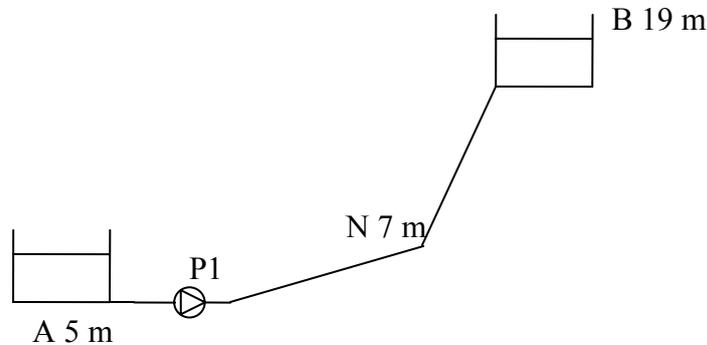


**Esercizio n°1 (punti 5)**

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da una pompa che preleva acqua dal serbatoio A per alimentare il serbatoio B.

Il serbatoio A è posto alla quota di 5 m. Il serbatoio B è posto alla quota di 19 m. Il nodo N si trova a quota 7 m.



I tratti AN e NB sono lunghi 800 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_1 \cdot L_1 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_1 \text{ in m, e } Q \text{ in l/s})$$

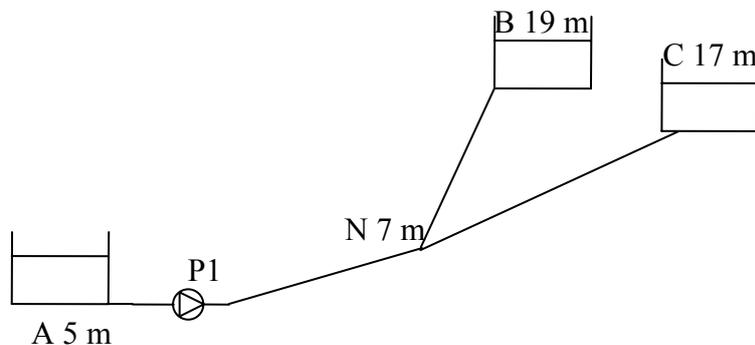
con  $\gamma_1 = 7 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$

La pompa lavora a  $n=1000$  giri/min con un rendimento pari a 0.7 e con la seguente curva caratteristica:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=34 \text{ m, } s=0.002 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare la portata consegnata al serbatoio B, la prevalenza della pompa e la potenza assorbita dalla stessa.

Si consideri adesso il seguente impianto, ottenuto aggiungendo al precedente impianto il tratto NC e il serbatoio C.



Il tratto NC è lungo 900 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

$$\Delta H = \gamma_2 \cdot L_2 \cdot Q^2 \quad (\text{dove } \Delta H \text{ e } L_2 \text{ in m, e } Q \text{ in l/s})$$

con  $\gamma_2 = 5 \cdot 10^{-7} \text{ (l/s)}^{-2}$

Il serbatoio C è posto alla quota di 17 m.

Calcolare in questa nuova configurazione le portate consegnate ai serbatoi B e C. Come varia la portata consegnata al serbatoio B rispetto alla prima configurazione? Individuare a quale serbatoio arriva la portata maggiore e spiegare perché ciò accade.

**Esercizio n°2 (punti 5)**

Con riferimento ai dati sotto riportati, dimensionare con il metodo cinematico le tubazioni 1, 2 e 3 della rete di fognatura bianca schematizzata in Figura 2.

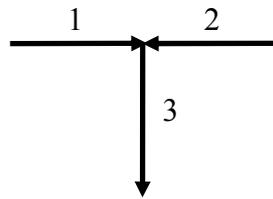


Figura 2

N° ramo	Area sottesa parziale (ha)	Impermeabilità (%)	Lunghezza (m)	Pendenza (%)
1	1.1	60	200	1
2	1.3	54	180	0.9
3	1.5	58	400	0.5

$\phi_{IMP}=0.80$ ;  $\phi_{PERM}=0.10$ ;

tempo di accesso in rete: 10 min;

scabrezza tubazioni:  $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ .

Curva di possibilità climatica:  $h = a\theta^n$  con  $a = 41 \text{ mm/ora}$  e  $n = 0.52$ .

$h/D$	$P/D$	$A/D^2$	$R/D$	$V/V_r$	$Q/Q_r$	$h/D$	$P/D$	$A/D^2$	$R/D$	$V/V_r$	$Q/Q_r$
0.05	0.45	0.015	0.033	0.257	0.005	0.55	1.67	0.443	0.265	1.039	0.586
0.10	0.64	0.041	0.064	0.401	0.021	0.60	1.77	0.492	0.278	1.072	0.672
0.15	0.80	0.074	0.093	0.517	0.049	0.65	1.88	0.540	0.288	1.099	0.756
0.20	0.93	0.112	0.121	0.615	0.088	0.70	1.98	0.587	0.296	1.120	0.837
0.25	1.05	0.153	0.147	0.701	0.137	0.75	2.09	0.632	0.302	1.133	0.912
0.30	1.16	0.198	0.171	0.776	0.196	0.80	2.21	0.674	0.304	1.140	0.977
0.35	1.27	0.245	0.193	0.843	0.263	0.85	2.35	0.711	0.303	1.137	1.030
0.40	1.37	0.293	0.214	0.902	0.337	0.90	2.50	0.744	0.298	1.124	1.066
0.45	1.47	0.343	0.233	0.954	0.416	0.95	2.69	0.771	0.286	1.095	1.074
0.50	1.57	0.393	0.250	1.000	0.500	1.00	3.14	0.785	0.250	1.000	1.000

**Esercizio n°3 (punti 5)**

Considerando i dati di altezza di pioggia (mm) massima annuale osservati ad una stazione pluviometrica per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore riportati in Tabella 1, si valutino:

- i parametri della curva di possibilità climatica per un tempo di ritorno di 5 anni;
- l'altezza di pioggia con tempo di ritorno di 5 anni per una durata di 2.5 ore.

**Spiegare la procedura adottata e commentare i passaggi effettuati per ricavare i parametri  $a$  ed  $n$  illustrandone il significato**

(N.B. costruire la curva di possibilità climatica in modo da avere le altezze di pioggia in mm e le durate in ore).

Tabella 1

anno	1 ora	3 ore	6 ore	12 ore	24 ore
1970	32.2	33.5	33.5	33.5	33.5
1971	17	19.6	28.6	44.4	53.6
1972	7.8	15.8	24	37	63
1973	18.4	23.6		57.4	75.8
1974			97.2	97.4	108.4
1975	31.5		51	61	77
1976	23	46	58.4	75.2	
1977	11.2	18	32	33	
1978	24	54.2	77	112	143
1979	35	44.2	49	76.6	118
1980	18	29.4	34.8	35.2	43.2
1981	20.8	28.8	43	46.2	46.2
1982	12.4	19.6	23	23.4	24.4
1983	33	33	39.8	46	46.2
1984	22.2	39.8	54	75.2	106
1985	11.2	17.2	28	39.8	40.8
1986	22.6	28.4	32.2	34.2	43.2
1987	15.6	21.8	30.2	40.2	54.4
1988	13.8	23.2	29.8	43.4	52
1989	75	107.2	132	151.8	159.2

## Formule

Distribuzione di Gumbel

$$F_x(x) = \exp\left\{-\exp\left[-\frac{(x-u)}{\alpha}\right]\right\};$$

$$\sigma^2 = 1.645\alpha^2;$$

$$\mu = u + 0.5772\alpha;$$

Modello lineare

$$y = a + bx; \quad a = \bar{y} - b\bar{x};$$

$$b = \frac{\sum x_i y_i - n\bar{x}\bar{y}}{\sum x_i^2 - n(\bar{x})^2};$$

## Domande (punti 3 ciascuna)

1. Illustrare le ipotesi ed il procedimento per il corretto dimensionamento degli angoli in ingresso ed in uscita della palettatura di una pompa assiale.
2. Illustrare i passi e le ipotesi per il corretto dimensionamento di una grondaia a sezione rettangolare.
3. Dopo aver fornito la definizione di scala di deflusso, descrivere la scala di deflusso relativa ad una sezione circolare chiusa. Spiegare infine il motivo per cui è necessario garantire un certo grado di riempimento, indicandone il valore ottimale, oltre che un determinato valore di velocità minima e massima all'interno delle condotte di un sistema fognario, riportando anche in questo caso i valori di riferimento.
4. Che cosa si intende per sistema di ventilazione parallela diretta? In quale circostanza questo sistema può essere impiegato? Fornire uno schema di un impianto di ventilazione parallela diretta.
5. Coefficiente ARF: specificare a quale scopo viene utilizzato, qual è il suo andamento rispetto all'area del bacino A e alla durata di precipitazione  $\theta$ . Come si definisce l'altezza di pioggia areale?

**Esercizio n°1****Prima configurazione**

La curva della pompa  $P_1$  è rappresentata dalla seguente equazione:

$$H = r - s \cdot Q^2 = 34 - 0.002 \cdot Q^2 \quad (1)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto AN è così definita:

$$H = z_N - z_A + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (2)$$

La curva dell'impianto relativa al tratto NB è così definita:

$$H = z_B - z_N + \gamma_1 L_1 Q^2 \quad (3)$$

La curva dell'impianto relativa all'intero tratto ANB si ottiene sommando la (2) e la (3) ed assume la seguente equazione:

$$H = z_B - z_A + 2\gamma_1 L_1 Q^2 = 14 + 2 \times 7 \times 10^{-7} \times 800 Q^2 \quad (4)$$

Mettendo a sistema la curva caratteristica della pompa (1) e la curva caratteristica dell'impianto (4) si ottiene:

$$\begin{cases} H = 34 - 0.002 \cdot Q^2 \\ H = 14 + 2 \times 7 \times 10^{-7} \times 800 Q^2 \end{cases} \quad (5)$$

La risoluzione del precedente sistema dà  $Q = 80.1 \text{ L/s}$  e  $H = 21.2 \text{ m}$ .

La potenza assorbita è data da:

$$P = \frac{\gamma Q H}{\eta} = \frac{9806 \times (80.1/1000) \times 21.2}{0.7} = 23.8 \text{ kW} \quad (6)$$

**Seconda configurazione**

La curva dell'impianto relativa al tratto NC è così definita:

$$H = z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 \quad (8)$$

Le curve degli impianti NB e NC possono essere scritti anche come  $Q(H)$ , assumendo rispettivamente le seguenti forme:

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} \quad (9)$$

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \quad (10)$$

La curva relativa alla parte di impianto costituita dai tratti NB e NC messi tra loro in parallelo si ottiene sommando la (9) e la (10) a parità di prevalenza:

$$Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \quad (11)$$

La pompa P1 può essere riportata nel punto N sottraendo alla curva caratteristica della pompa (1) la curva di impianto AN (2). In tal modo si ottiene:

$$H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \quad (12)$$

Mettendo a sistema la (11) e la (12) si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{H - (z_B - z_N)}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{H - (z_C - z_N)}{\gamma_2 L_2}} \\ H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \end{cases} \quad (13)$$

Con riferimento al sistema (13), sostituendo la seconda equazione nella prima equazione, si ottiene:

$$\begin{cases} Q = \sqrt{\frac{r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 + z_A - z_B}{\gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 + z_A - z_C}{\gamma_2 L_2}} \\ H = r - (s + \gamma_1 L_1) \cdot Q^2 - (z_N - z_A) \end{cases} \quad (14)$$

Sostituendo i valori numerici, la prima equazione può essere scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{34 - (0.002 + 7 \times 10^{-7} \times 800) \cdot Q^2 - 14}{7 \times 10^{-7} \times 800}} + \sqrt{\frac{34 - (0.002 + 7 \times 10^{-7} \times 800) \cdot Q^2 - 12}{5 \times 10^{-7} \times 900}} \quad (15)$$

L'equazione (15) può essere risolta per tentativi. In particolare può essere trovato il valore di  $Q$  che annulli la seguente funzione  $f(Q)$ :

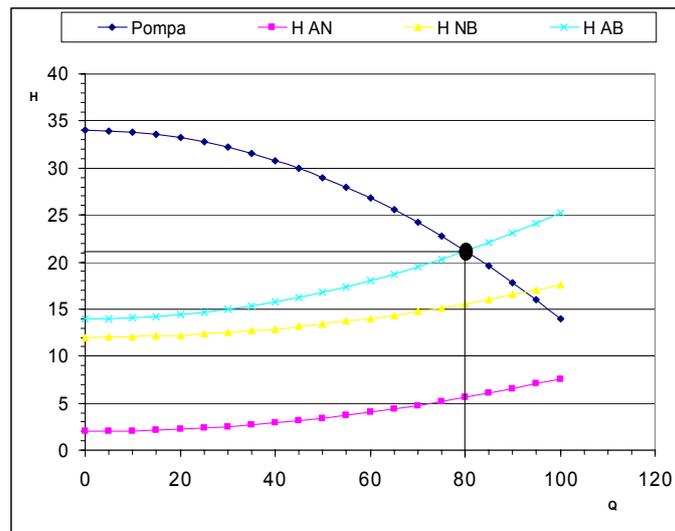
$$f(Q) = Q - \sqrt{\frac{34 - (0.002 + 7 \times 10^{-7} \times 800) \cdot Q^2 - 14}{7 \times 10^{-7} \times 800}} - \sqrt{\frac{34 - (0.002 + 7 \times 10^{-7} \times 800) \cdot Q^2 - 12}{5 \times 10^{-7} \times 900}} = 0 \quad (16)$$

La soluzione di (16) è  $Q = 88.0$  L/s. La somma delle portate consegnate a B e C è superiore alla portata consegnata in B nella prima configurazione.

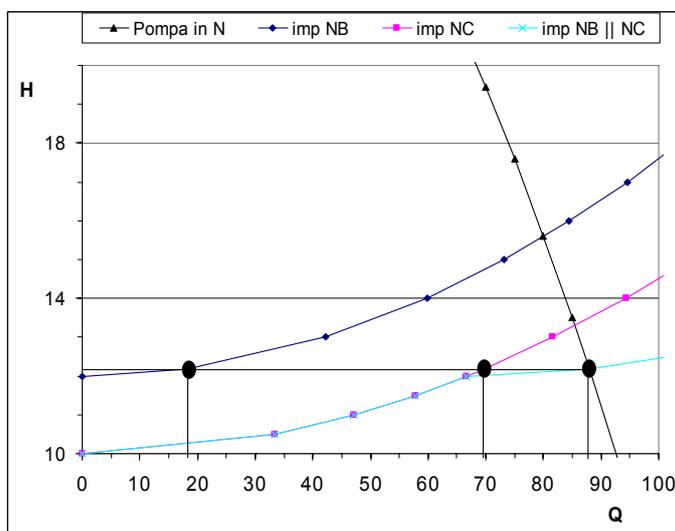
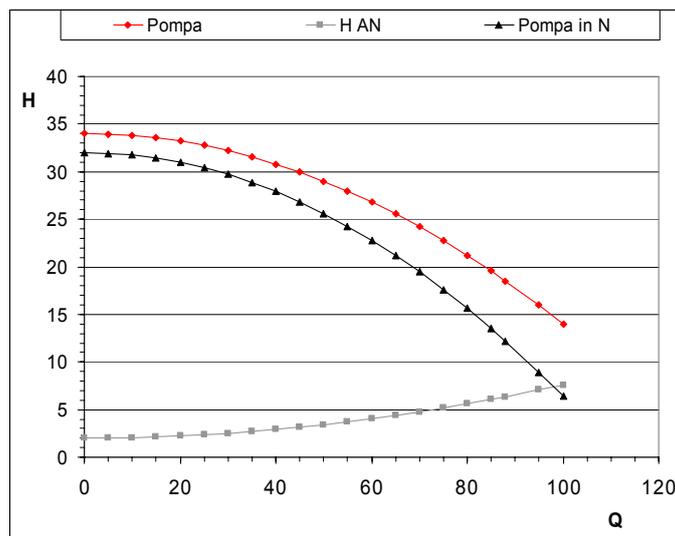
Il valore di  $H$  nella curva di P1 riportata in N si ottiene sostituendo  $Q = 88.0$  L/s nella seconda equazione del sistema (14) e vale 12.2 m. Sostituendo  $H = 12.2$  m nella (9) e nella (10), si ottengono le portate  $Q_1$  e  $Q_2$  consegnate rispettivamente al serbatoio B e al serbatoio C. Si ha, in particolare,  $Q_1 = 18.3$  L/s e  $Q_2 = 69.7$  L/s. La portata consegnata al serbatoio B nella seconda configurazione, in cui è stato aggiunto il serbatoio C, risulta inferiore a quella consegnata nella prima configurazione,

in cui è assente il serbatoio C. Nella seconda configurazione, il serbatoio di valle che riceve una portata maggiore è il serbatoio C; ciò è dovuto al fatto che il serbatoio C si trova a quota inferiore rispetto al serbatoio B e che il coefficiente  $\gamma L$  (rappresentativo della resistenza dei tratti) è inferiore nel tratto di impianto NC rispetto al tratto NB. La consegna di acqua a C risulta pertanto agevolata.

### Prima configurazione



### Seconda configurazione



**Esercizio n°2**

Costanti:																				
				$\phi$ imp	$\phi$ perm	a	n													
				0.8	0.1	41	0.52													
Tratto condotta	Area scolante parziale	Area scolante totale	Impermeabilità	Coefficiente d'afflusso A parz	Coefficiente d'afflusso A tot	Lunghezza	Diametro ipotizzato	Pendenza	Scabrezza	Velocità a sezione piena	Portata a sezione piena	Tempo di scolo	Tempo di transito	Tempo di corrivazione	Intensità di pioggia	Portata massima Qc	Rapporto tra le portate	Percentuale di riempimento	Rapporto tra le velocità	Velocità per Qmax
	Sp ha	Stot ha	IMP %	$\phi_p$	$\phi_{tot}$	L m	D m	i %	ks	Vp m/s	Qp l/s	Ta min	Tr min	Tcr min	ic mm/h	Qmax l/s	Qmax/Qp	h/d	$\frac{V_{max}}{V_p}$	Vmax m/s
<b>1</b>	1.1	1.1	60	0.52	0.52	200	<b>0.4</b>	1.0	70	1.51	190	10	2.21	11.47	90.7	144.1	0.760	0.65	1.1	1.66
<b>2</b>	1.3	1.3	54	0.48	0.48	180	<b>0.4</b>	0.9	70	1.43	180	10	2.10	11.40	91.0	157.1	0.874	0.72	1.13	1.61
<b>3</b>	1.5	3.9	58	0.51	0.50	400	<b>0.7</b>	0.5	70	1.55	596	10	4.30	14.34	81.5	441.9	0.742	0.65	1.1	1.70

**Esercizio n°3**

	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>12</b>	<b>24</b>
	32.2	33.5	33.5	33.5	33.5
	17	19.6	28.6	44.4	53.6
	7.8	15.8	24	37	63
	18.4	23.6		57.4	75.8
			97.2	97.4	108.4
	31.5		51	61	77
	23	46	58.4	75.2	
	11.2	18	32	33	
	24	54.2	77	112	143
	35	44.2	49	76.6	118
	18	29.4	34.8	35.2	43.2
	20.8	28.8	43	46.2	46.2
	12.4	19.6	23	23.4	24.4
	33	33	39.8	46	46.2
	22.2	39.8	54	75.2	106
	11.2	17.2	28	39.8	40.8
	22.6	28.4	32.2	34.2	43.2
	15.6	21.8	30.2	40.2	54.4
	13.8	23.2	29.8	43.4	52
	75	107.2	132	151.8	159.2
<b>Numero dati</b>	19	18	19	20	18
<b>Media</b>	<b>23.41</b>	<b>33.52</b>	<b>47.24</b>	<b>58.15</b>	<b>71.55</b>
<b>var</b>	<b>219.55</b>	<b>457.79</b>	<b>781.59</b>	<b>1025.92</b>	<b>1536.38</b>
u	16.74	23.89	34.66	43.73	53.91
alfa	11.553	16.682	21.797	24.973	30.561
T	5.000	5.000	5.000	5.000	5.000
h	34.065	48.910	67.350	81.189	99.750
t	1.000	3.000	6.000	12.000	24.000
logh	3.528	3.890	4.210	4.397	4.603
logt	0.000	1.099	1.792	2.485	3.178
xiyi	0.000	4.274	7.543	10.926	14.628
xi2	0.000	1.207	3.210	6.175	10.100
ymedio	4.126	xymedio	7.057		
xmedio	1.711	n	5.000		
Sommaxiyi	37.370				
Sommaxi2	20.692				
<b>B=n</b>	<b>0.344</b>				
A	3.538				
<b>a</b>	<b>34.384</b>				
hcalc	34.38	50.16	63.65	80.77	102.50
<b>h a 2.5 ore</b>	<b>47.11mm</b>				