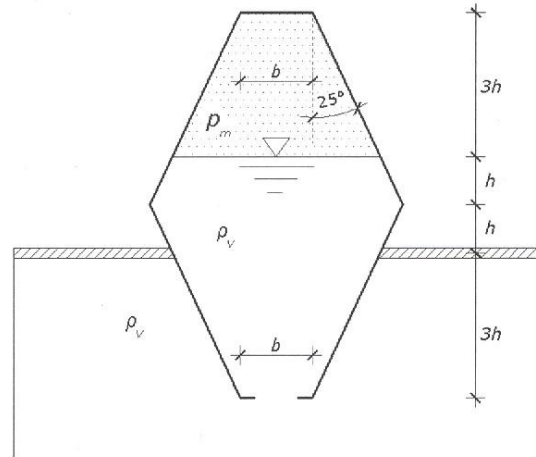


1. Zatvarač oblika šesterostrane prizme kao na slici, dimenzija $b = 0.2$ m, $h = 0.15$ m i širine $B = 1$ m, ima zanemarivu debljinu stjenke. Uronjen je u spremnik i napunjen vodom kao na slici. Na donjoj plohi zatvarača je izveden otvor preko kojeg je ostvaren kontakt unutrašnjosti zatvarača i spremnika. Treba odrediti potrebnu masu m zatvarača da se zatvarač ne odvoji od spremnika ako je tlak $p_m = 5$ kPa. Nacrtati rezultatne dijagrame komponenti hidrostatskog tlaka na konture zatvarača.

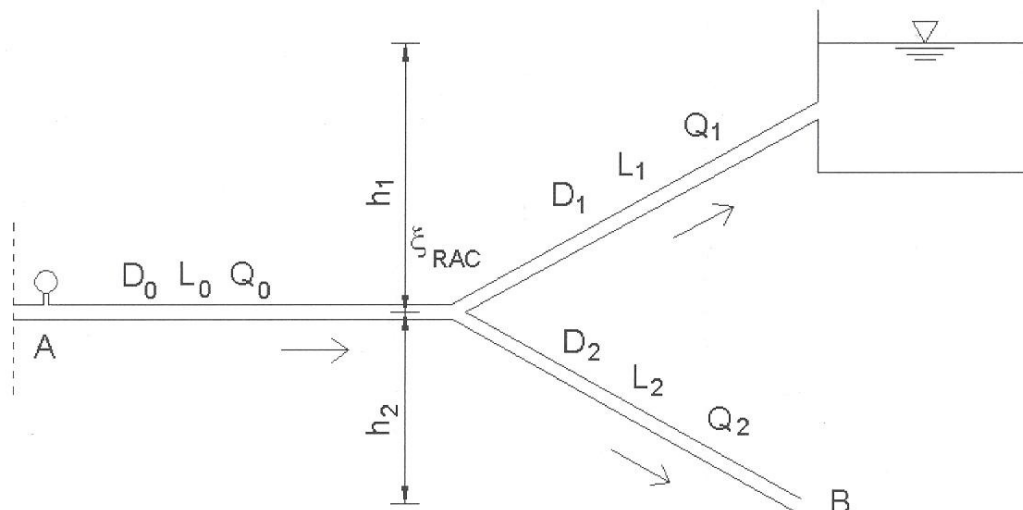
(20 bodova)



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 na manometru (tlakomjeru) 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.

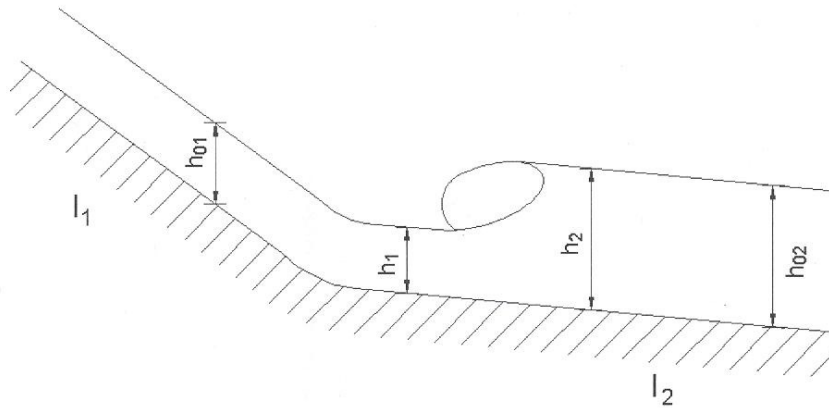
(25 bodova)

Zadano je: $\rho = 1000$ kg/m³; $D_0 = 300$ 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; $\zeta_{RAC} = 0,2$



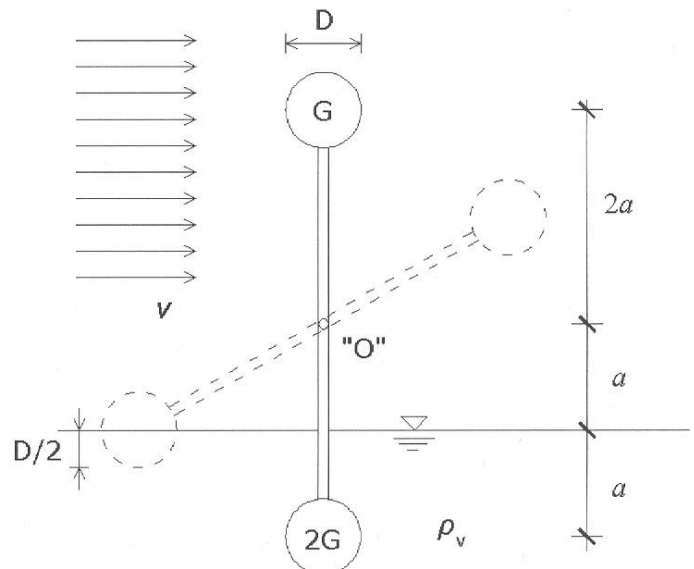
3. U koritu se odvija normalno tečenje sa specifičnim protokom $q = 1.2 \text{ m}^3/\text{s}/\text{m}$. Manningov koeficijent hrapavosti iznosi $n = 0.012 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$. Na mjestu promjene nagiba dna korito smanjuje pad sa $I_1 = 1.5\%$ na $I_2 = 0.1\%$. Potrebno je pokazati da se tok prije točke loma nalazi u silovitom režimu tečenja i provjeriti da li je vodni skok odbačen, normalan ili potopljen. Korito je vrlo široko pa je moguće pretpostaviti $R = h$. Normalne dubine tečenja su označene s h_{01} i h_{02} . Pretpostavlja se da je $h_1 = h_{01}$ i da je I_2 dovoljno mali nagib da vrijedi jednačba spregnutih dubina.

(20 bodova)



4. Sistem od dvije kugle promjera $D = 25 \text{ cm}$ (težine $G = 49.05 \text{ N}$ i $2G = 98.1 \text{ N}$) spojene štapom kao na slici, može se okretati oko osovine "O". Voda miruje, a sistem kugli u početku stoji u uspravnom položaju. Tada počinje djelovati horizontalna, ravnomjerna zračna struja brzine v . Sistem zauzima nagnuti ravnotežni položaj, kao na slici, tako da je polovica donje kugle sada izronjena iz vode. Izračunaj brzinu zraka v pri kojoj će sistem biti u zadanom ravnotežnom položaju. Koeficijent otpora kugle je $C_D = 0.55$, gustoća zraka je $\rho_z = 1.3 \text{ kg}/\text{m}^3$ i duljina $a = 35 \text{ cm}$. Zanimariti sve sile koje djeluju na štap. Strujanje zraka ne djeluje na izronjenu polovicu donje kugle.

(20 bodova)



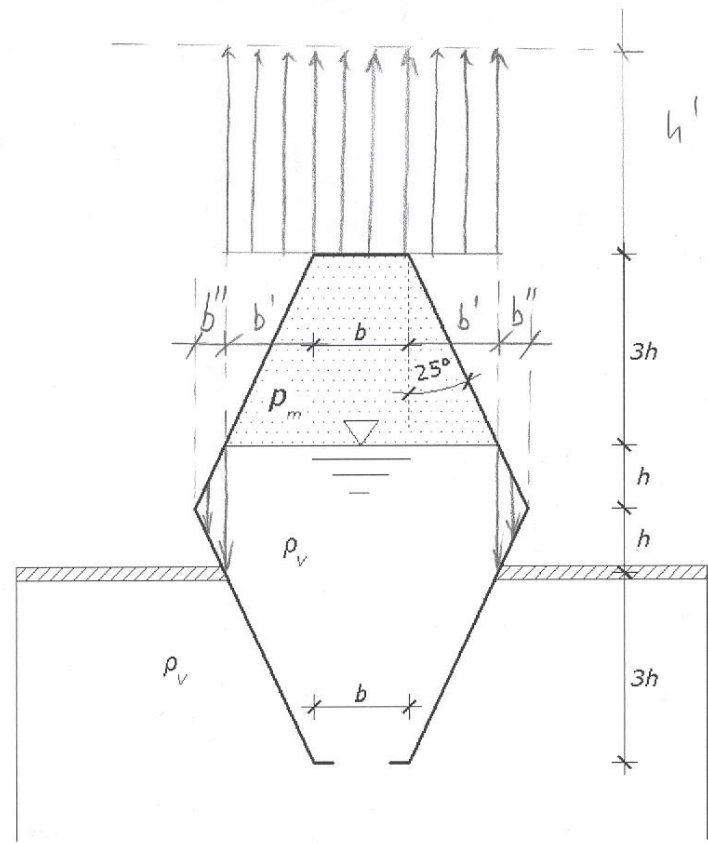
Teorija (15 bodova):

1. Objasnite razliku između laminarnog i turbulentnog tečenja.
2. Što je to vrelna ploha, kada nastaje i koje mogu biti posljedice?
3. Skicirajte strujnu mrežu kod zdenca uz vodotok.
4. U kojem slučaju kod izrade fizikalnih modela koristimo Froudeovu, a u kojem slučaju Reynoldsovu sličnost?

1

$$h' = \frac{p_m}{\rho_v g} = \frac{5}{1.981}$$

$$h' = 0,51 \text{ m}$$



$$b' = \tan 25^\circ \cdot 3h = 0,4663 \cdot 3 \cdot 0,15 = 0,21 \text{ m}$$

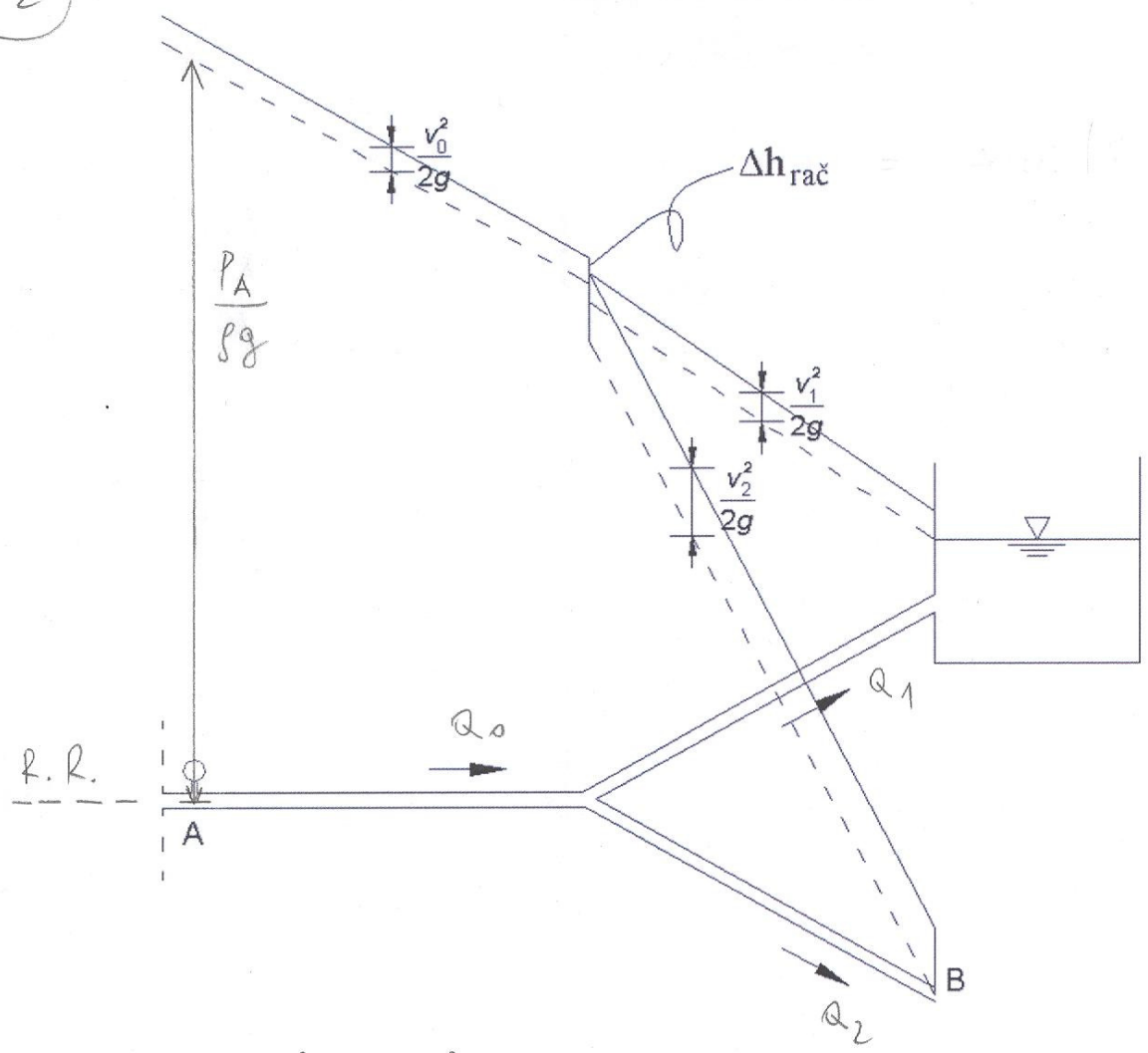
$$b'' = \tan 25^\circ \cdot h = 0,4663 \cdot 0,15 = 0,07 \text{ m}$$

$$p_m \cdot (b + 2b') \cdot B - [\rho_v g (b'' \cdot h \cdot B)] \cdot 2 = m \cdot g$$

$$m = \frac{5 (0,2 + 2 \cdot 0,21) - 9,81 (0,07 \cdot 0,15) \cdot 2}{9,81} = 0,295 \text{ t}$$

$$m = 295 \text{ kg}$$

2



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

0-1

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

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

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

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

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

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

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

provjera:

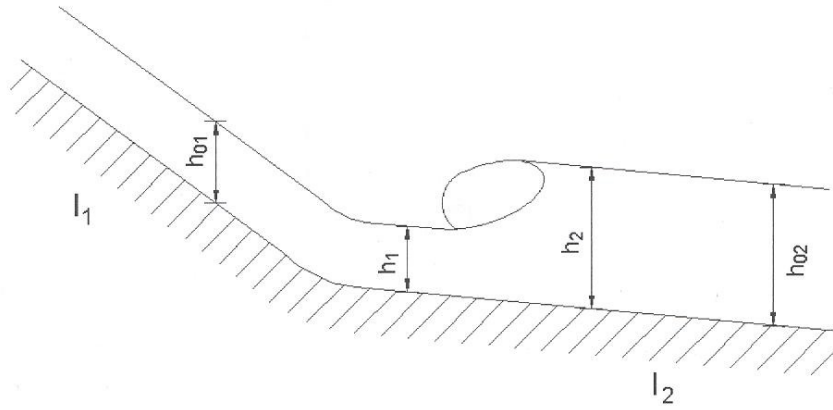
0-2

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

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

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

3



$$q = h \cdot \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2} = \frac{1}{n} \cdot h^{5/3} \cdot I^{1/2}$$

$$q = \frac{1}{n} \cdot h_{01}^{5/3} \cdot I_1^{1/2} \rightarrow h_{01} = \left(\frac{q \cdot n}{I_1^{1/2}} \right)^{3/5} = \left(\frac{1,2 \cdot 0,012}{0,015^{1/2}} \right)^{3/5} = 0,277 \text{ m}$$

$$q = \frac{1}{n} \cdot h_{02}^{5/3} \cdot I_2^{1/2} \rightarrow h_{02} = \left(\frac{q \cdot n}{I_2^{1/2}} \right)^{3/5} = \left(\frac{1,2 \cdot 0,012}{0,001^{1/2}} \right)^{3/5} = 0,624 \text{ m}$$

$$h_{kr} = \sqrt[3]{\frac{q^2}{g}} = \sqrt[3]{\frac{1,2^2}{9,81}} = 0,528 \text{ m}$$

$h_{01} < h_{kr}$ siloviti tok

$h_{02} > h_{kr}$ mirni tok

$$Fr_1 = \frac{v_1}{\sqrt{gh_1}} = \frac{q}{h_1 \sqrt{gh_1}} = \frac{1,2}{0,277 \sqrt{g \cdot 0,277}} = 2,628$$

$$h_2 = \frac{h_1}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8Fr_1^2} \right) = \frac{0,277}{2} \left(-1 + \sqrt{1 + 8 \cdot 2,628^2} \right) = 0,9 \text{ m}$$

$$v_2 = \frac{q}{h_2} = \frac{1,2}{0,9} = 1,33 \text{ m/s} \rightarrow \frac{v_2^2}{2g} = 0,091 \text{ m}$$

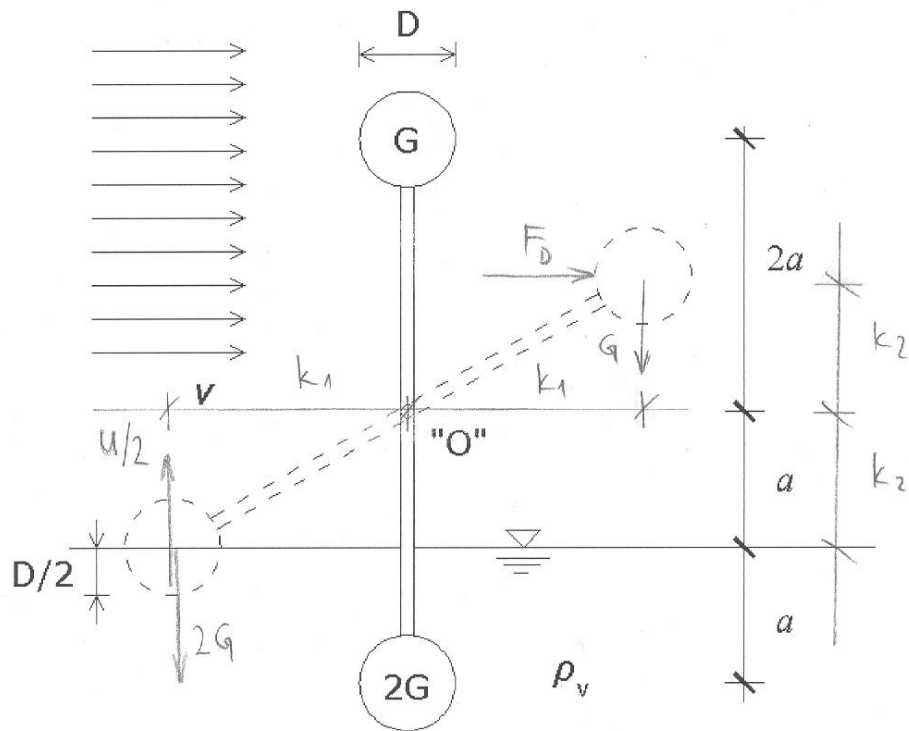
$$v_{02} = \frac{q}{h_{02}} = \frac{1,2}{0,624} = 1,92 \text{ m/s} \rightarrow \frac{v_{02}^2}{2g} = 0,188 \text{ m}$$

$$E_2 = h_2 + \frac{v_2^2}{2g} = 0,9 + 0,091 = 0,991 \text{ m}$$

$$E_{02} = h_{02} + \frac{v_{02}^2}{2g} = 0,624 + 0,188 = 0,812 \text{ m}$$

$E_2 > E_{02} \rightarrow$ odbačeni vodni skok

4



$$\Sigma M_{(O)} = 0$$

$$2G \cdot k_1 = G \cdot k_1 + F_D \cdot k_2 + \frac{U}{2} \cdot k_1$$

$$k_1 = \sqrt{(2a)^2 - a^2} = a\sqrt{3}$$

$$k_1 = 0,35\sqrt{3} = 0,606 \text{ m}$$

$$k_2 = a = 0,35 \text{ m}$$

$$G \cdot k_1 = \rho_z \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot C_D \cdot \frac{v^2}{2} \cdot k_2 + \rho_v \cdot g \cdot \frac{2}{3} \pi \cdot k_1$$

$$49,05 \cdot 0,606 = 1,3 \cdot \frac{0,25^2 \pi}{4} \cdot 0,55 \cdot \frac{v^2}{2} \cdot 0,35 + 1000 \cdot 9,81 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,125^3 \pi \cdot 0,606$$

$$29,72 = 0,00614 v^2 + 24,32$$

$$v = 29,67 \text{ m/s}$$