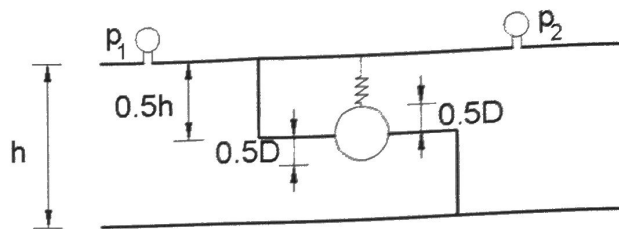


1) Treba odrediti razliku tlakova  $p_1$  i  $p_2$  zbog koje će se ostvariti tlačna sila u opruzi  $F = 400$  N na koju je pričvršćen kuglasti zatvarač promjera  $D$ . Pretpostaviti da je težina kugle zanemarivo mala i da je brtvljenje kuglastog zatvarača idealno. Računati za slučaj a) cijeli sustav je napunjen zrakom ( $\rho_z = 0$  kg/m<sup>3</sup>) i slučaj b) cijeli sustav je napunjen vodom ( $\rho_v = 1000$  kg/m<sup>3</sup>).



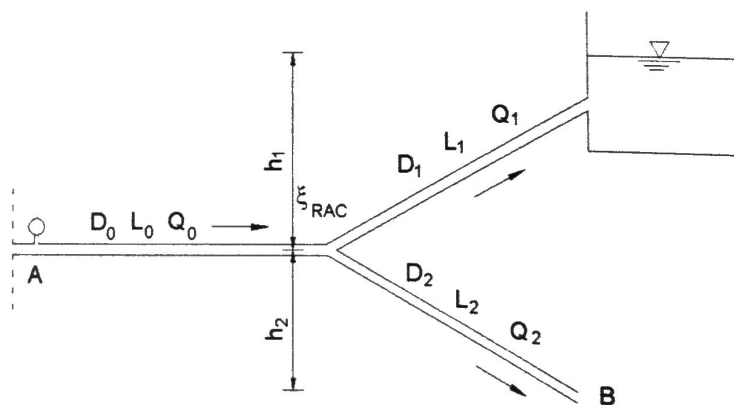
Zadano je:  $h = 1.5$  m;  $D = 0.5$  m

(20 bodova)

2) Za cjevovod kao na slici treba odrediti protoke  $Q_0$ ,  $Q_1$  i  $Q_2$  te nacrtati piezometarsku i energetska liniju za sve cijevi. U cijevi 1 izmjerena je brzina  $v_1 = 5.06$  m/s, a u točki A je izmjeren tlak od  $p_A = 2$  bar. U točki B je slobodno istjecanje u atmosferu. Lokalni gubitak energije (tlaka) na račvi je funkcija brzine uzvodno od račve.

Zadano je:  $\rho = 1000$  kg/m<sup>3</sup>;  $p_A = 2$  bar;  $D_0 = 300$  mm;  $D_1 = D_2 = 200$  mm;  $\lambda = 0.02$  (za sve cijevi);  
 $L_0 = L_1 = L_2 = 80$  m;  $h_1 = 3$  m;  $h_2 = 2$  m;  $\zeta_{RAC} = 0.2$

(25 bodova)



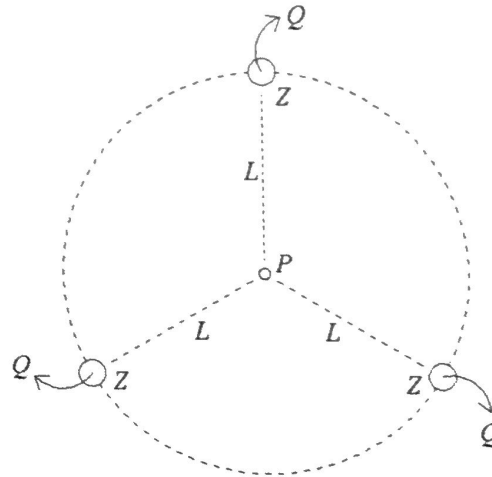
3) Konstruirajte dijagram specifične energije za korito pravokutnog poprečnog presjeka širine  $B = 1.8 \text{ m}$  pri protoku  $Q = 2.4 \text{ m}^3/\text{s}$ . Za konstrukciju dijagrama specifične energije koristite točku s kritičnim režimom tečenja te po dvije točke u mirnom i silovitom režimu. Odredite kritični nagib vodnog lica, odnosno kritični nagib korita. Manningov koeficijent hrapavosti korita je  $n = 0.012 \text{ m}^{-1.3}\text{s}$ .

(20 bodova)

4) Potrebno je odrediti koeficijent vodopropusnosti tla  $k$  prema situaciji kao na slici. U krug radijusa  $L$  oko piezometra P su postavljena tri potpuna zdenca Z istih karakteristika. Nepropusna podina se nalazi na 112 m.n.m. a početna razina podzemne vode je na 138 m.n.m. Pri aktivaciji svih triju zdenaca izdašnosti  $Q$  i radijusa utjecaja  $R$ , registrirano je sniženje vodnog lica u piezometru P od  $s_P = 1.3 \text{ m}$ . Tečenje podzemne vode je sa slobodnim vodnim licem.

Zadano je:  $Q = 200 \text{ l/s}$ ;  $R = 180 \text{ m}$ ;  $L = 110 \text{ m}$ ;

(20 bodova)

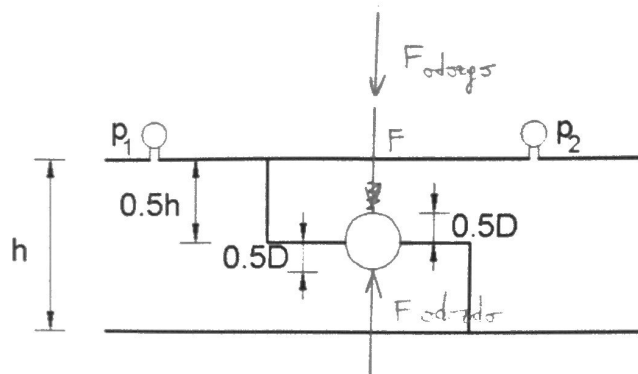


TEORIJA (15 bodova):

1. Objasnite Coriolisov koeficijent.
2. Napišite izraz za snagu pumpe i turbine i objasnite pojedine članove.
3. Napišite Hagen-Poiseuilleov zakon i objasnite članove.
4. Kolika je vrijednost standardnog atmosferskog tlaka  $p_0$ , a kolika se usvaja u tehničkim proračunima?

**Za pristupanje usmenom dijelu ispita potrebno je ostvariti minimalno 50 bodova i točno riješiti 1. i 2. zadatak!**

1



Slučaj a): Sustav je napunjen zrakom gustoće  $\rho = 0 \text{ kg/m}^3$

$$F = \Delta p \cdot A = (p_1 - p_2) \cdot \frac{D^2 \pi}{4}$$

$$400 = (p_1 - p_2) \cdot \frac{0,5^2 \pi}{4}$$

$$(p_1 - p_2) = \frac{400 \cdot 4}{0,5^2 \pi} = 2037,18 \text{ Pa}$$

$$p_1 = p_2 + 2037,18 \text{ Pa}$$

Slučaj b): Sustav je napunjen vodom gustoće  $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$

$$F = F_{\text{odgdo}} - F_{\text{odozgo}}$$

$$F = \left[ \left( p_1 + \rho g \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{D^3 \pi}{12} \right] - \left[ \left( p_2 + \rho g \frac{h}{2} \right) \cdot \frac{D^2 \pi}{4} - \rho g \frac{D^3 \pi}{12} \right]$$

$$F = p_1 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{h}{2} \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{D^3 \pi}{12} - p_2 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} - \rho g \frac{h}{2} \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{D^3 \pi}{12}$$

$$F = p_1 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} - p_2 \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{D^3 \pi}{6}$$

$$F = (p_1 - p_2) \cdot \frac{D^2 \pi}{4} + \rho g \frac{D^3 \pi}{6}$$

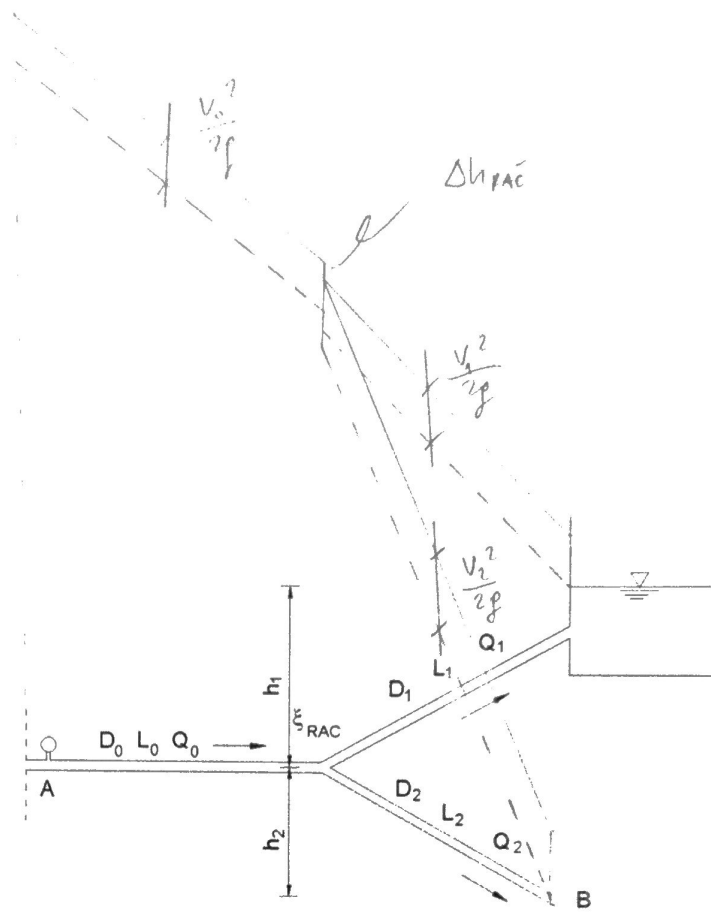
$$400 = (p_1 - p_2) \cdot \frac{0,5^2 \pi}{4} + 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{0,5^3 \pi}{6}$$

$$400 = 0,196(p_1 - p_2) + 642,063$$

$$(p_1 - p_2) = \frac{400 - 642,063}{0,196} = -1235,01 \text{ Pa}$$

$$p_1 = p_2 - 1235,01 \text{ Pa}$$

2



$$Q_1 = v_1 \frac{D_1^2 \pi}{4} = 5,06 \frac{0,2^2 \pi}{4} = 0,159 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = h_1 + \frac{v_0^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_0}{D_0} + \xi_{RAC} \right) + \frac{v_1^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_1}{D_1} + 1 \right)$$

$$\frac{200}{9,81} + \frac{v_0^2}{2 \cdot 9,81} = 3 + \frac{v_0^2}{2 \cdot 9,81} \left( 0,02 \frac{80}{0,3} + 0,2 \right) + \frac{5,06^2}{2 \cdot 9,81} \left( 0,02 \frac{80}{0,2} + 1 \right)$$

$$20,387 + 0,051v_0^2 = 3 + 0,282v_0^2 + 11,745$$

$$v_0 = 4,94 \text{ m/s}$$

$$Q_0 = v_0 \frac{D_0^2 \pi}{4} = 4,94 \frac{0,3^2 \pi}{4} = 0,349 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$Q_2 = Q_0 - Q_1 = 0,349 - 0,159 = 0,19 \text{ m}^3 / \text{s}$$

$$v_2 = \frac{Q_2 \cdot 4}{D_2^2 \pi} = \frac{0,19 \cdot 4}{0,2^2 \pi} = 6,05 \text{ m/s}$$

provjera:

$$\frac{P_A}{\rho g} + \frac{v_0^2}{2g} = h_2 + \frac{v_0^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_0}{D_0} + \xi_{RAC} \right) + \frac{v_2^2}{2g} \left( \lambda \frac{L_2}{D_2} + 1 \right)$$

$$\frac{200}{9,81} + \frac{4,94^2}{2 \cdot 9,81} = -2 + \frac{4,94^2}{2 \cdot 9,81} \left( 0,02 \frac{80}{0,3} + 0,2 \right) + \frac{6,05^2}{2 \cdot 9,81} \left( 0,02 \frac{80}{0,2} + 1 \right)$$

$$21,63 = 21,67 \text{ (zadovoljavajuće tačno!)}$$

3

$$B = 1,8 \text{ m}$$

$$Q = 2,4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$F_r^2 = 1$$

$$\frac{V^2}{g h_{kr}} = 1$$

$$\frac{Q^2}{g h_{kr} (h_{kr} \cdot B)^2} = 1$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g B^2}} = \sqrt[3]{\frac{2,4^2}{9,81 \cdot 1,8^2}} = 0,566 \text{ m}$$

$$h_1 = 0,8 \text{ m} \rightarrow V_1 = \frac{Q}{h_1 B} = \frac{2,4}{0,8 \cdot 1,8} = 1,67 \text{ m/s} \rightarrow \frac{V_1^2}{2g} = 0,14 \text{ m}$$

$$h_2 = 1,0 \text{ m} \rightarrow V_2 = \frac{Q}{h_2 B} = \frac{2,4}{1 \cdot 1,8} = 1,33 \text{ m/s} \rightarrow \frac{V_2^2}{2g} = 0,09 \text{ m}$$

$$h_3 = 0,4 \text{ m} \rightarrow V_3 = \frac{Q}{h_3 B} = \frac{2,4}{0,4 \cdot 1,8} = 3,33 \text{ m/s} \rightarrow \frac{V_3^2}{2g} = 0,57 \text{ m}$$

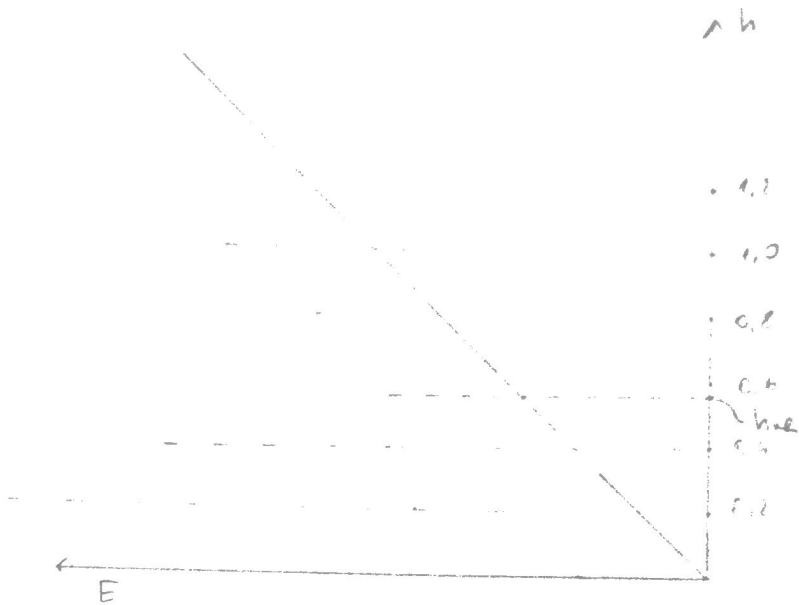
$$h_4 = 0,2 \rightarrow V_4 = \frac{Q}{h_4 B} = \frac{2,4}{0,2 \cdot 1,8} = 6,67 \text{ m/s} \rightarrow \frac{V_4^2}{2g} = 2,26 \text{ m}$$

$$V_{kr} = \frac{Q}{h_{kr} \cdot B} = \frac{2,4}{0,566 \cdot 1,8} = 2,36 \text{ m/s} \rightarrow \frac{V_{kr}^2}{2g} = 0,28 \text{ m}$$

$$Q = A \cdot \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} J^{\frac{1}{2}} \rightarrow Q^2 = B^2 \cdot h_{kr}^2 \cdot \frac{1}{n^2} \cdot \left( \frac{B h_{kr}}{B + 2 h_{kr}} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot J_{kr}$$

$$2,4^2 = 1,8^2 \cdot 0,566^2 \cdot \frac{1}{0,012^2} \cdot \left( \frac{1,8 \cdot 0,566}{1,8 + 2 \cdot 0,566} \right)^{\frac{4}{3}} \cdot J_{kr}$$

$$J_{kr} = \frac{5,76}{1760,82} = 0,0033$$



4

$$\sum_i \frac{Q_i}{2\pi} \ln \frac{R_i}{L_i} = \Delta\phi_p$$

$$3 \cdot \frac{Q}{2\pi} \ln \frac{R}{L} = \frac{k}{2} (H_o^2 - h_p^2)$$

$$H_o = 137 - 112 = 26 \text{ m}$$

$$h_p = H_o - \Delta p = 26 - 1.3 = 24.7 \text{ m}$$

$$3 \cdot \frac{Q}{\cancel{2\pi}} \ln \frac{150}{110} = \frac{k}{\cancel{2}} (26^2 - 24.7^2)$$

$$k = \frac{0.094}{65.91} = 0.0014 \text{ m/s}$$