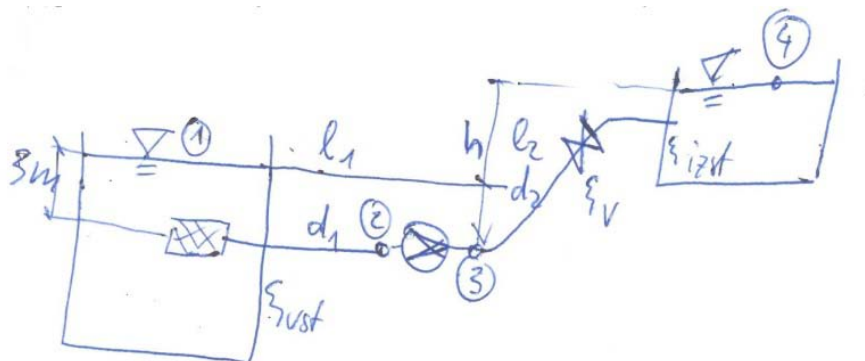


Črpalke in izgube v cevovodih

Naloga 1: Črpalke



Kolikšna sme biti višinska razlika gladin v rezervoarjih, če črpalke črpa vodo z močjo 51.45 kW in izkoristkom $\eta=80\%$? Volumski pretok vode v sistemu je $0,22 \text{ m}^3/\text{s}$, gostota vode 1000 kg/m^3 , dolžina cevi in premer pred črpalke sta $L_1=6\text{m}$, $d_1=0,45\text{m}$ ter za črpalke $L_2=12\text{m}$, $d_2=0,3\text{m}$. Linijske izgube v ceveh so $\lambda_1=0,03$ (pred črpalke) in $\lambda_2=0,02$ (za črpalke). Sesalna cev črpalke je 3m pod gladino vode v nižjem rezervoarju. Upoštevajte lokalne izgube na vstopni in izstopni cevi ($\xi_{vst} = 1$, $\xi_{izt} = 1$) in ventilu ($\xi_v = 1$). Izračunajte tudi nadtlak pred vstopom v črpalke.

Rešitev:

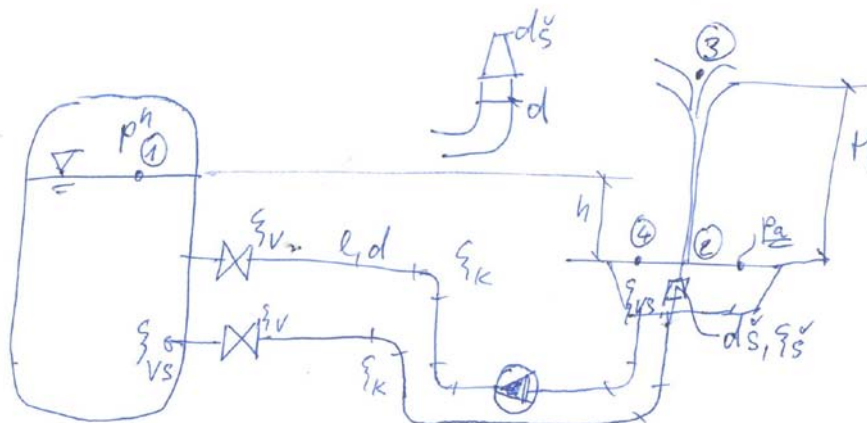
$$h = \frac{\frac{P \cdot \eta}{\dot{V}} - \rho g H_{izg}}{\rho g}$$

$$\rho g H_{izg} = \left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_{vst} \right) \frac{\rho}{2} v_1^2 + \left(\lambda_2 \frac{L_2}{d_2} + \xi_v + \xi_{izt} \right) \frac{\rho}{2} v_2^2$$

$$v_1 = \frac{4\dot{V}}{\pi d_1^2} \quad \text{in} \quad v_2 = \frac{4\dot{V}}{\pi d_2^2}$$

$$p_2^n = \rho g(z_1 - z_2) - \frac{\rho}{2} v_1^2 - \rho g \left(\lambda_1 \frac{L_1}{d_1} + \xi_{vst} \right) \frac{\rho}{2} v_1^2$$

Naloga 2: Vodomet



Vodomet je sestavljen iz rezervoarja s konstantnim nivojem vode in nadtlakom, iz dovodnega in odvodnega cevovoda, šobe in črpalke. Dolžini in premera cevovodov sta enaki ($L=20\text{m}$ in $d=5\text{ cm}$), premer šobe je $d_s=2\text{cm}$. Določite potrebni nadtlak in moč črpalke, če je višina vodometeta 4 m , izkoristek črpalke pa 80% . Višini na sliki sta $H=4\text{ m}$ in $h=1\text{ m}$. Lokalne izgube na vstopni strani cevi so $\xi_{vst} = 0,5$, na ventilu $\xi_v = 0,5$, na kolenu $\xi_k = 0,1$) in na šobi $\xi_s = 0,1$. Linijske izgube v ceveh so $\lambda = 0,03$. Gostota vode je 1000 kg/m^3 ,

Rešitev:

$$p^n = \frac{1}{2} \rho v_2^2 - \rho_g H + \rho_g H_{izg}$$

$$\rho_g H_{izg} = \left(\xi_{vst} + \xi_v + 3\xi_k + \lambda \frac{L}{d} + \right) \frac{\rho}{2} v_1^2 + \xi_s \frac{\rho}{2} v_2^2$$

$$v_2 = \sqrt{2gH} \quad \text{in} \quad v_1 = v_2 \left(\frac{d_s}{d} \right)^2$$

$$P = \frac{\pi d^2}{4} v_1 \frac{\left(p^n + \rho_g (H_{izg} + h) \right)}{\eta}$$

Stisljiv tok – idealni plin

Stacionaren tok – stacionarna energijska bilanca

$$\Delta \left(h + \frac{1}{2} \langle \vec{v}^3 \rangle + g\vec{r} \right) = \frac{\dot{Q}}{\dot{m}} - \frac{\dot{W}_{tr}}{\dot{m}} + \frac{\dot{W}_{meh}}{\dot{m}}$$

Stacionarna bilanca ohranitve mehanske energije

$$\Delta \frac{1}{2} \langle \vec{v}^3 \rangle + \Delta g\vec{r} + \int_1^2 \frac{1}{\rho} dp + \frac{\dot{W}_{tr}}{\dot{m}} - \frac{\dot{W}_{meh}}{\dot{m}} = 0$$

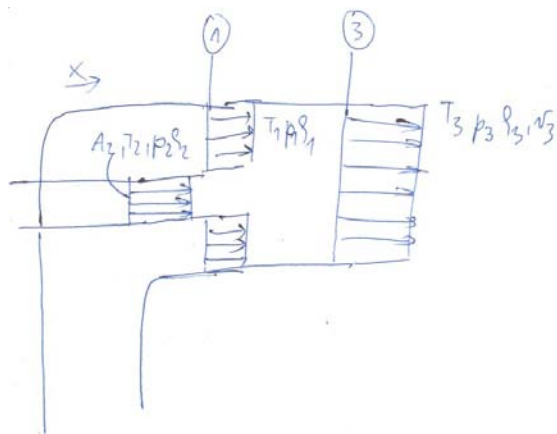
Za idealne pline velja:

$$\rho = \frac{pM}{RT} \quad \text{in} \quad \frac{p_1}{\rho_1^\kappa} = \frac{p_2}{\rho_2^\kappa}$$

$$\int_1^2 \frac{1}{\rho} dp = \frac{RT}{M} \int_{p_1}^{p_2} \frac{1}{p} dp = \frac{RT}{M} \ln \frac{p_2}{p_1}$$

$$\int_1^2 \frac{1}{\rho} dp = \frac{p_1^{\frac{1}{\kappa}}}{\rho_1} \int_{p_1}^{p_2} \frac{1}{p^{\frac{1}{\kappa}}} dp = \frac{p_1}{\rho_1} \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} - 1 \right] = \frac{p_1}{\rho_1} \frac{\kappa}{\kappa - 1} \left[\left(\frac{\rho_2}{\rho_1} \right)^{\kappa - 1} - 1 \right]$$

Naloga 3: Plinski injektor



Dva turbulentna tokova idealnega plina tečeta z različnimi hitrostmi, temperaturo in tlakom in se pomešata. Izračunaj hitrost, temperaturo in tlak rezultirajočega toka plina, če hitrosti, temperature in tlaka obeh tokov na prerezu (1) poznamo. Silo in silo trenja zanemarite. Porazdelitev hitrostnih profilov je uniformna. Pri kateri rešitvi je hitrost v_3 zvočna?

Rešitev:

$$v_3 = \frac{E}{\dot{m}_3} \frac{\kappa}{\kappa + 1} \left[1 \pm \sqrt{1 - 2 \frac{\kappa^2 - 1}{\kappa^2} \frac{\dot{m}_3 E}{G^2}} \right]$$

$$T_3 = \frac{M v_3}{R} \left(\frac{G}{\dot{m}_3} - v_3 \right)$$

$$p_3 = \frac{\rho_3 RT_3}{M}$$

kjer je:

$$\dot{m}_3 = \rho_1 v_1 A_1 + \rho_2 v_2 A_2$$

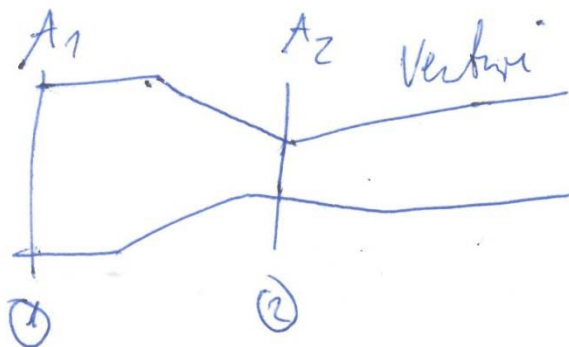
$$G = A_1 \rho_1 v_1^2 + A_2 \rho_2 v_2^2 + p_1 A_1 + p_2 A_2$$

$$E = \rho_1 v_1 A_1 \left[c_p T_1 + \frac{1}{2} v_1^2 \right] + \rho_2 v_2 A_2 \left[c_p T_2 + \frac{1}{2} v_2^2 \right]$$

Zvočna hitrost: $v_3 = c$

$$\frac{\kappa^2 - 1}{\kappa^2} \frac{\dot{m}_3 E}{G^2} = \frac{1}{2}$$

Naloga 4: Plinska Venturijeva šoba



Določite masni pretok idealnega plina skozi Venturijevo šobo, če upoštevamo, da je pretočni koeficient $C_D = 0,98$.

Rešitev:

$$\dot{m} = C_D \rho_2 A_2 \sqrt{\frac{2 \left(\frac{p_1}{\rho_1} \right) \left(\frac{\kappa}{\kappa - 1} \right) \left[1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{\kappa - 1}{\kappa}} \right]}{1 - \left(\frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{2}{\kappa}} \left(\frac{A_2}{A_1} \right)^2}}$$