UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FERRARA
FACOLTÀ DI INGEGNERIA
CdL in ING. CIVILE; CdL ING. CIVILE–AMBIENTALE
CdL in INGEGNERIA MECCANICA

Prova scritta di Idraulica, Idraulica I e Meccanica dei Fluidi del 16/12/2004

Nome			***barrare la voce che interessa X***	
Cognome				
Matricola				
Corso di Laurea	☐ N.O. Civile	☐ N.O. Civ.-Amb.	☐ V.O. Ing. Civ.	☐ N.O. Ing. Mecc.
Data prova orale	☐ 16-17.12.2004	☐ 12.01.2005	☐ 19.01.2005	☐ 26.01.2005

Es. 1

Un serbatoio è diviso in due parti da una parete piana, inclinata di un angolo α rispetto ad un piano orizzontale. In una parte del serbatoio si trova aria a pressione relativa costante p_0 , nell'altra acqua in quiete. Nella parete divisoria è praticato un foro circolare di raggio r , chiuso da una sfera di raggio R . Il centro della sfera è affondato di a rispetto alla superficie libera dell'acqua. Si richiede la determinazione della risultante delle azioni statiche (dell'aria e dell'acqua) sulla superficie sferica. Specificare chiaramente modulo, direzione, verso e retta d'azione.

<u>*Dati numerici*</u>: $\alpha = 60°; \quad p_0 = 5\,kN/m^2; \quad R = 20\,cm; \quad r = R\sqrt{3}/2; \quad a = 1.80\,cm$

Es. 2

Una pompa, che aspira da un serbatoio in quiete, alimenta mediante una condotta di diametro D un raccordo flangiato formato da due curve a 60°, aventi raggio medio di curvatura R , ed un tratto rettilineo di lunghezza L . A tale raccordo è a sua volta flangiato un gomito munito di ugello ben sagomato la cui sezione terminale ha diametro d . La geometria del sistema è nota (si veda figura 2). Il getto emesso dall'ugello investe una parete piana, inclinata di un angolo α rispetto ad un piano orizzontale, ed esercita su tale parete una forza nota, normale alla parete e pari ad F_p . Nell'ipotesi di comportamento ideale del fluido, si richiede di determinare *i*) la portata d'acqua necessaria per esercitare tale forza; *ii*) la potenza che deve essere ceduta al fluido dalla pompa per il medesimo valore della portata; *iii*) la spinta dinamica sul raccordo flangiato.

<u>*Dati numerici*</u>:

$$D = 150\,mm; \quad R = 600\,mm; \quad L = 400\,mm; \quad d = 50\,mm;$$

$$a = 2\,m; \quad b = 1.8\,m; \quad \alpha = 60°; \quad F_p = 120\,N$$

Es. 3

Una rete di lunghe condotte è costituita da 7 rami, 4 nodi serbatoio (A, B, C, D) e 3 nodi (L, M, N) che erogano portate note (Q_L, Q_M, Q_N). Le condotte della rete hanno caratteristiche note (L_k, D_k, ε_k) , k=1, 2, …, 7. Le superfici libere dei nodi serbatoio si trovano a quote note (z_A, z_B, z_C, z_D). Le quote dei nodi sono note e pari a (z_L, z_M, z_N). I serbatoi A e B alimentano la rete, essendo inserite due pompe, identiche, nei rami 1 e 2. Volendo alimentare i serbatoi di recapito C e D con portate uguali e pari a Q_6 e Q_7 , si richiede di determinare le portate in tutti gli altri rami, la pressione nei nodi L, M, N, nonché la potenza delle pompe inserite nei lati 1 e 2 (supposte di rendimento $\eta = \eta_1 = \eta_2$) . Ipotizzare valide le ipotesi tipiche per le reti di lunghe condotte ed il moto ovunque assolutamente turbolento di parete scabra. Si richiede altresì il **diagramma del carico totale**.

<u>*Dati numerici:*</u>

$$Q_{L,M,N} = [8 \quad 5 \quad 5]\,l/s; \quad L_{1,2,3,4,5,6,7} = [7 \quad 7 \quad 4 \quad 4 \quad 5 \quad 3 \quad 3]\,km;$$

$$D_{1,2,3} = [200 \quad 200 \quad 150 \quad 150 \quad 100 \quad 100 \quad 100]\,mm; \quad \varepsilon_k = 0.35\,mm, \forall k;$$

$$z_{A,B,C,D} = [5 \quad 5 \quad 30 \quad 30]\,m; \quad z_{L,M,N} = [7 \quad 10 \quad 10]\,m;$$

$$Q_{6,7} = [5 \quad 5]\,l/s; \quad \eta_{1,2} = [0.80 \quad 0.80]$$

16·12·04

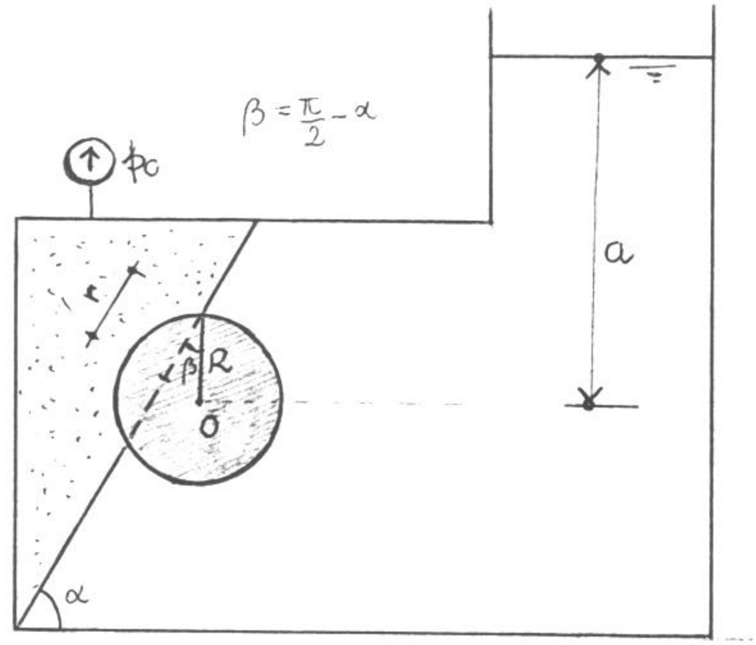


fig. 1

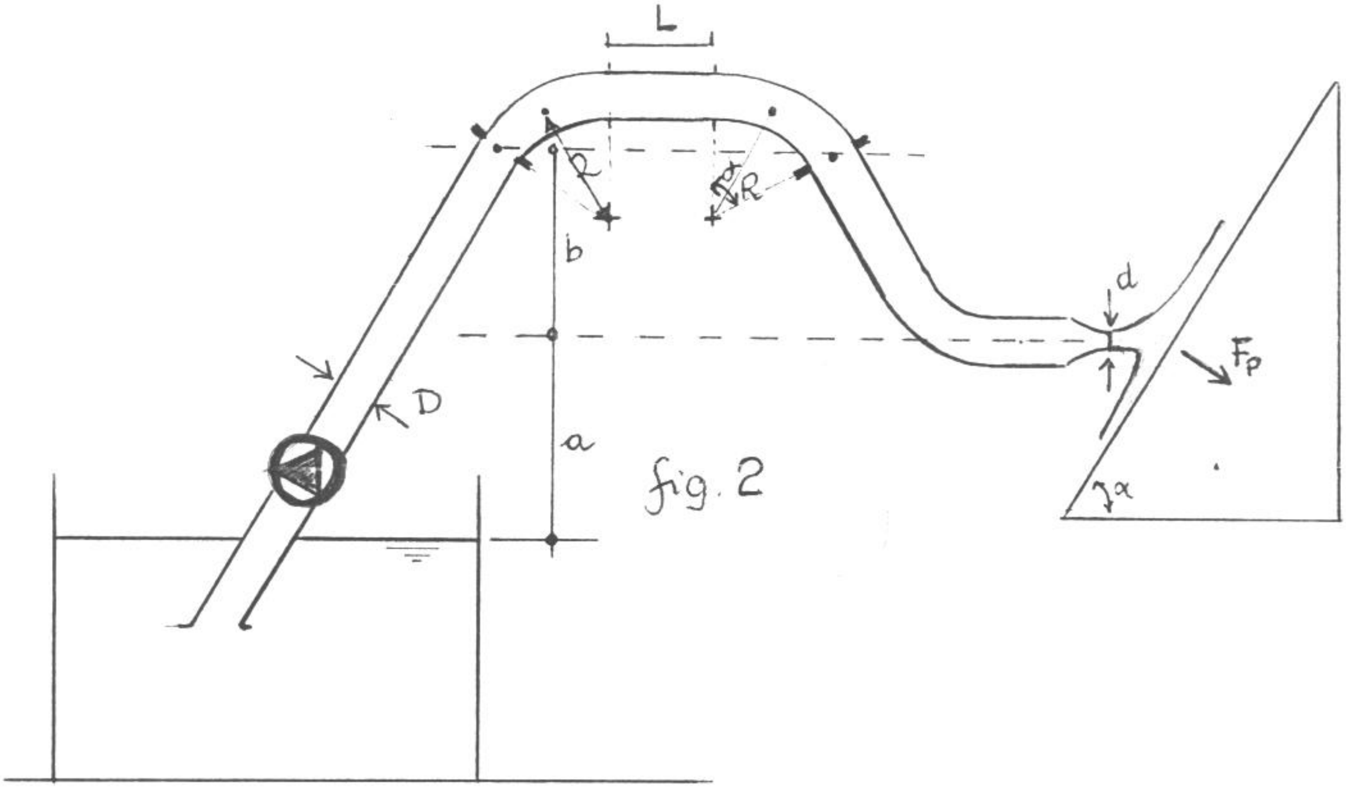


fig. 2

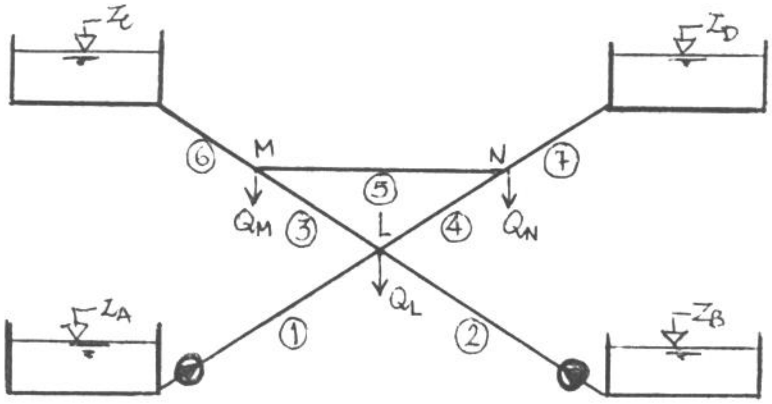
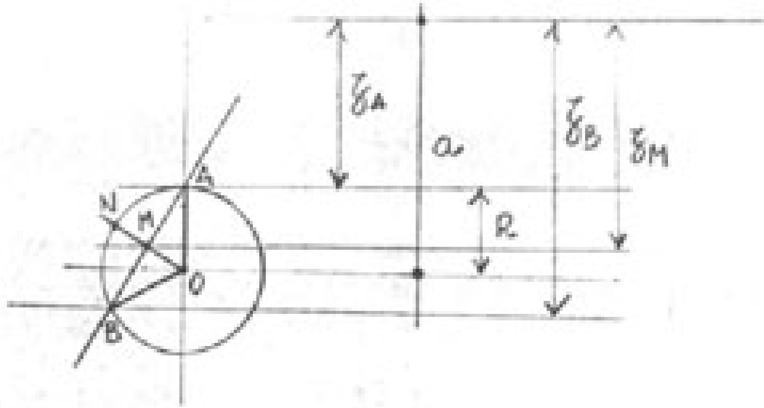


fig. 3



$\overline{OM} = \overline{MN} = R/2$

$$z_A = a - R$$

$$z_B = a + \frac{R}{2}$$

$$z_M = \frac{1}{2}\left(z_A + z_B\right) = a - \frac{R}{4} = 1.75\ m$$

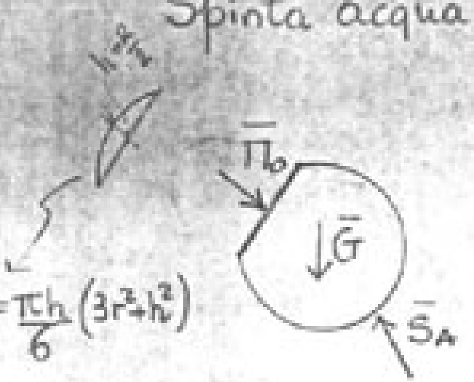
Spinta gas S_G

$$|\bar{S}_G| = |\bar{\Pi}_0| = p_0(\pi r^2)$$

$$(\rightarrow)\quad S_{Gx} = S_G\sqrt{3}/2 = 408\ N$$

$$(\downarrow)\quad S_{Gz} = S_G/2 = 236\ N$$

Spinta acqua S_A



$V_{cal} = \frac{\pi h}{6}\left(3r^2 + h^2\right)$

$$|\bar{\Pi}_0| = \gamma z_M (\pi r^2)$$

$$\Pi_{0x} = \Pi_0\sqrt{3}/2$$

$$\Pi_{0z} = \Pi_0/2$$

$$(\leftarrow)\quad S_{Ax} = \gamma z_M (\pi r^2)\sqrt{3}/2 = 1.401\ kN$$

$$(\uparrow)\quad S_{Az} = \gamma z_M (\pi r^2)/2 + \gamma(V_{sf} - V_c$$

$$S_{Az} = 1.086\ kN$$

Risultante globale

$$(\longleftarrow)\quad S_x = 993\ kN$$

$$(\uparrow)\quad S_z = 850$$

$S = 1.307\ kN$

$\theta = 40^\circ.6$

$$\Omega = \frac{\pi D^2}{4} \qquad \omega = \frac{\pi d^2}{4}$$

$$F_p = \rho \frac{Q^2}{\omega} \sin\alpha$$

$$Q = \sqrt{\frac{F_p \omega}{\rho \sin\alpha}} = 16.5\ l/s$$

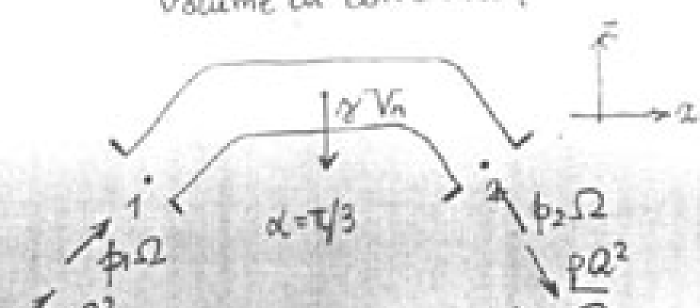
Prevalenza della pompa

$$\Delta H_d = \underset{\downarrow\ \text{sez. contratta}}{H_c} - \underset{\text{serbatoio}}{H_s} = \underbrace{(z_c - z_s)}_{a} + \frac{Q^2}{2g\omega^2} = 5.60\ m$$

Potenza della pompa

$$P = \gamma Q \Delta H_d = 906\ W$$

Volume di controllo:



$$V_n = \frac{\pi D^2}{4}(2R\alpha + L)$$

TdB. sez 1 - sez. contratta

$$z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{Q^2}{2g\Omega^2} = z_c + \frac{Q^2}{2g\omega^2}$$

$$\frac{p_1}{\gamma} = (z_c - z_1) + \frac{Q^2}{2g\omega^2}\left(1 - \frac{\omega^2}{\Omega^2}\right)$$

$$p_1 = \frac{Q^2}{2g\omega^2}\left[1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right] - \gamma b = 17.2\ kPa$$

$$p_2 = p_1$$

$$\bar{G} + \bar{\Pi} = \bar{M}_u - \bar{M}_e \qquad (\bar{S}_f \text{ sul fluido}, \bar{S}_n \text{ sul raccordo})$$

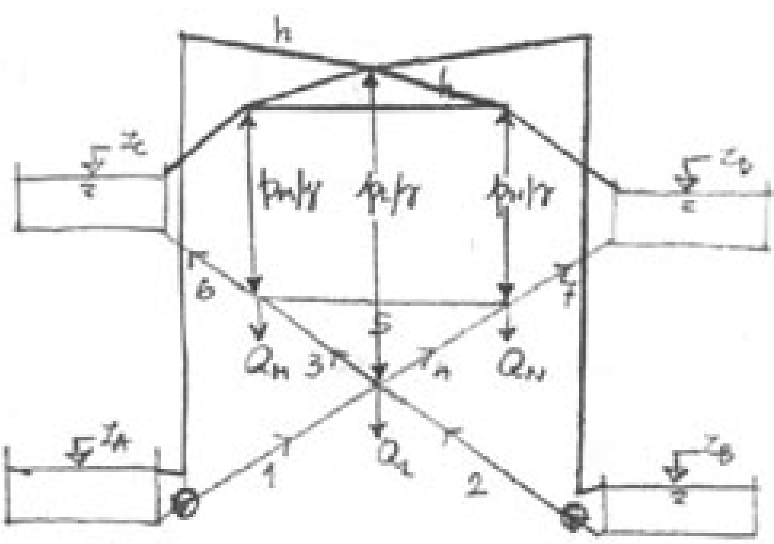
$$x)\quad p_1\Omega\cos\alpha - p_2\Omega\cos\alpha + S_{fx} = \rho\frac{Q^2}{\Omega}\cos\alpha - \rho\frac{Q^2}{\Omega}\cos\alpha \Rightarrow S_{fx} = 0$$

$$S_{nx} = 0$$

$$z)\quad -\gamma V_n + p_1\Omega\sin\alpha + p_2\Omega\sin\alpha + S_{fz} = -\rho\frac{Q^2}{\Omega}\sin\alpha - \rho\frac{Q^2}{\Omega}\sin\alpha$$

$$S_{nz} = -S_{fz} = 2\left(p_1\Omega + \rho\frac{Q^2}{\Omega}\right)\sin\alpha - \gamma V_n$$

La risultante sul raccordo è verticale, diretta verso l'alto $\uparrow S_n = 266\ N$



$$r_k = \frac{8\lambda_k L_k}{g\pi^2 D_k^5}$$

Sfruttando la simmetria, si ragiona su una rete di 3 rami (1,3,6) e 2 serbatoi (A,C): $Q_5 = 0$

$\lambda_1 =$ $\lambda_3 =$ $\lambda_6 =$

$$\begin{cases} \Delta H_{d1} = (h_L - h_A) + r_1 Q_1^2 & \text{i)} \\ h_L - h_M = r_3 Q_3^2 & \text{ii)} \\ h_M - h_C = r_6 Q_6^2 & \text{iii)} \\ Q_1 + Q_2 = Q_L + Q_3 + Q_4 \Rightarrow Q_1 = Q_L/2 + Q_3 & \text{iv)} \\ Q_3 - Q_M = Q_6 \Rightarrow Q_3 = Q_M + Q_6 & \text{v)} \end{cases}$$

Dalla v) $\Rightarrow$ $Q_3 = 10$ l/s

Dalla iv) $\Rightarrow$ $Q_1 = 14$ l/s

Dalla iii) $\Rightarrow$ $h_M = h_C + r_6 Q_6^2 = 46.9$ m

Dalla ii) $\Rightarrow$ $h_L = h_M + r_3 Q_3^2 = 57.6$ m

Dalla i) $\Rightarrow$ $\Delta H_{d1} = 60.6$ m

Potenza pompe $P_1 = P_2 = \dfrac{\gamma Q_1 \Delta H_{d1}}{\eta_1} = 10.4$ kW

Pressioni: $p_L = \gamma (h_L - z_L) = 4.96$ bar $= 496$ kN/m^2

$p_M = \gamma (h_M - z_M) = p_N = 3.62$ bar $= 362$ kN/m^2