

Esame di Stato per l'abilitazione alla professione di Ingegnere
Sezione A - Laurea Magistrale - Settore civile e ambientale
Prova pratica (IV PROVA) - SVOLGIMENTO ESERCIZIO TIPO
(di Marina Roma)

***Sistemazione dei Bacini Idrografici - Analisi dati di pioggia - Curva possibilità pluviometrica -
Modello cinematico - Tempo di corrivazione - Idrogramma di piena***

Per la progettazione di un'importante opera di sistemazione di un tratto di bacino montano, si richiede la valutazione dell'idrogramma di piena per un tempo di ritorno $T = 200$ anni. I dati di cui si dispone sono:

- principali caratteristiche del bacino idrografico in esame ed in particolare:

Superficie:	8.67 km ²
Quota massima:	875 m
Quota minima:	10 m
Quota media:	220.91 m
Lunghezza asta principale:	7.92 km
Curva ipsografica (presente in allegato)	

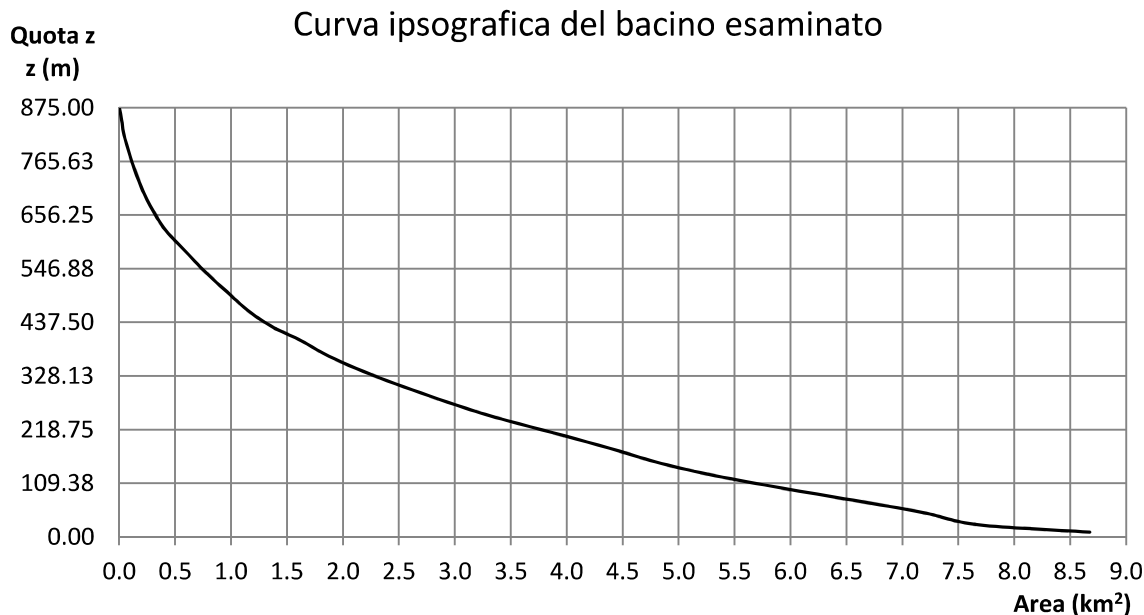
- dati di pioggia desunti dagli annali idrologici (in allegato) e relativi a:
 - massimi annuali delle piogge di assegnata durata (1, 3, 6, 12 e 24 ore);
 - informazioni su valore dell'altezza di pioggia e durata delle precipitazioni di notevole intensità e breve durata (inferiore ad un'ora).

Ciò che si richiede è:

- definizione della curva di probabilità pluviometrica utilizzando il modello biparametrico;
- determinazione della massima intensità di pioggia media attesa per eventi piovosi con periodo di ritorno $T = 200$ anni;
- valutazione dell'idrogramma di piena per una pioggia supposta di intensità costante nel tempo e di durata pari al tempo di corrivazione.

Ai fini del calcolo della portata che contribuisce alla formazione della piena, si faccia riferimento alla curva ipsografica allegata utilizzando il metodo della corrivazione.

Per i dati non forniti esplicitamente (es. coeff. afflusso bacino), il candidato assuma invece i valori che ritiene opportuni in relazione al problema in esame.



ANNO	PRECIPITAZIONI DI MAX INTENSITA' (DI DURATA SUPERIORE AD UN'ORA)					PRECIPITAZIONI DI NOTEVOLE INTENSITA' E BREVE DURATA (DURATA INFERIORE AD UN'ORA)					
	1 h	3 h	6 h	12 h	24 h	10 min	15 min	20 min	30 min	40 min	50 min
1953	32	32.5	40.5	47	65		12	20			
1954								5.5			
1956	14	27	39.5	46.5	49.6			7	8		
1957	46.6	49.6	50.4	59	70.5				9		
1958	16	34	55	78	81.5				30		
1960	44	103.5	103.5	103.5	103.5						
1961	47	52	60	103	107		11		7		
									15		
									10		
									40		
1966	38.8	62	62.4	62.4	62.4		11	11.6	26		33
							13.4				
1967	29	33	36	50	51.6						
1968	34	36	67	82.4	97			12	11		18
								20	20		20
								25.6			
								10			
1969	23	33	47	58.8	70	16		20		21	19
1970	23	40	60.6	66.6	98.8						
1971	23.8	40	67	89	92.2			16			
1972	23	46.5	64	69.2	69.2			13			
1973	40.6	40.6	40.8	42.6	42.6				38.4		
1974	57	61	61	87.8	87.8		9.6	14.4	36		
1976	21	30.4	33.6	35.4	50.4				14		
1977	24	25.8	32	48	59						
1978	21	26	42	82	104.6	12					
1979	48	68.6	69	78.6	79.4						
1980	39	41.4	46.4	65	89.2						
1981	27	29	33	33	45.4						
1982	20	37.4	53.4	72.4	81.8	11					
1983	14	15	18	21	38.6						
1986	40.4	42.6	49.6	55.6	55.6						
1989	38.6	45.4	61.2	71	72						

Figura 1. Dati estratti dagli annali idrologici; le altezze di pioggia sono espresse in mm.

**Modello biparametrico
per t < 1 h**

		PRECIPITAZIONI DI NOTEVOLE INTENSITA' E BREVE DURATA (DURATA INFERIORE AD UN'ORA)						Σ = 2.75
		0.17	0.25	0.33	0.50	0.67	0.83	
ANNO	1953		12	20				
	1954			5.5				
	1956			7	8			
	1957				9			
	1961		11		30			
	1961				7			
	1961				15			
	1961				10			
	1961				40			
	1966		11	11.6	26		33	
	1966		13.4					
	1968			12	11		18	
	1968			20	20		20	
	1968			25.6				
	1968			10				
1969	16		20		21	19		
1971			16					
1972			13					
1973				38.4				
1974		9.6	14.4	36				
1976				14				
1978	12							
1982	11							

Data la scarsità di dati per piogge inferiori ad un'ora, non ha senso fare la media per ogni singola durata (10, 15, 20 minuti, etc..), ma si farà un'unica media alla quale verrà associata una durata media. Si otterrà, in pratica, un punto sul diagramma h(t)-t che andrà collegato al punto corrispondente ad un'ora precedentemente valutato.

tempo medio	
somma	2.75
numero	6.00
t medio	0.46

altezza pioggia media	
somma	646.50
numero	38.00
h media	17.01

	t [h]	h(t) [mm]	log t	log h(t)
t medio 27 min	0.46	17.01	-0.34	1.23
t = 1h calcolato prima	1	31.39	0.00	1.50

Per determinare i coefficienti a ed n (che chiameremo a' ed n') della legge di pioggia per durate inferiori

$$h(t < 1 \text{ ora}) = a'' * t^{n''}$$

$$\log h(t) = \log (a'' * t^{n''}) = \log (a'') + n'' * \log (t) = A'' + n'' * t$$

Richiami teorici: modello cinematico e della corrivazione

Il modello cinematico considera, nella deduzione dei deflussi di piena, esclusivamente il fenomeno di trasferimento della massa liquida: la goccia d'acqua che cade sulla superficie del bacino scorre su di essa con velocità variabili e si presenta, unita alle altre gocce, dopo un certo intervallo di tempo nella sezione di chiusura. Il modello pertanto prescinde dai fenomeni di laminazione della massa liquida imputabili ad un momentaneo accumulo in alcune zone, per esempio quelle più depresse del bacino. Tale semplificazione, tuttavia, per il bacino esaminato ne simula bene il reale comportamento dal momento che esso risulta abbastanza acclive e privo di zone particolarmente depresse o pianeggianti, motivo per cui verosimilmente il fenomeno del trasferimento prevale nettamente su quello della laminazione.

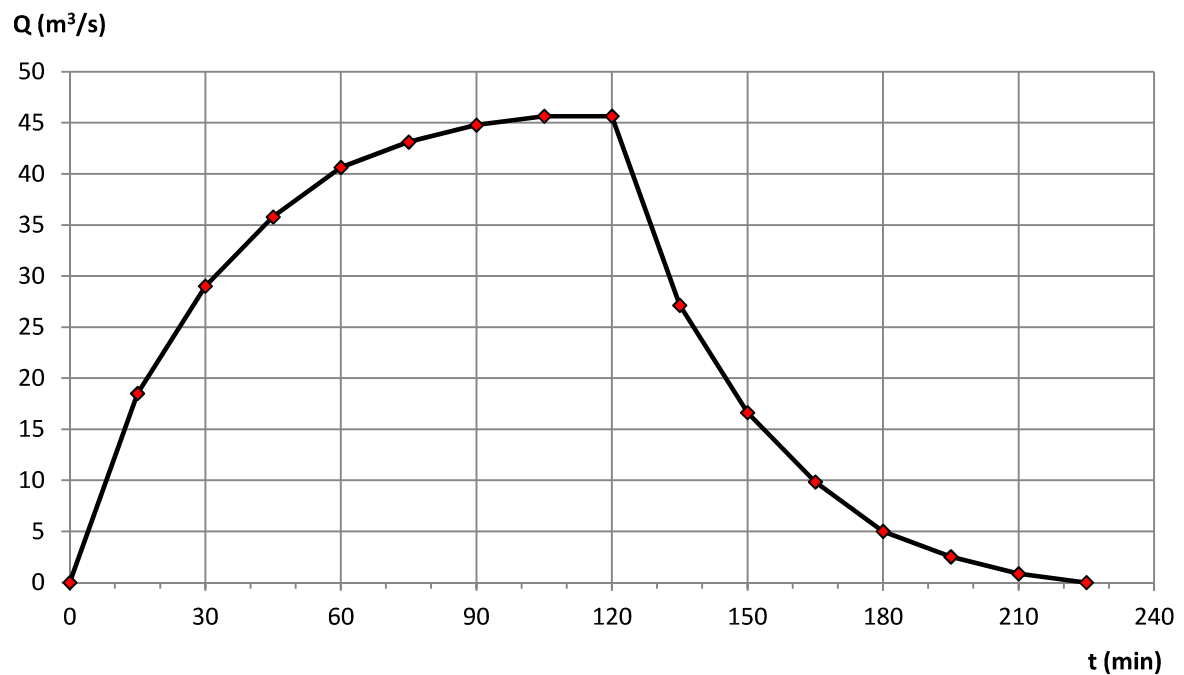
Il metodo della corrivazione si fonda sulle seguenti ipotesi:

- 1) la formazione delle piene è dovuta unicamente a un fenomeno di trasferimento della massa liquida;
- 2) ogni singola goccia di pioggia si muove sulla superficie del bacino seguendo un percorso immutabile che dipende solo dal punto in cui è caduta;
- 3) la velocità di ogni singola goccia non è influenzata dalla presenza di altre gocce, cioè ognuna si muove indipendentemente dalle altre;
- 4) il tempo che la particella d'acqua impiega per andare dal punto in cui è caduta alla sezione di chiusura è sempre lo stesso (conseguenza delle ipotesi 2 e 3);
- 5) la portata della corrente defluente attraverso la sezione di chiusura si ottiene sommando tra loro le portate elementari provenienti dalle singole aree del bacino che si presentano allo stesso istante nella sezione di chiusura.

È stato proposto da Viparelli di considerare le linee isocorrive coincidenti con le isoipse ricadenti nel bacino. Questa proposta si fonda sull'ipotesi che il tempo di corrivazione di ciascun punto del bacino sia proporzionale alla distanza che intercorre tra esso e la sezione di chiusura e che, in generale, a punti di quota più elevata corrispondono distanze maggiori e, quindi, tempi di corrivazione più grandi. Tale ipotesi consente di individuare l'area A_i della porzione di bacino compresa tra due successive linee isocorrive facendo ricorso alla curva ipsografica. Per individuare le aree A_i comprese tra due successive isocorrive si suddivide l'ordinata massima H_{\max} della curva ipsografica in n parti, ciascuna di ampiezza H_{\max}/n , tante quante sono gli intervalli di tempo Δt in cui si è suddiviso il tempo di corrivazione t_c del bacino; risulta pertanto:

$$n = t_c / \Delta t.$$

Idrogramma ($t_p < t_c$)



*

Idrogramma di piena per $t_p < t_c$

Vale un ragionamento analogo a quello fatto in precedenza, con la differenza che in questo caso, avendo un tempo di pioggia minore del tempo di corrivazione, si avrà il colmo della piena in corrispondenza di un tempo pari a $t_c - \Delta t$ (ossia 105 minuti) che rimarrà costante per il Δt successivo (fino a 120), prima di iniziare a decrescere.