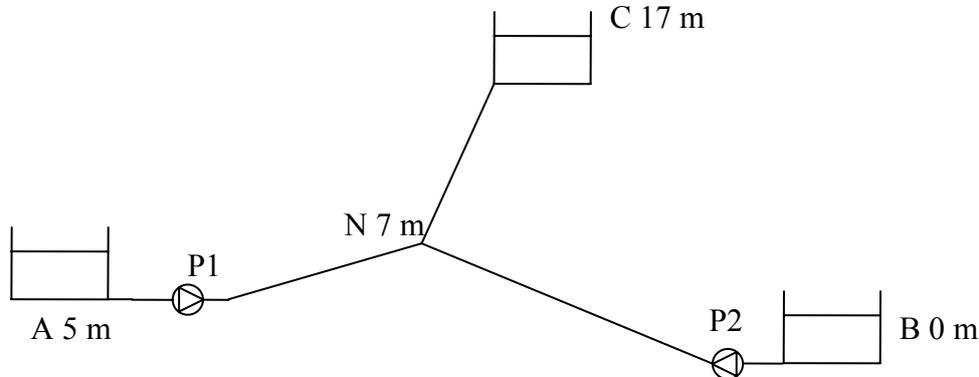


Esercizio n°1 (punti 6)

Si consideri l'impianto di sollevamento rappresentato in figura costituito da due pompe che prelevano acqua da due serbatoi A e B per alimentare un terzo serbatoio C.

I serbatoi A e B sono posti rispettivamente alle quote di 5 m e 0 m. Il serbatoio C è posto alla quota di 17 m. Il nodo N si trova a quota 7 m.



I tratti AN e BN sono lunghi 1000 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

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

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

Il tratto NC è lungo 2000 m e le relative perdite di sono rappresentate dalla relazione:

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

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

La curva caratteristica delle due pompe P1 e P2 lavoranti a $n=870$ giri/min è:

$$H = r - s \cdot Q^2 \quad \text{con } r=32 \text{ m, } s=0.0015 \text{ m/(l/s)}^2$$

Calcolare per via analitica e grafica: a) la portata consegnata al serbatoio C; b) le portate e le prevalenze manometriche delle varie pompe.

Calcolare inoltre l'incremento di portata consegnata al serbatoio C nel caso in cui all'inizio del tratto NC sia installata la pompa P3, identica alle pompe P1 e P2 ma lavorante a 1000 giri/min.

Esercizio n°2 (punti 5)

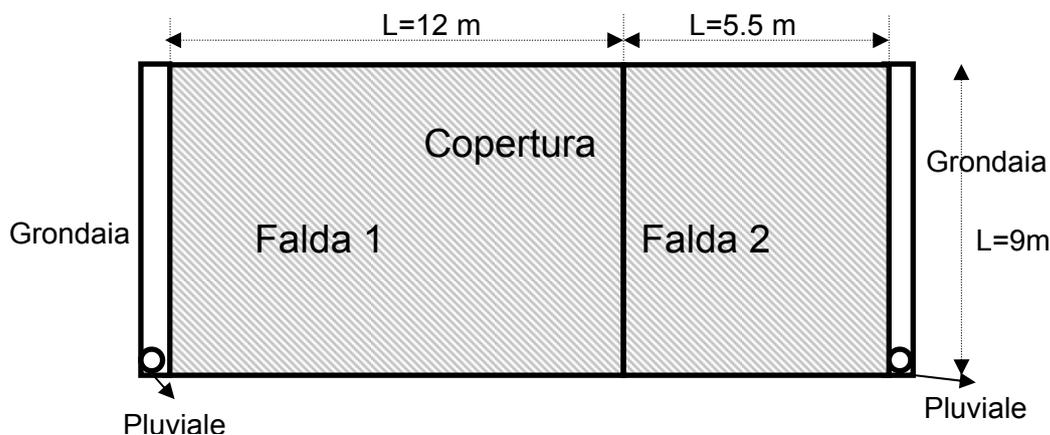
Si dimensiona lo speco di forma circolare di un collettore di fognatura mista con le seguenti caratteristiche: lunghezza 150 m, pendenza 0.7%, scabrezza $K_s=60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Il collettore è a servizio di un'area di 1 ha (39% della quale è impermeabile).

Si assuma un coefficiente di afflusso per le aree non urbanizzate $\varphi_{PERM}=0.1$ e per le aree urbanizzate $\varphi_{IMP}=0.8$, un tempo di accesso in rete di 5 min, i parametri della curva di possibilità climatica $h = a\theta^n$ $a = 33 \text{ mm/ora}^n$ e $n = 0.45$, un numero di abitanti equivalenti serviti pari a 1000, una dotazione idrica $q = 380 \text{ l/ab.d}$, un coefficiente di afflusso in rete per le acque nere $\Phi=0.85$ ed un coefficiente di punta orario $k_h=1.5$.

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 4)

Si consideri la copertura di un edificio rappresentata in figura costituita da due falde. Il sistema di scolo delle acque meteoriche è costituito da due grondaie a sezione rettangolare ciascuna al servizio di una falda, e da 2 pluviali, ciascuno posizionato all'estremità di una grondaia (vedi figura). Si dimensionino le grondaie ed i pluviali a fronte di una intensità di precipitazione di 105 mm/h. Si assuma un coefficiente di deflusso $\phi=1$ e un coefficiente di scabrezza di Strickler della grondaia $K_s=70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$. Giustificare se si adotta o meno una pendenza nulla del fondo della grondaia e calcolare il minimo e massimo tirante idrico nella grondaia in funzione della scelta progettuale effettuata.



Domande (punti 3)

1. Definizione di NPSH. Illustrare i passaggi per calcolare la posizione della pompa rispetto al serbatoio di alimentazione una volta noto l' $NPSH_R$.
2. Definire la velocità specifica e il diametro specifico di una turbopompa e introducendo il diagramma di Balje illustrare come queste grandezze sono relazionate alle diverse tipologie di turbopompe
3. Partendo da una serie di altezze di precipitazione massime annue (ad esempio sulle durate di 1, 3, 6 e 12 ore) descrivere e spiegare la trattazione statistica per ricavare i parametri a ed n della curva di possibilità climatica $h = a \cdot t^n$ per assegnato tempo di ritorno.
4. Che cosa si intende per sistema di ventilazione parallela indiretta? In quale circostanza questo sistema può essere impiegato? Fornire uno schema di un impianto di ventilazione parallela indiretta.
5. Dopo aver indicato in quale circostanza è necessario inserire all'interno di una rete fognaria un dispositivo di cacciata, descrivere il funzionamento del dispositivo di cacciata di tipo Contarino.

Esercizio n°1**Prima configurazione**

Le curve delle pompe P₁ e P₂ sono rappresentate dalla seguente equazione:

$$H = r - s \cdot Q^2 = 32 - 0.0015 \cdot Q^2 \quad (1)$$

Le curve degli impianti relativi ai tratti AN, BN e NC sono così definite:

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

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

$$\text{NC} \quad H = z_C - z_N + \gamma_2 L_2 Q^2 \quad (4)$$

La curva della Pompa P1 riportata in N si ottiene sottraendo all'eq. (1) l'eq.(2):

$$H = r - s \cdot Q^2 - z_N + z_A - \gamma_1 L_1 \cdot Q^2 \quad (5)$$

L'eq. (5) può essere anche scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_A - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (6)$$

La curva della Pompa P2 riportata in N si ottiene sottraendo all'eq. (1) l'eq.(3):

$$H = r - s \cdot Q^2 - z_N + z_B - \gamma_1 L_1 \cdot Q^2 \quad (7)$$

L'eq. (7) può essere anche scritta come:

$$Q = \sqrt{\frac{r - z_N + z_B - H}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (8)$$

Il sistema delle pompe P1 e P2 riportate in N e messe in parallelo tra di loro ha la seguente curva caratteristica, ottenuta sommando a parità di H le curve (6) e (8):

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

La risoluzione della prima configurazione si ottiene ponendo a sistema l'eq. (9) con l'eq. (4). In particolare, sostituendo l'eq. (4) nell'eq. (9), si ottiene:

$$Q = \sqrt{\frac{r + z_A - z_C - \gamma_2 L_2 Q^2}{s + \gamma_1 L_1}} + \sqrt{\frac{r + z_B - z_C - \gamma_2 L_2 Q^2}{s + \gamma_1 L_1}} \quad (10)$$

Sostituendo nell'eq. (10) i valori numerici, si ottiene:

$$Q = \sqrt{\frac{32 + 5 - 17 - 5 \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot Q^2}{0.0015 + 7 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}} + \sqrt{\frac{32 + 0 - 17 - 5 \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot Q^2}{0.0015 + 7 \cdot 10^{-7} \cdot 1000}} \quad (11)$$

Risolvendo la precedente equazione rispetto a Q per tentativi si ottiene la portata complessiva sollevata al serbatoio C, pari a $Q = 105.5$ L/s. Le portate sollevate da P1 e P2 saranno rispettivamente pari a:

$$Q = \sqrt{\frac{r + z_A - z_C - \gamma_2 L_2 Q^2}{s + \gamma_1 L_1}} = 63.5 \text{ L/s} \quad (12)$$

$$Q = \sqrt{\frac{r + z_B - z_C - \gamma_2 L_2 Q^2}{s + \gamma_1 L_1}} = 42.0 \text{ L/s} \quad (13)$$

Le rispettive prevalenze, ottenute sostituendo i precedenti valori di portata nell'eq. (1), sono pari a 25.95 m e 29.36 m.

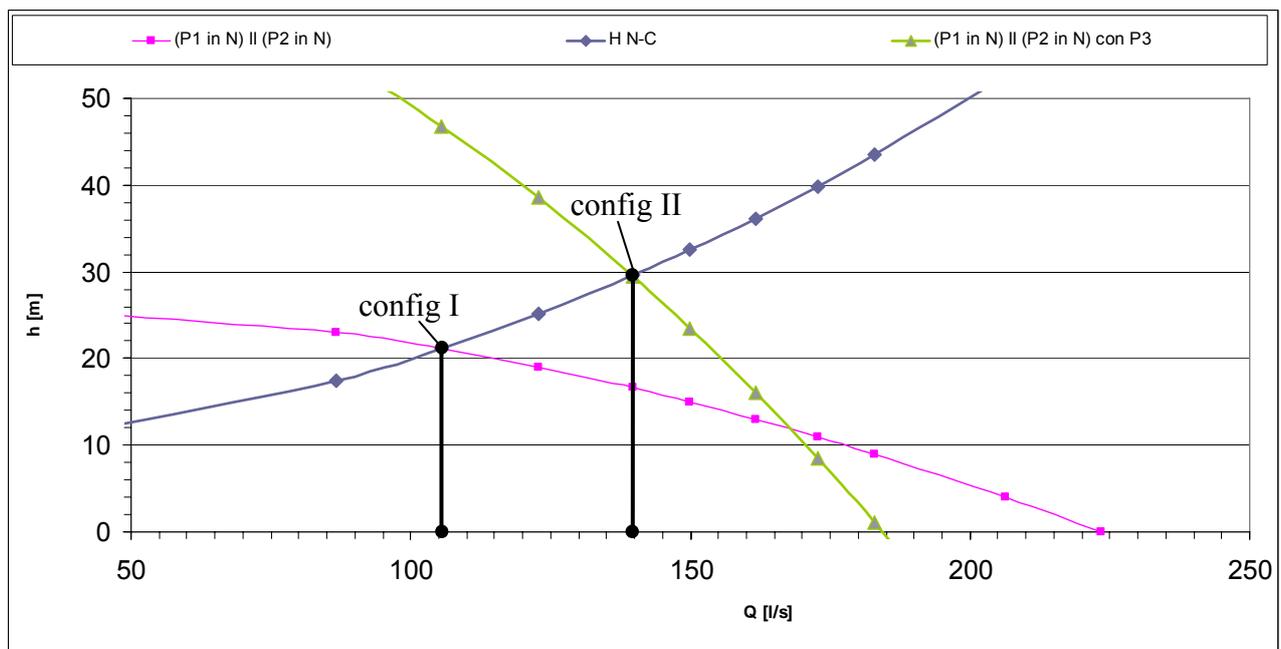
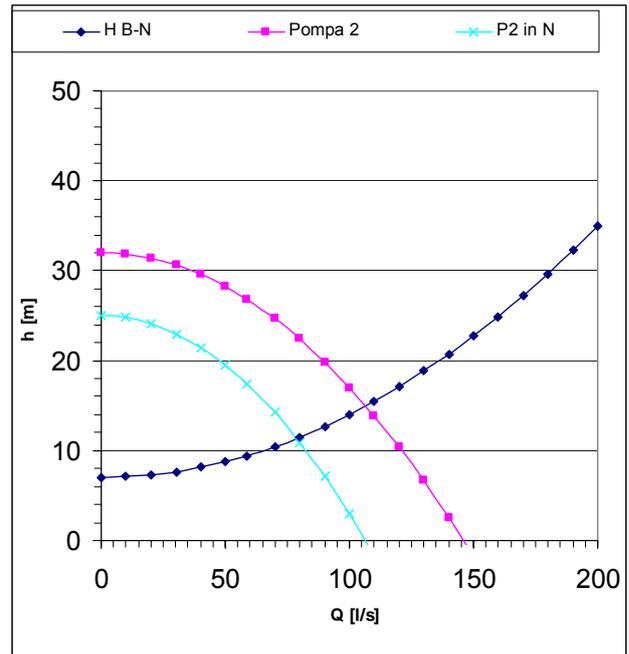
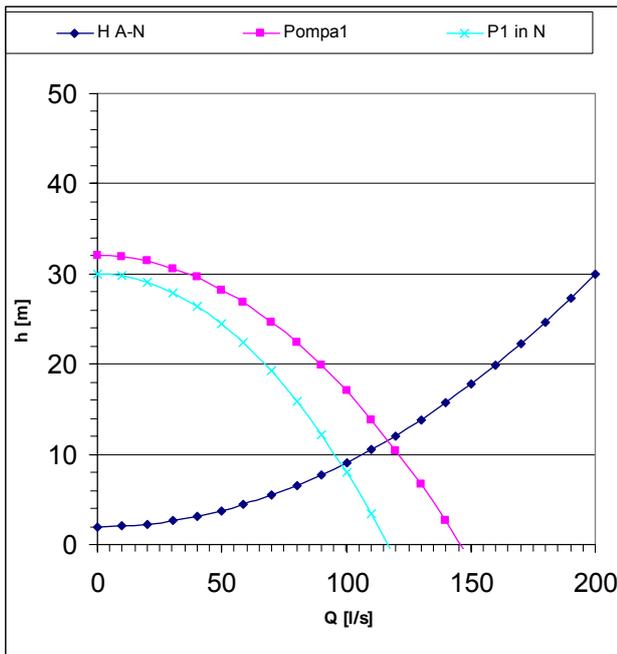
I risultati ottenuti dalla risoluzione analitica sono confermati dalla risoluzione grafica, riportata nella pagina successiva.

Seconda configurazione

Nel grafico in basso della pagina successiva si trova anche la risoluzione grafica relativa alla seconda configurazione, in cui è presente nel tratto NC una pompa con la curva caratteristica ottenuta a partire dall'eq. (1) mediante le leggi di similitudine fluidodinamica:

$$H = r' - s \cdot Q^2 = r \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 - s \cdot Q^2 = 42.28 - 0.0015 \cdot Q^2 \quad (14)$$

Sommando l'eq. (14) per via grafica all'eq. (9) a parità di Q si ottiene la curva del sistema di pompaggio nella seconda conf.. L'intersezione di tale curva con la curva dell'impianto relativo al tratto NC dà una portata $Q = 139.8$ L/s. L'incremento della conf. 2 rispetto alla 1 è 34.3 L/s.



Esercizio n°2

Costanti:		D.I. (q)	Coeff. Aff. Nera	Kh	Kmin	ϕ_{imp}	ϕ_{perm}	a	n
		380	0.85	1.5	0.67	0.8	0.1	33	0.45
Tratto condotta	N	ab	1000						
	Q nera massima	Qnmax	l/sec	5.61					
	Q nera minima	Qnmin	l/sec	2.95					
	Area scolante parziale	Sp	ha	1.0					
	Area scolante totale	Stot	ha	1					
	Impermeabilità	IMP	%	39					
	Lunghezza	L	m	150					
	Diametro ipotizzato	D	m	0.4					
	Pendenza	i	%	0.7					
	Scabrezza	ks		60					
	Velocità a sezione piena	Vp	m/s	1.08					
	Portata a sezione piena	Qp	l/s	136					
	Tempo di scolo	Ta	min	5					
	Tempo di transito	Tr	min	2.31					
	Tempo di corruzione	Tcr	min	6.54					
	Intensità di pioggia	ic	mm/h	111.7					
	Coefficiente d'afflusso	ϕ		0.38					
	Portata critica	Qc	l/s	116.3					
	Portata massima Qc+Qn,max	Qmax	l/s	121.9					
	Rapporto tra le portate	$\frac{Qmax}{Qp}$		0.897					
	Percentuale di riempimento	h/d		0.74					
	Rapporto tra le velocità	$\frac{Vmax}{Vp}$		1.73					
	Velocità per Qmax	Vmax	m/s	1.22					
	Rapporto tra le portate	$\frac{Qmin}{Qp}$		0.0217					
	Percentuale di riempimento	h/d		0.10					
	Rapporto tra le velocità	$\frac{Vmin}{Vp}$		0.4					
	Velocità per Qmin	Vmin	m/s	0.434					

Esercizio n°3

Int. Prec φ Ks
 mm/h
 105.00 1 70

FALDA**1**

Lungh Largh
 m m
 12 9
 Qfalda 3.15 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo

Q 3.15 l/s 0.0052 0.0468

Assumo una
 sezione

b [cm] h [cm]
12 **12**

yc= 0.04126 m 4.13 cm
 i=0, perdite nulle opp. i=j
 ym= 7.15 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.004925
 $\Delta H =$ 0.044323 m 4.43 cm > 0.95 0.23yc
 ym= 11.58 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di
 diametro

D= **0.1** m

Soglia sfiorante Q= 0.00408 m³/s 4.081899 l/s > 3.150
 Sotto battente Q= 0.00424 m³/s 4.23990 l/s > 3.150

FALDA**2**

Lungh Largh
 m m
 5.5 9
 Qfalda 1.44 l/s

GRONDAIA

Un pluviale all'estremo

Q 1.44 l/s

Assumo una
 sezione

b [cm] h [cm]
10 **10**

yc= 0.027697 m 2.77 cm
 i=0, perdite nulle opp. i=j

ym= 4.80 cm

Considero le perdite di carico

Jmedio 0.005624

$\Delta H = 0.05062$ m 5.06 cm > 0.64 0.23yc

ym= 9.86 cm

PLUVIALE

Assumo un pluviale di diametro

D= **0.1** m

Soglia sfiorante Q= 0.00225 m³/s 2.245044 l/s > 1.444

Sotto battente Q= 0.00347 m³/s 3.47384 l/s > 1.444