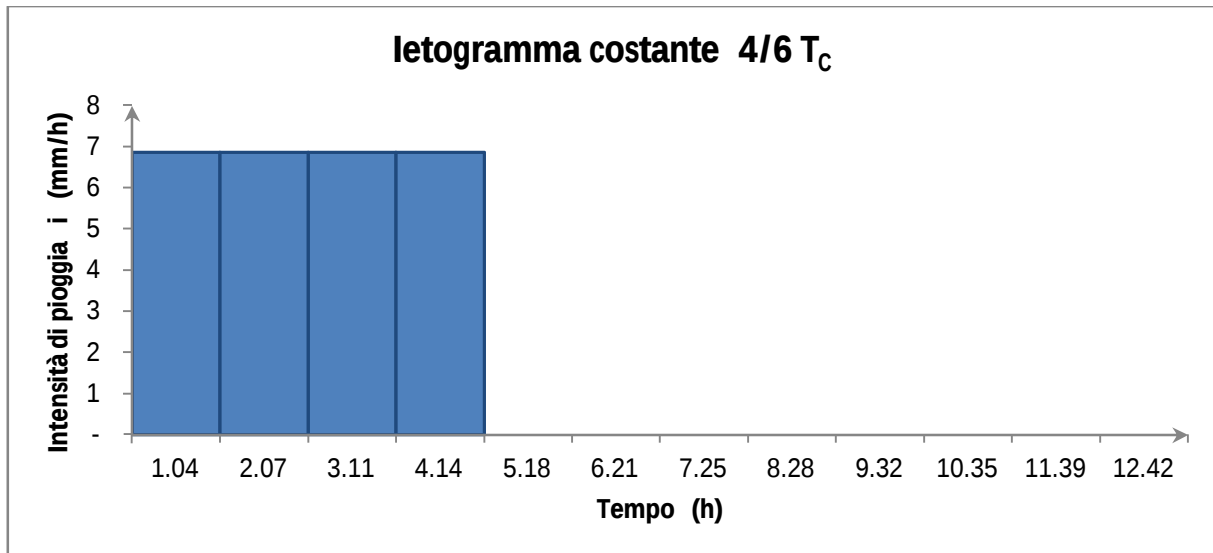
$2/6 T_c$										
p	d (h)	$i \cdot \psi$ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44					2,05	331,57
p3	3,11	-	-	1,44	2,05				3,49	563,66
p4	4,14	-	-	-	2,05	1,58			3,63	585,77
p5	5,18	-	-	-	-	1,58	0,96		2,53	408,93
p6	6,21	-	-	-	-	-	0,96	0,21	1,16	187,89
p7	7,25	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16
p8	8,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



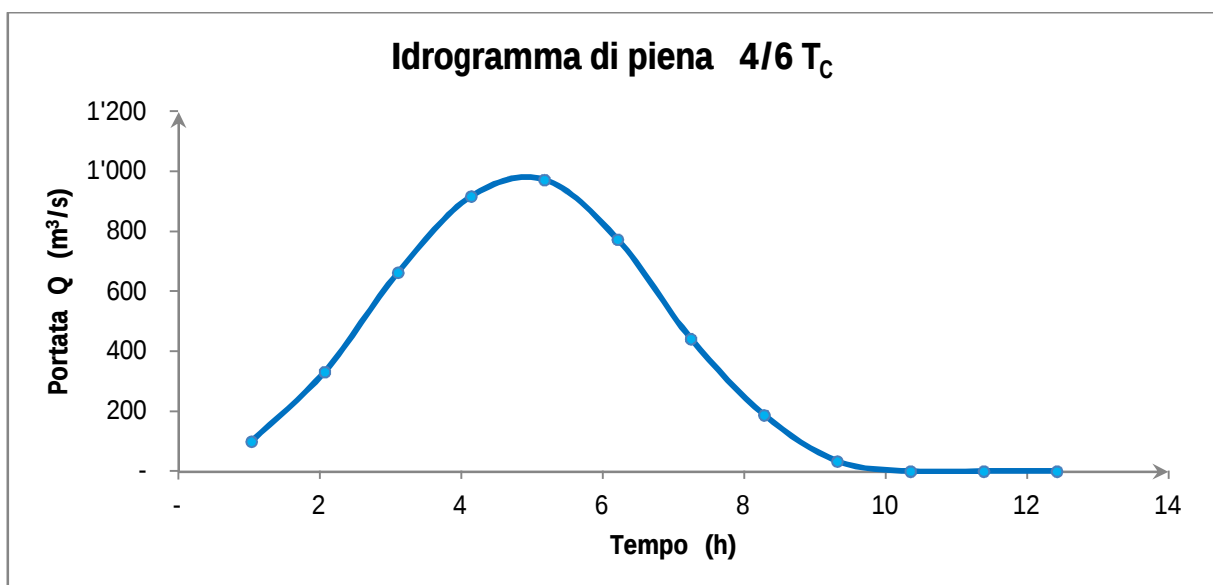


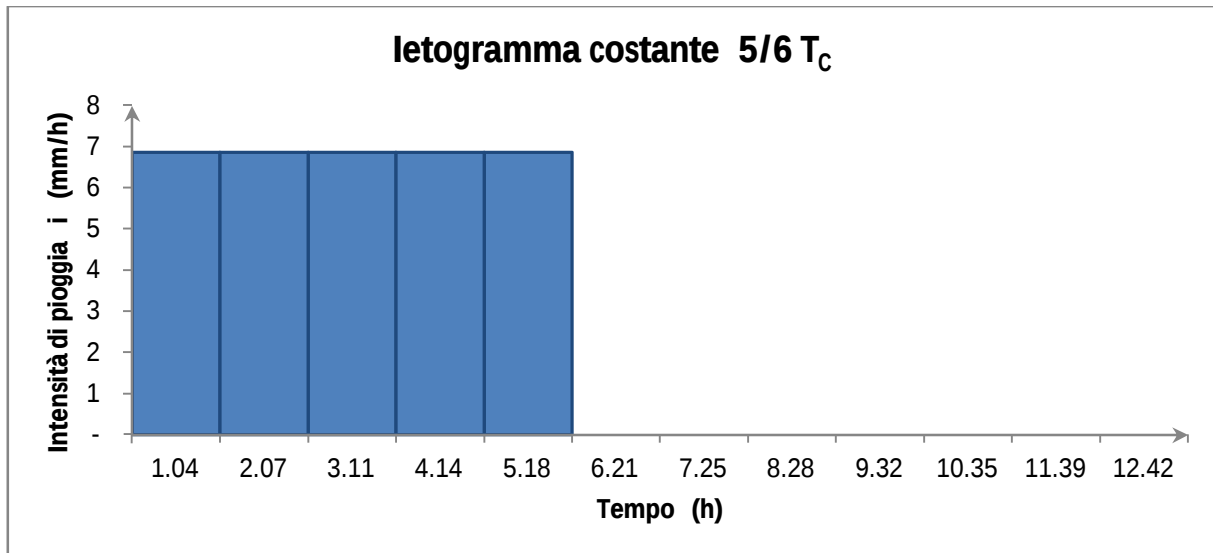
$3/6 T_C$										
p	d (h)	i- ψ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44					2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05				4,11	663,13
p4	4,14	-	-	1,44	2,05	1,58			5,07	817,87
p5	5,18	-	-	-	2,05	1,58	0,96		4,59	740,50
p6	6,21	-	-	-	-	1,58	0,96	0,21	2,74	442,09
p7	7,25	-	-	-	-	-	0,96	0,21	1,16	187,89
p8	8,28	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



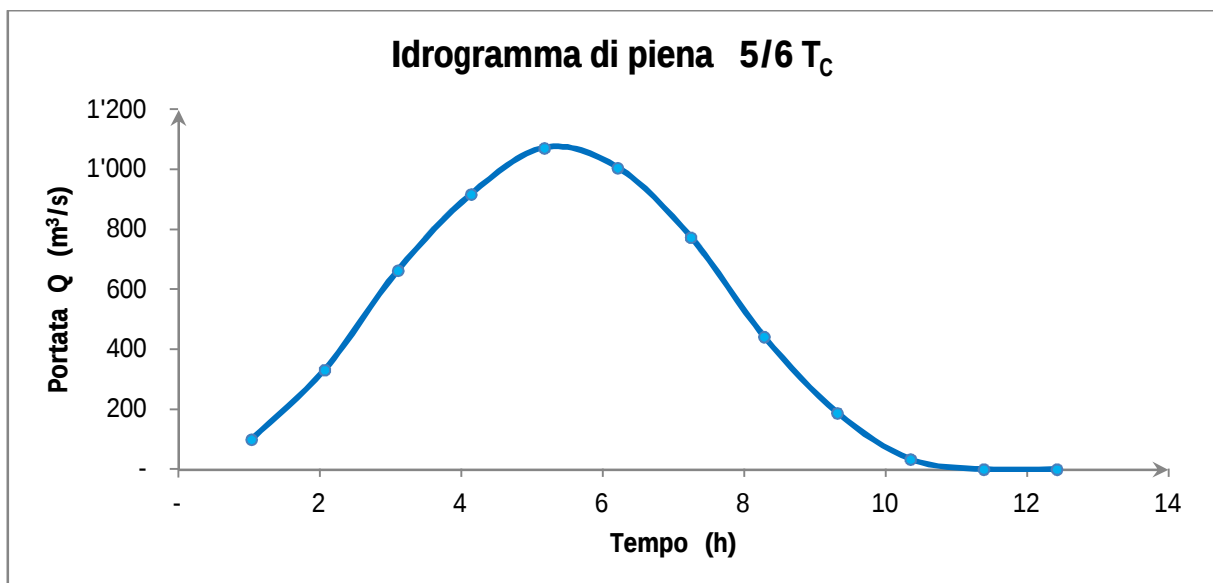


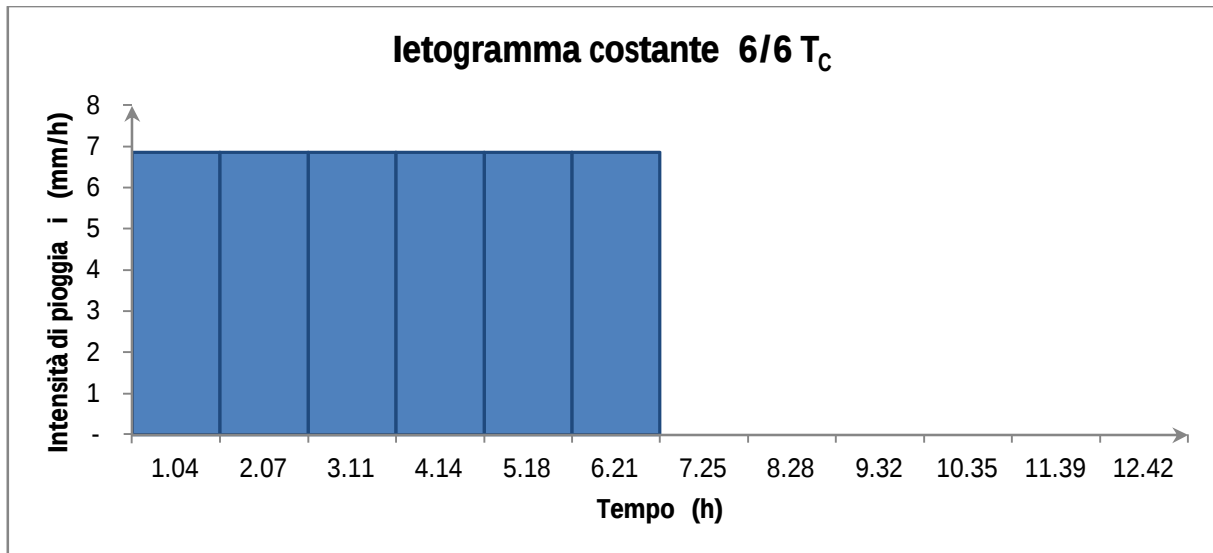
$4/6 T_c$										
p	d (h)	$i \cdot \psi$ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44					2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05				4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58			5,68	917,34
p5	5,18	-	-	1,44	2,05	1,58	0,96		6,03	972,60
p6	6,21	-	-	-	2,05	1,58	0,96	0,21	4,79	773,66
p7	7,25	-	-	-	-	1,58	0,96	0,21	2,74	442,09
p8	8,28	-	-	-	-	-	0,96	0,21	1,16	187,89
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



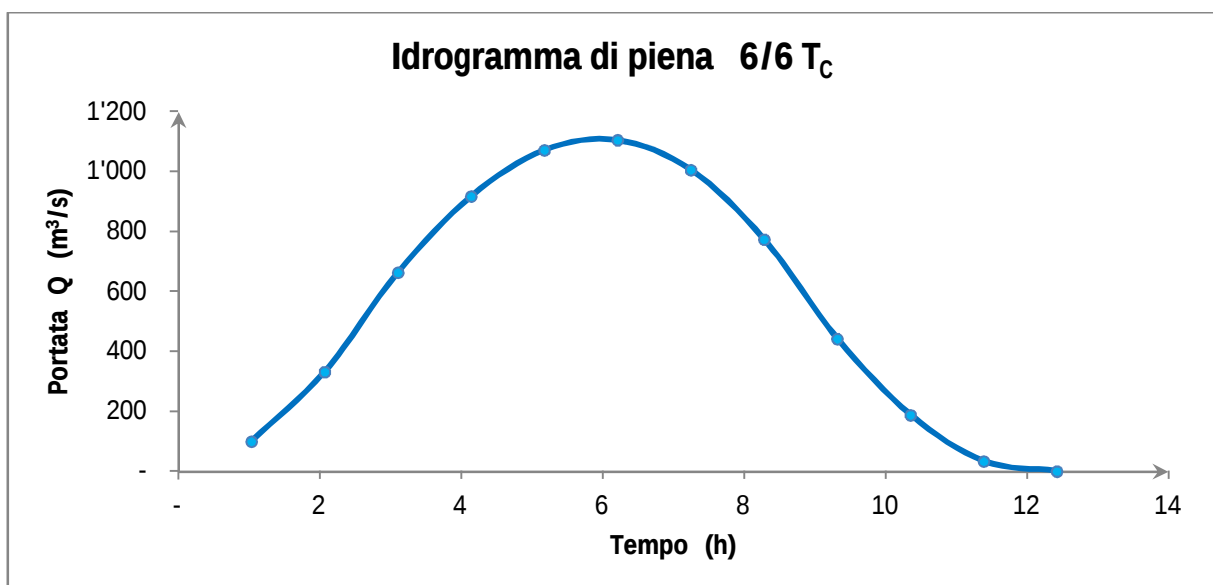


$5/6 T_c$										
p	d (h)	i· ψ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44					2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05				4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58			5,68	917,34
p5	5,18	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96		6,64	1.072,07
p6	6,21	-	-	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21	6,23	1.005,75
p7	7,25	-	-	-	2,05	1,58	0,96	0,21	4,79	773,66
p8	8,28	-	-	-	-	1,58	0,96	0,21	2,74	442,09
p9	9,32	-	-	-	-	-	0,96	0,21	1,16	187,89
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-

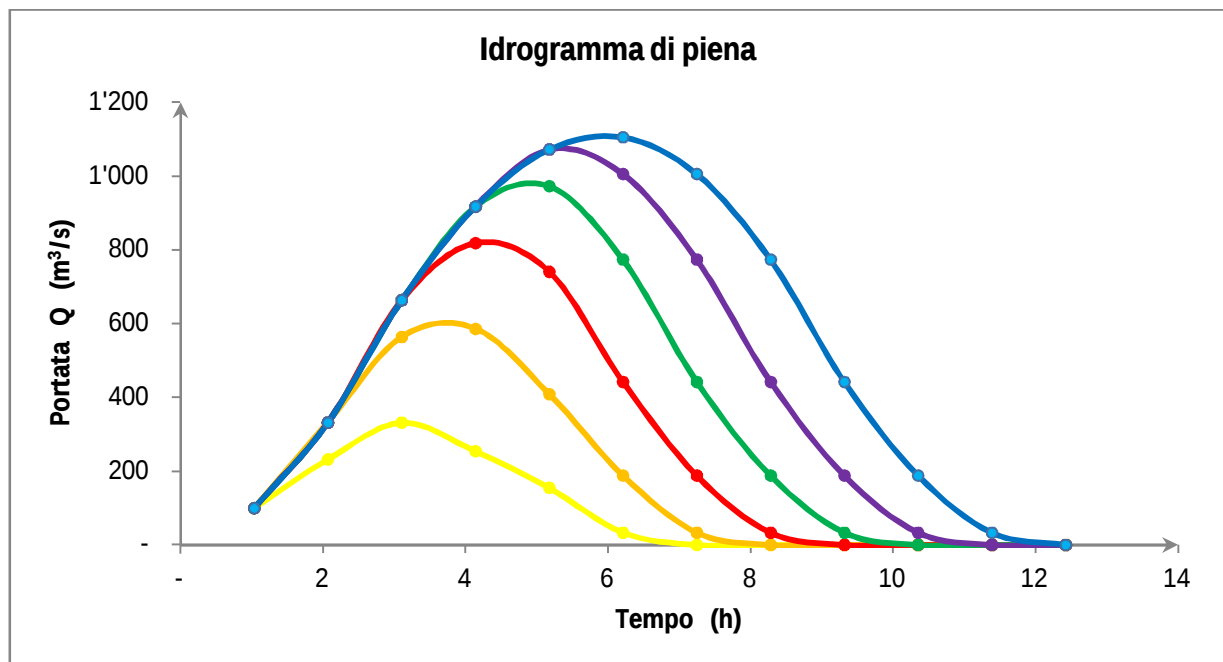




6/6 T _C										
p	d (h)	$i \cdot \psi$ (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	6,85	0,62						0,62	99,47
p2	2,07	6,85	0,62	1,44					2,05	331,57
p3	3,11	6,85	0,62	1,44	2,05				4,11	663,13
p4	4,14	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58			5,68	917,34
p5	5,18	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96		6,64	1.072,07
p6	6,21	6,85	0,62	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21	6,85	1.105,22
p7	7,25	-	-	1,44	2,05	1,58	0,96	0,21	6,23	1.005,75
p8	8,28	-	-	-	2,05	1,58	0,96	0,21	4,79	773,66
p9	9,32	-	-	-	-	1,58	0,96	0,21	2,74	442,09
p10	10,35	-	-	-	-	-	0,96	0,21	1,16	187,89
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	0,21	0,21	33,16



Confrontando i vari ietogrammi di piena si ottiene il diagramma:



La portata massima è quella osservata con una precipitazione di durata $d = T_c$ ovvero:

$$Q_{max,\psi} = 1.105,22 \text{ m}^3/\text{s}$$

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:

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

- P_n (mm) precipitazione netta cumulata all'istante t ;
- P (mm) precipitazione totale cumulata all'istante t ;
- I_a (mm) perdite iniziali per unità di superficie (intercezione, depressioni e detenzione superficiale, infiltrazione fino all'inizio dello scorrimento);
- S (mm) 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.

Fissato il valore di $CN = 74$ si ottiene:

$$S = \frac{25.400 - 254 \cdot CN}{CN} = 89,24 \text{ mm}$$

Con la formula seguente formula empirica si calcola I_a :

$$I_a = 0,2 \cdot S = 17,85 \text{ mm}$$

Si possono quindi calcolare dapprima le piogge totali cumulate con la formula:

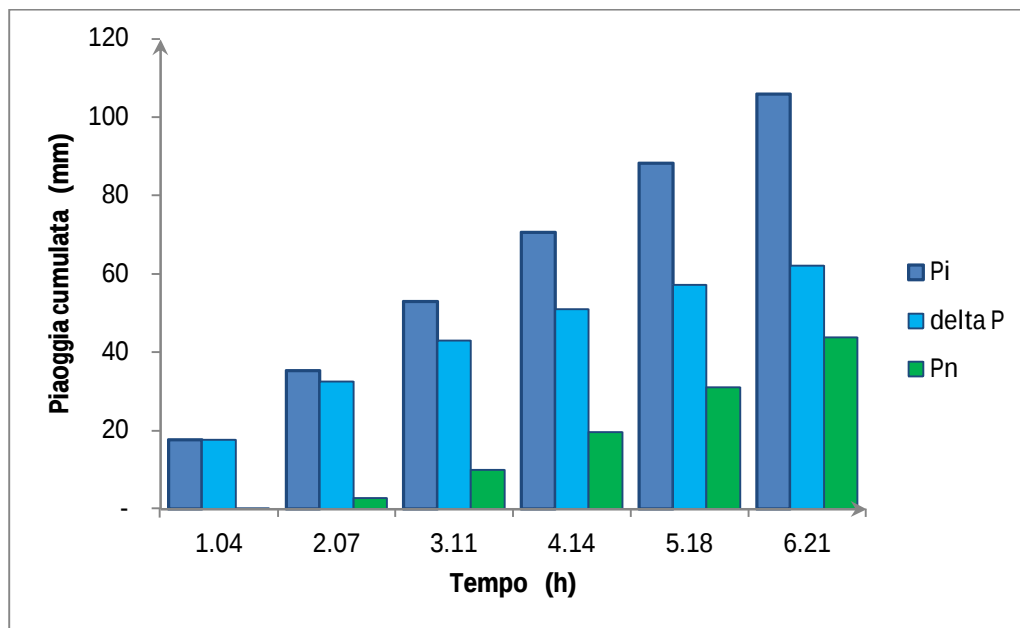
$$P_i = i_{100}(T_c) \cdot d$$

e poi con la formula del metodo SCS – CN le piogge nette. L'intensità di precipitazione netta, che ci servirà per tracciare gli ietogrammi sempre in funzione dell'intervallo di corrivazione, si calcola con la formula:

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

Si riportano i valori ottenuti nella seguente tabella di calcolo:

t (s)	P _i (mm)	P _n (mm)	ΔP (mm)	i _n (mm/h)
1,04	17,65	0,00	17,65	0,00
2,07	35,31	2,86	32,45	2,76
3,11	52,96	9,91	43,05	6,82
4,14	70,61	19,60	51,01	9,36
5,18	88,26	31,06	57,21	11,06
6,21	105,92	43,74	62,17	12,25

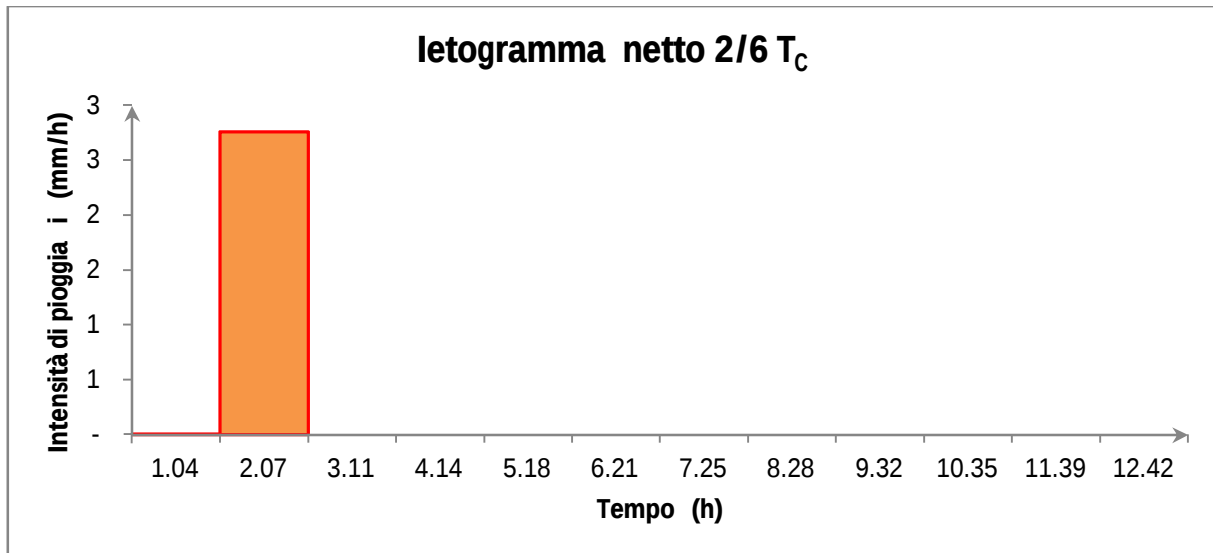


Per l'evento di precipitazione esaminato si può anche calcolare il coefficiente di afflusso, dividendo il deflusso cumulato totale per l'altezza di afflusso totale:

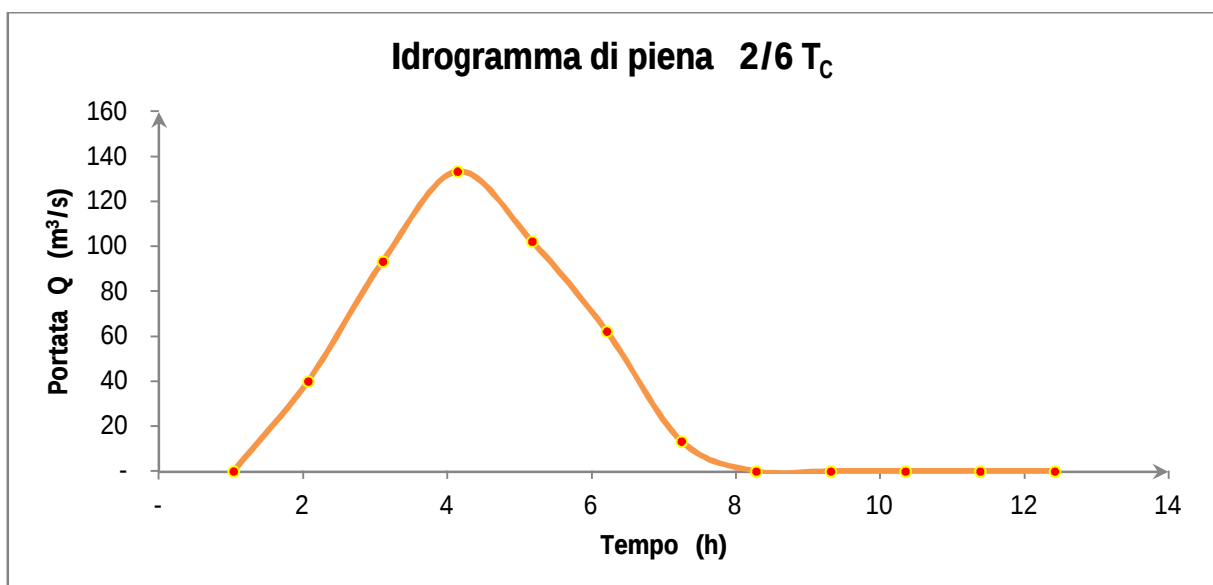
$$coeff_{SCS-CN} = \frac{P_n(t)}{P(t)} = 0,413$$

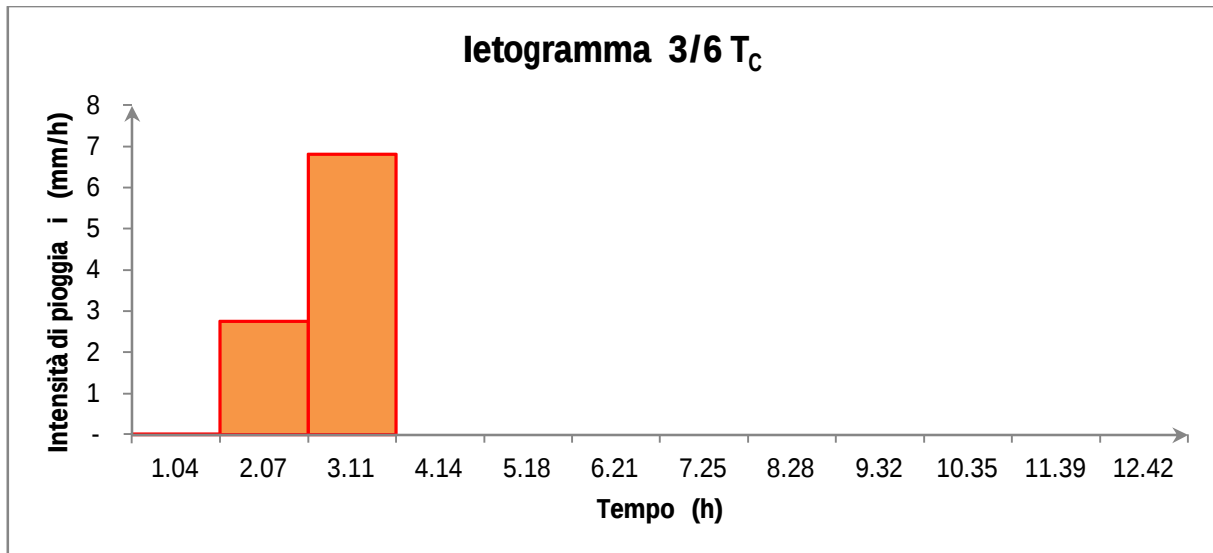
Si procede con il calcolo delle portate tramite il metodo della corrivazione come fatto precedentemente.

Nel caso $t = \frac{1}{6}T_c$ abbiamo $P_n < I_a$ quindi non si eseguono i calcoli in quanto si ha $i_n = 0$.

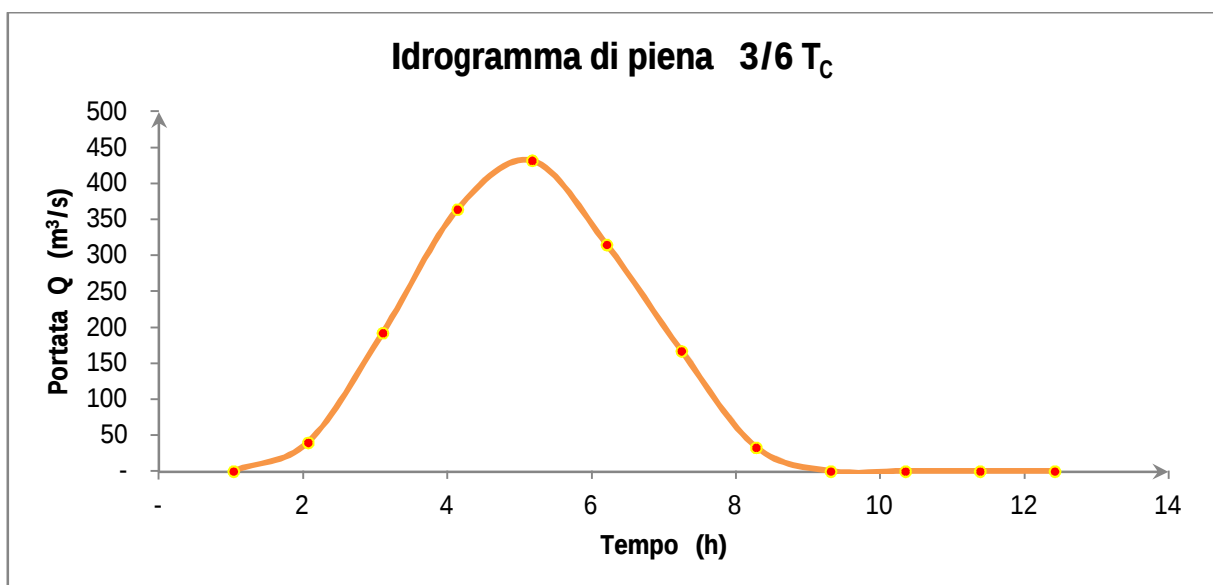


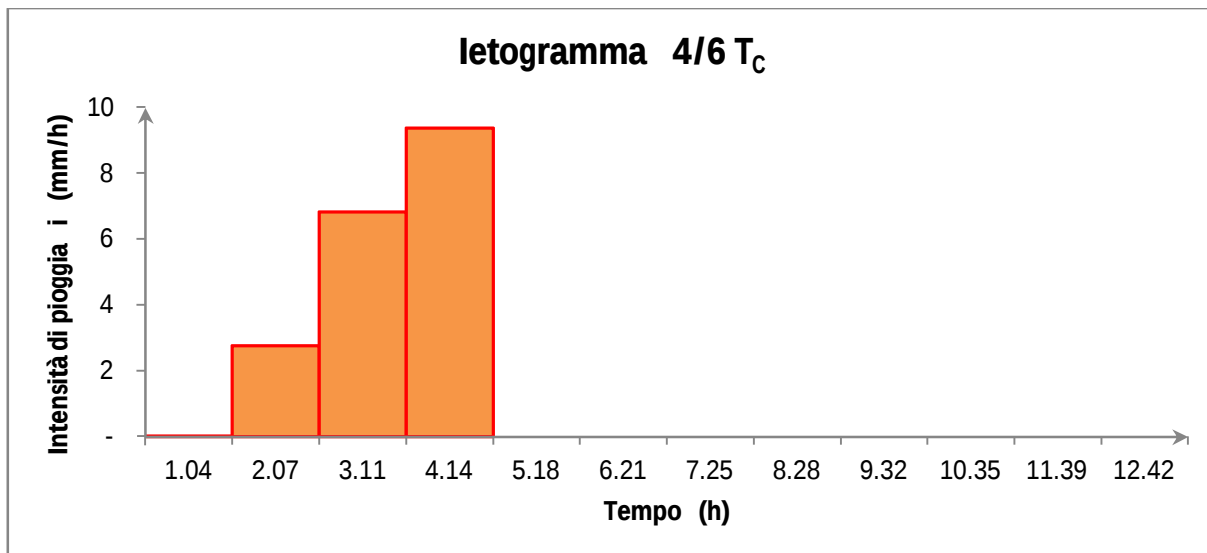
2/6 T_c										
p	d (h)	i_n (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	0,00	0,00						0,00	0,00
p2	2,07	2,76	0,25	0,00					0,25	40,04
p3	3,11	-	-	0,58	0,00				0,58	93,42
p4	4,14	-	-	-	0,83	0,00			0,83	133,44
p5	5,18	-	-	-	-	0,63	0,00		0,63	102,30
p6	6,21	-	-	-	-	-	0,39	0,00	0,39	62,27
p7	7,25	-	-	-	-	-	-	0,08	0,08	13,34
p8	8,28	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



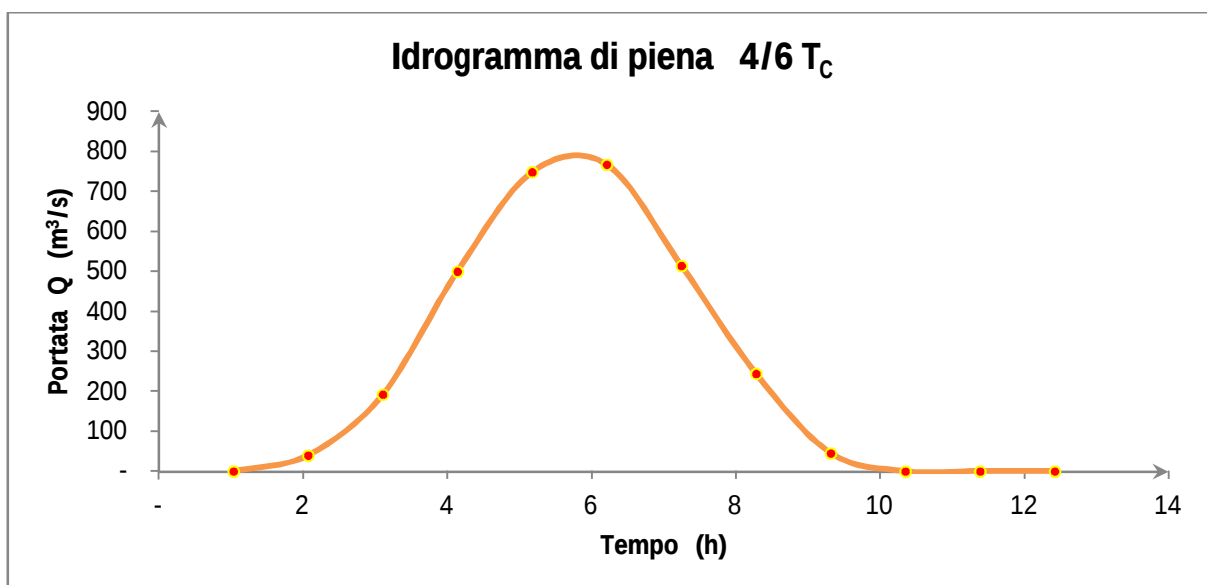


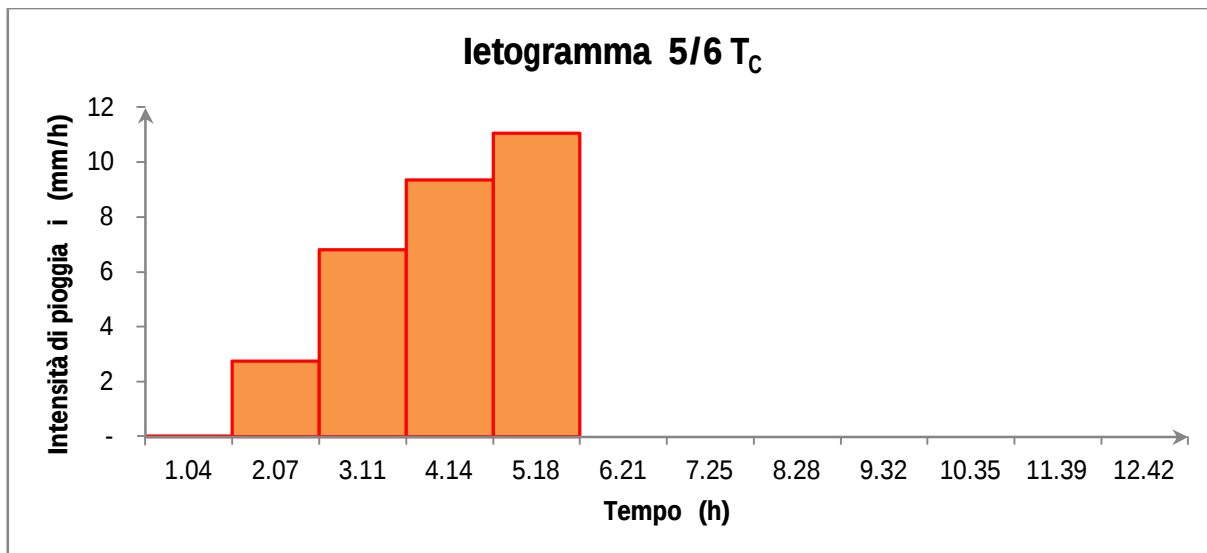
3/6 T_c										
p	d (h)	i_n (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	0,00	0,00						0,00	0,00
p2	2,07	2,76	0,25	0,00					0,25	40,04
p3	3,11	6,82	0,61	0,58	0,00				1,19	192,33
p4	4,14	-	-	1,43	0,83	0,00			2,26	364,23
p5	5,18	-	-	-	2,04	0,63	0,00		2,68	432,01
p6	6,21	-	-	-	-	1,57	0,39	0,00	1,95	315,04
p7	7,25	-	-	-	-	-	0,95	0,08	1,04	167,21
p8	8,28	-	-	-	-	-	-	0,20	0,20	32,97
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



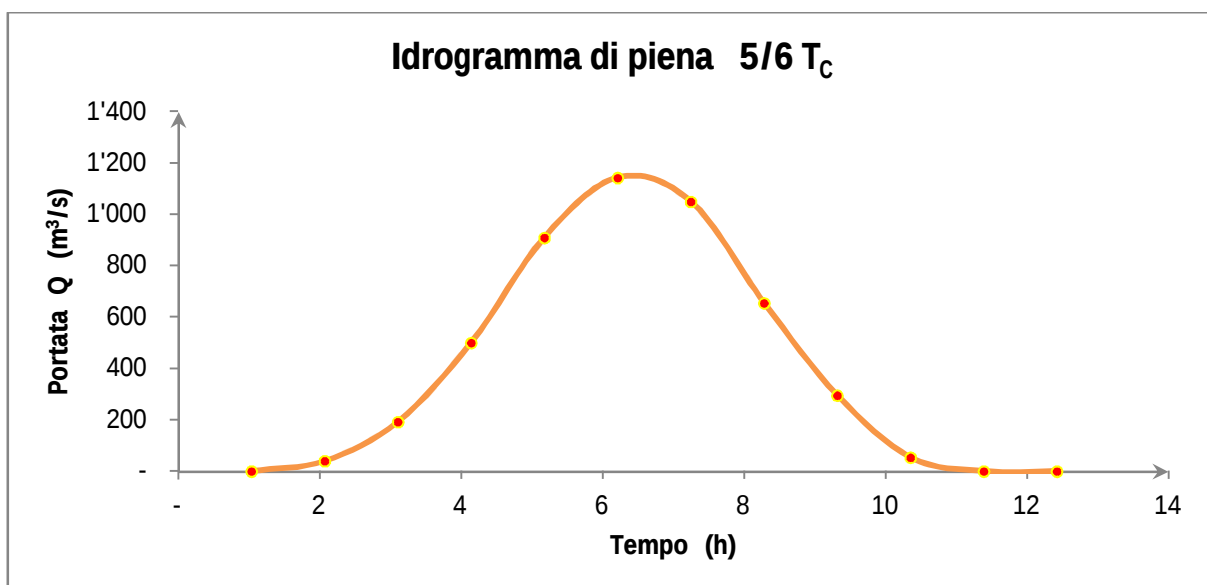


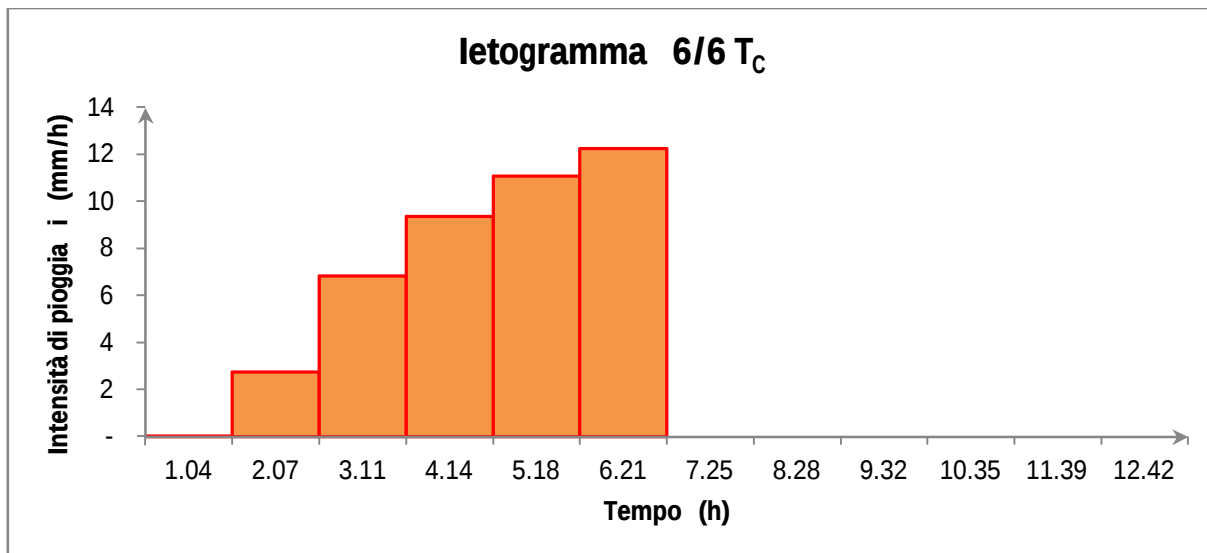
4/6 T _c										
p	d (h)	i _n (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m³/s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	0,00	0,00						0,00	0,00
p2	2,07	2,76	0,25	0,00					0,25	40,04
p3	3,11	6,82	0,61	0,58	0,00				1,19	192,33
p4	4,14	9,36	0,84	1,43	0,83	0,00			3,10	500,07
p5	5,18	-	-	1,96	2,04	0,63	0,00		4,64	748,97
p6	6,21	-	-	-	2,81	1,57	0,39	0,00	4,76	767,84
p7	7,25	-	-	-	-	2,15	0,95	0,08	3,19	514,35
p8	8,28	-	-	-	-	-	1,31	0,20	1,51	244,28
p9	9,32	-	-	-	-	-	-	0,28	0,28	45,28
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	-	-	-
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-



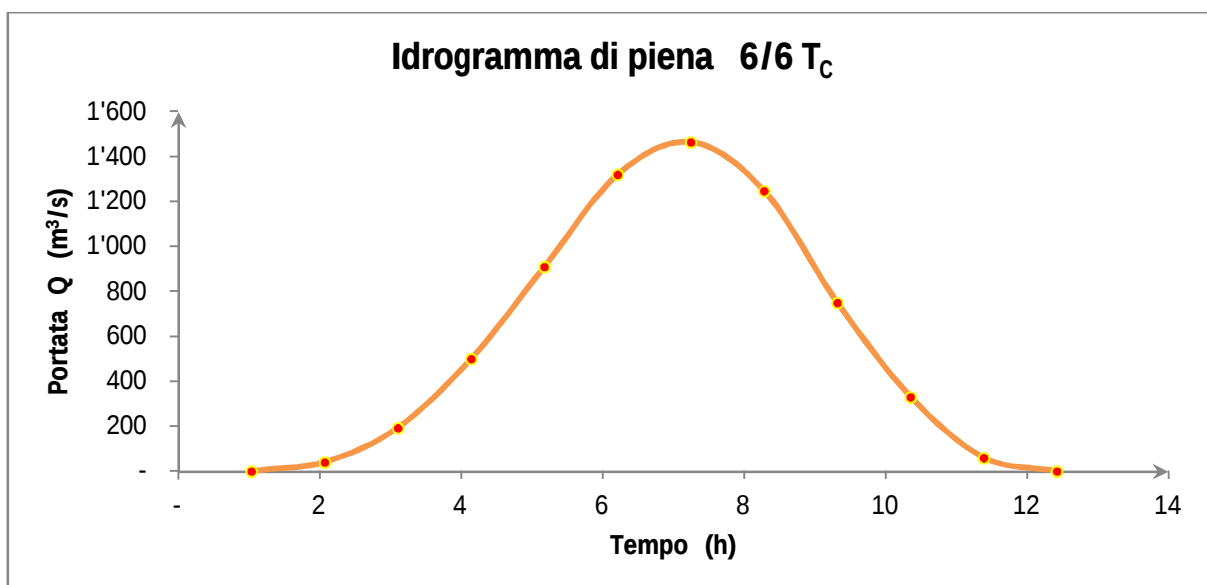


5/6 T_c										
p	d (h)	i_n (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m ³ /s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	0,00	0,00						0,00	0,00
p2	2,07	2,76	0,25	0,00					0,25	40,04
p3	3,11	6,82	0,61	0,58	0,00				1,19	192,33
p4	4,14	9,36	0,84	1,43	0,83	0,00			3,10	500,07
p5	5,18	11,06	0,99	1,96	2,04	0,63	0,00		5,64	909,49
p6	6,21	-	-	2,32	2,81	1,57	0,39	0,00	7,08	1.142,38
p7	7,25	-	-	-	3,32	2,15	0,95	0,08	6,50	1.049,41
p8	8,28	-	-	-	-	2,54	1,31	0,20	4,06	654,49
p9	9,32	-	-	-	-	-	1,55	0,28	1,83	294,97
p10	10,35	-	-	-	-	-	-	0,33	0,33	53,51
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	-	-	-

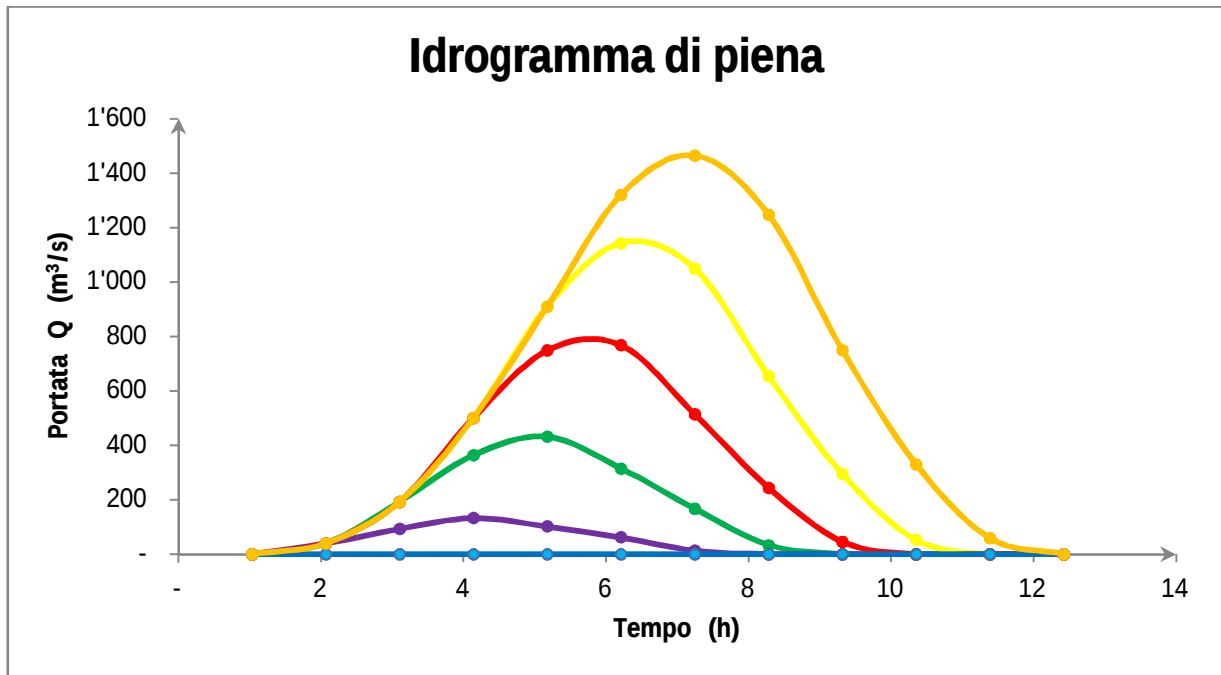




6/6 T _c										
p	d (h)	i _n (mm/h)	U1	U2	U3	U4	U5	U6	Σ	Q (m³/s)
			0,09	0,21	0,30	0,23	0,14	0,03		
p1	1,04	0,00	0,00						0,00	0,00
p2	2,07	2,76	0,25	0,00					0,25	40,04
p3	3,11	6,82	0,61	0,58	0,00				1,19	192,33
p4	4,14	9,36	0,84	1,43	0,83	0,00			3,10	500,07
p5	5,18	11,06	0,99	1,96	2,04	0,63	0,00		5,64	909,49
p6	6,21	12,25	1,10	2,32	2,81	1,57	0,39	0,00	8,18	1.320,21
p7	7,25	-	-	2,57	3,32	2,15	0,95	0,08	9,07	1.464,33
p8	8,28	-	-	-	3,67	2,54	1,31	0,20	7,73	1.247,24
p9	9,32	-	-	-	-	2,82	1,55	0,28	4,64	749,41
p10	10,35	-	-	-	-	-	1,71	0,33	2,05	330,12
p11	11,39	-	-	-	-	-	-	0,37	0,37	59,27



Confrontando i vari ietogrammi di piena si ottiene il diagramma:



La portata massima è quella osservata con una precipitazione di durata $d = T_C$ ovvero:

$$Q_{max, SCS-CN} = 1.464,33 \text{ m}^3/s$$

Si riportano a confronto le portate massime di piena calcolate con i tre metodi:

Metodo	$Q_{max} \text{ (m}^3/s\text{)}$
Razionale	1.106,18
Corrivazione Ψ	1.105,22
Corrivazione SCS-CN	1.464,33