



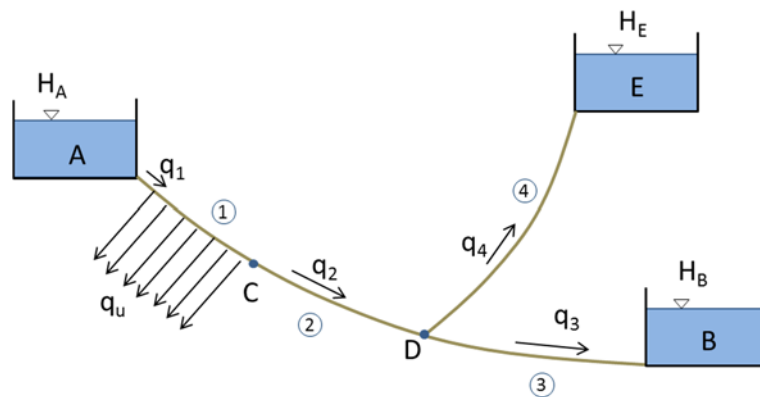
**ESERCIZIO 1**

Si consideri la rete aperta in figura, nella quale le portate sono distribuite secondo i versi indicati. Si noti che nel tronco 1 (tronco A-C) viene distribuita una portata uniforme lungo il percorso  $q_u$ .

Sono noti:

$H_A = 250$ m	$q_1 = 600$ l/s	$L_1 = 1$ km	coeff scabrezza Bazin $\gamma_b = 0.16$ m <sup>1/2</sup>	scabrezza equivalente $\varepsilon = 0.6$ mm
$H_B = 100$ m	$q_u = 0.3$ l/(sm)	$L_2 = L_3 = 1.5$ km	$\gamma = 9806$ N/m <sup>3</sup>	viscosità cinematica $\nu = 10^{-6}$ m <sup>2</sup> /s
$H_E = 270$ m	$q_4 = 85$ l/s	$L_4 = 0.8$ km	$\rho = 1000$ kg/m <sup>3</sup>	

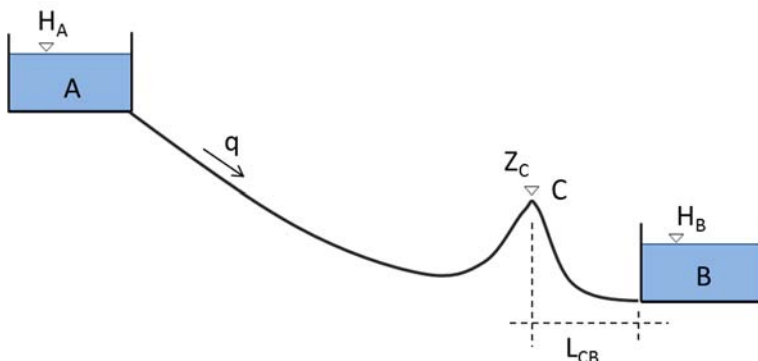
- 1) Si determini la quota piezometrica dei nodi C e D.
- 2) Si progetti l'impianto di sollevamento nel tronco 4 (tronco D-E), posizionando la pompa immediatamente a valle del nodo D (si calcolino diametro e potenza della pompa). Sia il rendimento della pompa  $\eta = 0.9$ .
- 3) Si determinino i diametri commerciali del tronco 3 (tronco D-B) e le rispettive lunghezze. Si verifichi che in questo tronco il moto è assolutamente turbolento.
- 4) Si disegni l'andamento della linea piezometrica sulla rete. Per i tratti non progettati si faccia riferimento al diametro teorico, per quelli progettati ai diametri commerciali.



**ESERCIZIO 2**

Si consideri la condotta in figura, lunga  $L = 2$  km, che convoglia una portata  $q = 300$  l/s da A verso B e presenta un punto di colmo C, distante  $L_{CB} = 300$  m dal serbatoio B. La quota del terreno in C è  $Z_C = 90$  m.

Si progetti la condotta (diametri commerciali e lunghezze su cui disporli) e si tracci l'andamento della linea piezometrica. Si verifichi se la piezometrica taglia la condotta in C.



Siano:

$H_A = 200$  m e  $H_B = 80$  m

$\gamma_b = 0.16$  m<sup>1/2</sup>

$\gamma = 9806$  N/m<sup>3</sup>



## SOLUZIONE

### ESERCIZIO 1

- 5) Per determinare la quota piezometrica dei nodi C e D si applica il metodo di Marzolo alla condotta principale A-C-D-B, ovvero per ogni tronco i-esimo:

$$Y_i = \frac{L_i \sqrt[3]{q_i}}{\sum L_i \sqrt[3]{q_i}} \cdot Y_{tot}$$

Calcolo:

la portata  $q_2 = q_1 - q_u$   $L_1 = 300 \text{ l/s} = 0.3 \text{ m}^3/\text{s}$

la portata fittizia  $q^*$  del tronco 1:  $q^* = q_2 + 0.55 q_u$   $L_1 = 465 \text{ l/s} = 0.465 \text{ m}^3/\text{s}$

la portata  $q_3 = q_2 - q_4 = 215 \text{ l/s} = 0.215 \text{ m}^3/\text{s}$

La  $Y_{tot}$  è data da  $Y_{tot} = H_A - H_B = 150 \text{ m}$

Pertanto ottengo:

nodo/tronco	$q_i \text{ [m}^3/\text{s]}$	$L_i \text{ [m]}$	$L_i (q_i)^{1/3} \text{ [m}^2/\text{s}^{1/3}]$	$Y_i \text{ [m]}$	$H_i \text{ [m]}$
A					250
A-C	0.465	1000	774.73	43.40	
C					206.60
C-D	0.3	1500	1004.15	56.26	
D					150.34
D-B	0.215	1500	898.61	50.34	
B					100.00
			2677.49		
			<b>sommatoria</b>		

Da cui:  $H_C = 206.60 \text{ m}$  e  $H_D = 150.34 \text{ m}$

- 6) Progetto impianto sollevamento nel tronco 4 (tronco D-E)

Calcolo del diametro usando formula di Bresse:

$$D_4 = 1.5 \sqrt[3]{q_4} = 0.437 \text{ m}$$

Scelgo diametro commerciale maggiore:  $D_4 = 0.450 \text{ m}$

Cui corrisponde (tabella u) per  $\gamma_b = 0.16 \text{ m}^{1/2}$  una  $u_4 = 0.1012877$

Pertanto la perdita di carico continua sulla condotta di mandata vale:  $Y_4 = u_4 q_4^2 L_4 = 0.59 \text{ m}$ , avendo ipotizzato il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy.

Il dislivello geodetico vale  $H_g = H_E - H_D = 119.66 \text{ m}$ .

Il carico manometrico è pari quindi a  $H_m = H_g + Y_4 = 120.24 \text{ m}$  (essendo assente la condotta di aspirazione).

La potenza della pompa vale:  $P = \frac{\gamma q_4 H_m}{\eta} = 111359.7 \text{ Watt} = 111.36 \text{ KW}$

7) Progetto del tronco 3 (D-B).

La perdita di carico nel tronco 3 vale:

$$Y_3 = H_D - H_B = 50.34 \text{ m}$$

Ipotizzando il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy, si ha:

$$\frac{Y_3}{q_3^2 L_3} = u_3 = 0.726049 \text{ che risulta compreso tra (tabella delle } u \text{ per } \gamma_b = 0.16 \text{ m}^{1/2}\text{):}$$

$$u_3' = 0.5759797 < u_3 < u_3'' = 0.8848629$$

cui corrispondono i diametri commerciali:

$$D_3' = 0.325 \text{ m} > D_3 > D_3'' = 0.300 \text{ m}$$

Tali diametri vengono inseriti rispettivamente sulle lunghezze  $L_3'$  e  $L_3''$  tali che:

$$L_3 = L_3' + L_3''$$

$$Y_3 = u_3 q_3^2 L_3 = u_3' q_3^2 L_3' + u_3'' q_3^2 L_3''$$

Da cui si ottiene:

$$L_3' = 771.23 \text{ m}$$

$$L_3'' = 728.77 \text{ m}$$

Per verificare che il moto nel tronco 3 sia assolutamente turbolento deve risultare per entrambi i tratti progettati:

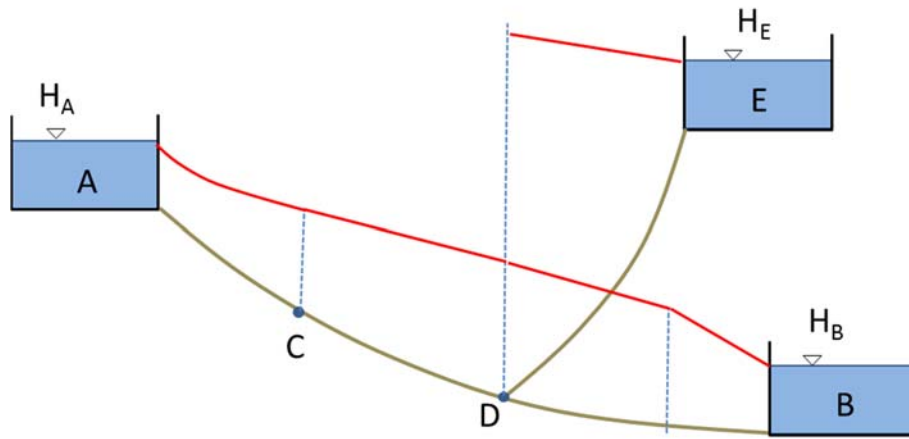
$$Re^* = \frac{u^* \varepsilon}{\nu} > 70, \text{ dove: } u^* = \sqrt{\tau_0 / \rho} \text{ e } \tau_0 = \gamma R J, \text{ essendo } R = D/4 \text{ il raggio idraulico e } J = uq^2 \text{ la cadente.}$$

La condizione è verificata per entrambi i diametri, infatti si ha:

$$J' = u_3' q_3^3 = 0.0266247 \quad R' = D_3' / 4 = 0.08125 \text{ m} \quad \tau_0' = \gamma R' J' = 21.213 \text{ N/m}^2 \quad u^{*'} = \sqrt{\tau_0' / \rho} = 0.146 \text{ m/s} \\ Re^{*'} = 87.39$$

$$J'' = u_3'' q_3^3 = 0.0409028 \quad R'' = D_3'' / 4 = 0.075 \text{ m} \quad \tau_0'' = \gamma R'' J'' = 30.08 \text{ N/m}^2 \quad u^{*''} = \sqrt{\tau_0'' / \rho} = 0.173 \text{ m/s} \\ Re^{*''} = 104.06$$

8) Disegno della piezometrica, ipotizzando di disporre sul tronco 3 prima il diametro maggiore e poi il diametro minore.



## ESERCIZIO 2

Si progetta la condotta ipotizzando il moto assolutamente turbolento e applicando la formula di Darcy.

La perdita di carico vale:

$$Y = H_A - H_B = 120 \text{ m}$$

Pertanto si ricava:

$$\frac{Y}{q^2 L} = u = 0.66667 \text{ che risulta compreso tra (tabella delle } u \text{ per } \gamma_b = 0.16 \text{ m}^{1/2}\text{):}$$

$$u' = 0.5759797 < u < u'' = 0.8848629$$

cui corrispondono i diametri commerciali:

$$D' = 0.325 \text{ m} > D > D'' = 0.300 \text{ m}$$

Tali diametri vengono inseriti rispettivamente sulle lunghezze  $L'$  e  $L''$  tali che:

$$L = L' + L''$$

$$Y = u q^2 L = u' q^2 L' + u'' q^2 L''$$

Da cui si ottiene:

$$L' = 1412.81 \text{ m}$$

$$L'' = 587.19 \text{ m}$$

Ipotesi 1:

Se si dispone prima il diametro  $D'$  per una lunghezza  $L'$  e poi il diametro  $D''$  per una lunghezza  $L''$ , si nota che:

$$Y_{AN} = u' q^2 L' = 73.24 \text{ m}$$

$$Y_{NC} = u'' q^2 (L'' - L_{CB}) = 22.87 \text{ m}$$

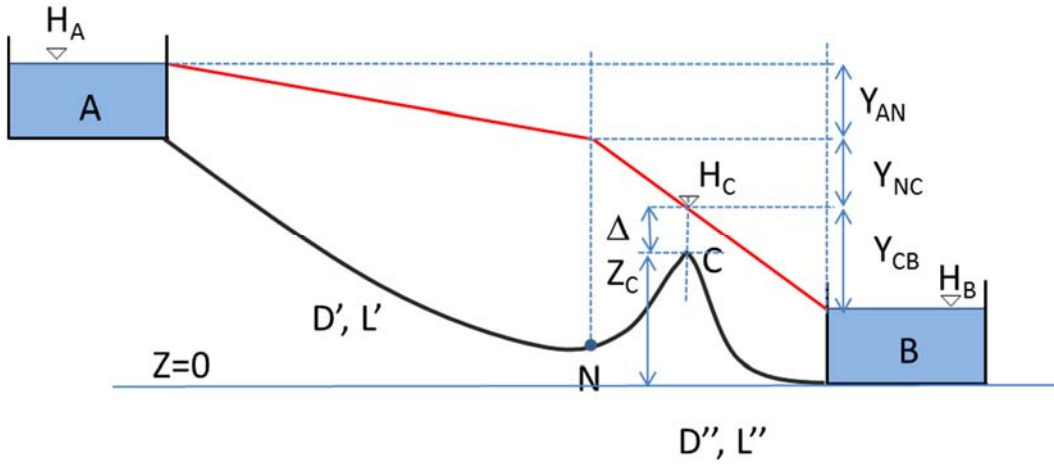
Quindi la quota piezometrica nel punto C è data da

$H_C = H_A - (Y_{AN} + Y_{NC}) = 103.89 \text{ m}$  che è maggiore della quota del terreno  $Z_C = 90 \text{ m}$ , pertanto la piezometrica non taglia la condotta.

Analogamente si poteva anche calcolare direttamente

$$Y_{CB} = u'' q^2 L_{CB} = 23.89 \text{ m}$$

E quindi la quota piezometrica nel punto C è data da:  $H_C = H_B + Y_{CB} = 103.89 \text{ m}$



Ipotesi 2:

Se invece si dispone prima il diametro  $D''$  per una lunghezza  $L''$  e poi il diametro  $D'$  per una lunghezza  $L'$ , si ha:

$$Y_{AN} = u'' q^2 L'' = 46.76 \text{ m}$$

$$Y_{NC} = u' q^2 (L' - L_{CB}) = 57.69 \text{ m}$$

Quindi la quota piezometrica nel punto C è data da

$H_C = H_A - (Y_{AN} + Y_{NC}) = 95.55 \text{ m}$  che è maggiore della quota del terreno  $Z_C = 90 \text{ m}$ , pertanto la piezometrica non taglia la condotta.

Analogamente si poteva anche calcolare direttamente

$$Y_{CB} = u' q^2 L_{CB} = 15.55 \text{ m}$$

E quindi la quota piezometrica nel punto C è data da:  $H_C = H_B + Y_{CB} = 95.55 \text{ m}$

