

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 1:

$$P_A = -0.08 \text{ [bar]} = -0.08 \cdot 10^5 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

$$\delta_1 = 0.6 \text{ [-]}$$

$$P_D = 1.03 \text{ [bar}_{\text{abs}}\text{]} = 0.03 \text{ [bar]} = 0.03 \cdot 10^5 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

(1.1) שרשרת לחצים מנקודה A לקטע הפתוח

$$P_A + \gamma_x \cdot 1 = 0$$

$$\gamma_x = 0.08 \cdot 10^5 \text{ [N/m}^3\text{]}$$

$$\gamma_x = \rho_x \cdot g$$

$$\rho_x = 800 \text{ [kg/m}^3\text{]}$$

(1.2) שרשרת לחצים מהקטע הפתוח לנקודה B

$$0 - \gamma_x \cdot 1 = P_B$$

$$P_B = -8000 \text{ [N/m}^2\text{]} = P_A$$

$$P_C = -8000 \text{ [N/m}^2\text{]} = P_B$$

(בין נקודה B ל C שכבת אויר. לא משנה לחץ)

(1.3) שרשרת לחצים מנקודה C לנקודה D

$$P_C + \gamma_1 \cdot h_1 + \gamma_w \cdot 1 = P_D$$

$$-8000 + 0.6 \cdot 10^4 \cdot h_1 + 10^4 = 0.03 \cdot 10^5$$

$$h_1 = 0.1666 \text{ [m]}$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 2:

$$P_{\text{bar}} = 662 [\text{mmHg}] = 662 \cdot 10^5 / 760 = 87105 [\text{N/m}^2]$$

$$\delta_{\text{Hg}} = 13.6 [-]$$

$$P_A = 0.5 [\text{bar}] = 0.5 \cdot 10^5 [\text{N/m}^2]$$

(2.1) שרשרת לחצים מנקודה B לנקודה A

$$P_B + \gamma_w \cdot 0.5 - \gamma_{\text{Hg}} \cdot 0.5 - \gamma_w \cdot 1 = P_A$$

$$P_A - P_B = 0.5 \cdot 10^4 - 0.5 \cdot 13.6 \cdot 10^4 - 10^4 = -73,000 [\text{N/m}^2]$$

(2.2) שרשרת לחצים מנקודה A לנקודה X

$$P_A + \gamma_w \cdot 1 = P_X$$

$$P_X = 0.5 \cdot 10^5 + 10^4 = 60,000 [\text{N/m}^2]$$

(2.3)

$$P_B = P_A + 73000 = 0.5 \cdot 10^5 + 73000 = 123,000 [\text{N/m}^2]$$

(2.4)

$$P_{B(\text{abs})} = P_B + P_{\text{bar}} = 123000 + 87105 = 210,105 [\text{N/m}^2]$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 3:

$$\begin{aligned}d &= 200 \text{ [mm]} = 0.2 \text{ [m]} \\L &= 100 \text{ [m]} \\V &= 2.5 \text{ [m/s]} \\v &= 10^{-6} \text{ [m}^2\text{/s]} \\f &= 0.024 \text{ [-]} \\k_1 &= 0.9 \\k_2 &= 1.2\end{aligned}$$

(3.1) ספיקה

$$\begin{aligned}Q &= VA = V\pi d^2/4 = 2.5 * \pi * 0.2^2/4 = 0.07854 \text{ [m}^3\text{/s]} * 3600 = 282.7 \text{ [m}^3\text{/h]} \\&= 0.07854 * 1000 = 78.5 \text{ [l/s]}\end{aligned}$$

(3.2) סוג הזרימה

$$\begin{aligned}Re &= Vd/v = 2.5 * 0.2 / 10^{-6} = 500,000 > 2300 \\&\text{טורבולנטית}\end{aligned}$$

(3.3) ברנולי בין A ל B

$$\begin{aligned}Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g - \Sigma y_{AB} &= Z_B + P_B/\gamma + V_B^2/2g \\ \Sigma y_{AB} &= Z_A = H \\ H &= fLV^2/d2g + \Sigma kV^2/2g = 0.024 * 100 * (2.5)^2 / (0.2 * 20) + (2 * 0.9 + 1.2) * (2.5)^2 / 20 = 4.69 \text{ [m]}\end{aligned}$$

(3.4)

$$\begin{aligned}f &= 0.024 \rightarrow \text{moody} \\ Re &= 500,000 = 5 * 10^5 \rightarrow e/d = 0.002 \rightarrow e = 200 * 0.002 = 0.4 \text{ [mm]}\end{aligned}$$

(3.5) ברנולי בין A ל B

$$\begin{aligned}Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g - \Sigma y_{AB} &= Z_B + P_B/\gamma + V_B^2/2g \\ P_B/\gamma &= Z_A = 4.69 \text{ [m]} \\ P_B &= 4.69 * 10^4 \text{ [N/m}^2\text{]}\end{aligned}$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 4:

$$V_2 = 2 \text{ [m/s]}$$

(4.1) ספיקות

$$\begin{aligned} Q_2 &= V_2 A_2 = V \Pi d^2 / 4 = 2 * \Pi * (0.1)^2 / 4 = 0.015708 \text{ [m}^3/\text{s]} * 3600 = 56.55 \text{ [m}^3/\text{h]} \\ &= 0.015708 * 1000 = 15.7 \text{ [l/s]} \\ y_2 &= f_2 L_2 (V_2)^2 / (d_2 2g) = 3.75 \text{ [m]} \\ y_3 &= y_2 \\ R_3 &= 0.0811 f_3 L_3 / (d_3)^5 = 1335 \\ y_3 &= R_3 (Q_3)^2 \rightarrow Q_3 = (y_3 / R_3)^{0.5} = 0.053 \text{ [m}^3/\text{s]} = 190.8 \text{ [m}^3/\text{h]} = 53 \text{ [l/s]} \\ Q_1 &= Q_4 = Q_2 + Q_3 = 0.06871 \text{ [m}^3/\text{s]} = 247.35 \text{ [m}^3/\text{h]} \end{aligned}$$

(4.2) הפרש הגובה

$$\begin{aligned} y_1 &= 0.0811 f_1 L_1 (Q_1)^2 / (d_1)^5 = 3.59 \text{ [m]} \\ y_4 &= 0.0811 f_4 L_4 (Q_4)^2 / (d_4)^5 = 5.38 \text{ [m]} \\ \Sigma y &= y_1 + y_2 + y_4 = 12.72 \text{ [m]} \\ Z_A + P_A / \gamma + V_A^2 / 2g - \Sigma y_{AB} &= Z_B + P_B / \gamma + V_B^2 / 2g \\ V_B &= V_4 = Q_4 / A_4 = 2.18 \text{ [m/s]} \\ Z_A &= \Sigma y_{AB} + V_B^2 / 2g = 12.96 \text{ [m]} \end{aligned}$$

(4.3) אורך שקול

$$\begin{aligned} d &= 200 \text{ [mm]} = 0.2 \text{ [m]} \\ f &= 0.04 \text{ [-]} \\ y &= 3.75 \text{ [m]} \\ Q &= 0.06871 \text{ [m}^3/\text{s]} \\ y &= 0.0811 f L Q^2 / d^5 \rightarrow L = y d^5 / 0.0811 f Q^2 = 78.35 \text{ [m]} \end{aligned}$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 5:

$$\begin{aligned}d_1 &= 200 \text{ [mm]} = 0.2 \text{ [m]}, & L_1 &= 10 \text{ [m]}, & e_1 &= 0.4 \text{ [mm]} \\d_2 &= 150 \text{ [mm]} = 0.15 \text{ [m]}, & L_2 &= 50 \text{ [m]}, & e_2 &= 0.03 \text{ [mm]} \\ \eta_p &= 80\% = 0.8 [-] \\ Q &= 200 \text{ [m}^3/\text{h]} : 3600 = 0.05555 \text{ [m}^3/\text{s]} \\ k &= 0.9 [-] \\ \nu &= 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s]}\end{aligned}$$

(5.1) מקדמי חיכוך

$$\begin{aligned}A &= \Pi d^2/4 \rightarrow A_1 = 0.031416 \text{ [m}^2], & A_2 &= 0.01767 \text{ [m}^2] \\ V &= Q/A \rightarrow V_1 = 1.77 \text{ [m/s]}, & V_2 &= 3.14 \text{ [m/s]} \\ Re &= Vd/\nu \rightarrow Re_1 = 35400 = 3.5 \cdot 10^4, & Re_2 &= 471570 = 4.7 \cdot 10^5 \\ (e/d)_1 &= 0.002 [-], & (e/d)_2 &= 0.0002 [-] \\ \text{Moody} &\rightarrow f_1 = 0.028, & f_2 &= 0.016\end{aligned}$$

(5.2) עומד השאיבה

$$\begin{aligned}y_{L1} &= f_1 L_1 (V_1)^2 / (d_1 2g) = 0.22 \text{ [m]} \\ y_{L2} &= f_2 L_2 (V_2)^2 / (d_2 2g) = 2.63 \text{ [m]} \\ \Sigma y_{K1} &= 0 \\ \Sigma y_{K2} &= 2k(V_2)^2 / 2g = 0.9 \text{ [m]} \\ \Sigma y_{12} &= y_{L1} + y_{L2} + \Sigma y_{K2} = 3.75 \text{ [m]} \\ Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g + H_p - \Sigma y_{12} &= Z_2 + P_2/\gamma + V_2^2/2g \\ H_p &= \Sigma y_{12} + Z_2 = 3.75 + 25 = 28.75 \text{ [m]}\end{aligned}$$

(5.3) הלחץ בכניסה למשאבה

$$\begin{aligned}Z_1 + P_1/\gamma + V_1^2/2g - y_{L1} &= Z_{in} + P_{in}/\gamma + V_{in}^2/2g \\ P_{in}/\gamma &= Z_1 - y_{L1} - V_{in}^2/2g = 2 - 0.22 - (1.77)^2/20 = 1.62 \text{ [m]} \\ P_{in} &= 1.62 \cdot 10^4 \text{ [N/m}^2]\end{aligned}$$

(5.4) הספק המשאבה

$$\begin{aligned}N &= \gamma Q H_p = 10^4 \cdot 0.0555 \cdot 28.75 = 15972 \text{ [W]} \\ N_p &= N/\eta_p = 15972/0.8 = 19965 \text{ [W]} = 19.96 \text{ [kW]}\end{aligned}$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה, מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה תאריך: 18/7/18

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 6:

$$\begin{aligned}d_1 &= 75 \text{ [mm]} = 0.075 \text{ [m]} \\d_2 &= 50 \text{ [mm]} = 0.05 \text{ [m]}, \quad L_2 = 50 \text{ [m]}, \quad CH_{W2} = 85 \\ \eta_p &= 80\% = 0.8 [-] \\ H_p &= 45 \text{ [m]} \\ N_p &= 2.35 \text{ [kW]} = 2350 \text{ [W]} \\ v &= 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s]}\end{aligned}$$

(6.1) ספיקת המשאבה

$$\begin{aligned}N_p &= N/\eta_p \rightarrow N = N_p \cdot \eta_p = 2350 \cdot 0.8 = 1880 \text{ [W]} \\ N &= \gamma Q H_p \rightarrow Q = N/\gamma H_p = 1880/(45 \cdot 10^4) = 4.177778 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{s]} \cdot 3600 = \\ &= 15.04 \text{ [m}^3/\text{h]} = 4.178 \text{ [l/s]}\end{aligned}$$

(6.2) קריאת מד הלחץ ההבדלי

$$H_p = (P_C - P_B)/\gamma \rightarrow \Delta P_{BC} = \gamma H_p = 45 \cdot 10^4 \text{ [N/m}^2\text{]}$$

(6.3) הפסדי העומד בסניקה

$$\begin{aligned}Q &= 15 \text{ [m}^3/\text{h]}, \quad d = 50 \text{ [mm]}, \quad CH_W = 85 \rightarrow \text{nomograma} \rightarrow J = 300 \text{ [}^\circ/\text{m]} \\ y &= JL/1000 = 300 \cdot 50/1000 = 15 \text{ [m]}\end{aligned}$$

(6.4) הפרש הגובה

$$\begin{aligned}A_2 &= \Pi(d_2)^2/4 \\ V_2 &= Q/A_2 = 2.13 \text{ [m/s]} \\ Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g + H_p - \Sigma y_{AD} &= Z_D + P_D/\gamma + (V_D)^2/2g \\ Z_D &= H_p - \Sigma y_{AD} - (V_D)^2/2g = 45 - 15 - (2.13)^2/20 = 29.77 \text{ [m]}\end{aligned}$$

פתרון מוצע לבחינת מה"ט – הידראוליקה (91224)
מועד: קיץ תשע"ח, שהתקיימה בתאריך: 11/7/18 בעריכת גב' סוניה אריאלי
- המכללה הטכנולוגית להנדסאים אורט בראודה

שאלה מספר 7:

$$P_A = 3.5 [\text{bar}_{\text{abs}}] = 2.5 [\text{bar}] = 2.5 \cdot 10^5 [\text{N/m}^2]$$

$$Q = 150 [\text{m}^3/\text{h}]:3600 = 0.04167 [\text{m}^3/\text{s}]$$

(7.1) הפסדי העומד

$$A = \Pi d^2/4, \quad V = Q/A, \quad y = f l V^2/d2g$$

$$A_1 = 0.01767 [\text{m}^2], \quad V_1 = 2.36 [\text{m/s}], \quad y_1 = 6.96 [\text{m}]$$

$$A_2 = 0.03142 [\text{m}^2], \quad V_2 = 1.33 [\text{m/s}], \quad y_2 = 2.65 [\text{m}]$$

$$A_3 = 7.854 \cdot 10^{-3} [\text{m}^2], \quad V_3 = 5.3 [\text{m/s}], \quad y_3 = 36.87 [\text{m}]$$

(7.2) גובה המפלס H

$$Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g - \Sigma y_{AD} = Z_D + P_D/\gamma + (V_D)^2/2g$$

$$H = Z_A = (V_D)^2/2g - P_A/\gamma + \Sigma y_{AD} = (5.3)^2/20 - 2.5 \cdot 10^5/10^4 + (6.96+2.65+36.87) =$$

$$= 22.9 [\text{m}]$$

(7.3) גובה המים בצינורית h

$$Z_A + P_A/\gamma + V_A^2/2g - \Sigma y_{AM} = Z_M + P_M/\gamma + (V_M)^2/2g$$

$$P_M/\gamma = Z_A + P_A/\gamma - \Sigma y_{AM} - (V_M)^2/2g = 22.9 + 2.5 \cdot 10^5/10^4 - (6.96+2.65/2) - (1.33)^2/20 =$$

$$39.5 [\text{m}]$$

$$P_M = \gamma h \rightarrow h = P_M/\gamma = 39.5 [\text{m}]$$

(7.4) לחץ הדיחוס עבור דלק

$$Z_A + P_A^*/\gamma + V_A^2/2g - \Sigma y_{AD} = Z_D + P_D/\gamma + (V_D)^2/2g$$

$$P_A^*/\gamma = (V_D)^2/2g - Z_A + \Sigma y_{AD} = (5.3)^2/20 - 22.9 + (6.96+2.65+36.87) = 25 [\text{m}]$$

$$P_A^* = 25 \cdot 0.8 \cdot 10^4 = 200,000 [\text{N/m}^2] = 2 [\text{bar}]$$