

Løsning øving 10

Oppgave 6.4

For strømning av SAE10 olje gjennom et rør med diameter 5 cm.

For hvilken volumstrøm Q kan vi forvente oss overgang til turbulent strømning dersom temperaturen er: a) 20°C b) 100°C

Data:

Tetthet, $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$

Dynamisk viskositet (20°C): $\mu_{20} = 1,04 \text{ E-1 kg/(ms)}$

Dynamisk viskositet (100°C):

Bruker uttrykket i tabell A3: $\mu_{100} = \mu_{20} \exp(15,7 (293/372 - 1)) = 3,59 \text{ E-3}$

Ved $Re_d > 2300$ har vi kritisk strømning i rør.

$$Ud/v = 2300 \quad (1)$$

$$\text{Massestrøm } Q = UA \Rightarrow U = Q/A = 4Q/\pi d^2 \quad (2)$$

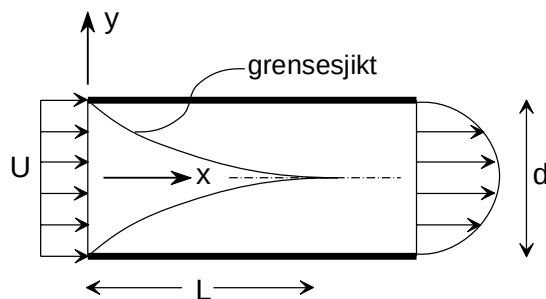
Setter (2) inn (1): $Q = 2300 \pi/4 v d$

Volumestrøm ved temperatur lik:

a) 20°C : $Q = 1,08\text{E-2 m}^3/\text{s} = 39\text{m}^3/\text{h}$

b) 100°C : $Q = 1,3 \text{ m}^3/\text{h}$

Oppgave 6.8 Bestem innløpslengden L (m) for a) $Q = 0.001 \text{ m}^3/\text{s}$ og b) $Q = 0.03 \text{ m}^3/\text{s}$.



Gitt SAE10 olje, $T = 20^\circ\text{C}$:
 $\mu = 0.104 \text{ kg/ms}$, $\rho = 870 \text{ kg/m}^3$.

Bestemmer først Reynoldstallet for å finne ut om strømningen er laminær eller turbulent (for rørstrømning går grensen på $Re = 2300$):

$$Re \equiv \frac{Ud}{\nu} = \frac{\rho U d}{\mu} = \frac{\rho d 4Q}{\mu \pi d^2} = 3.55 \cdot 10^5 \cdot Q$$

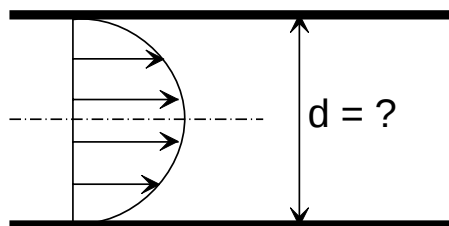
a) $Re = 355 < 2300 \Rightarrow$ laminært. Da bruker vi likning (6.5) for innløpslengden L :

$$\frac{L}{d} \approx 0.06 \cdot Re \Rightarrow \underline{\underline{L \approx 0.64 \text{ m}}}$$

b) $Re = 10650 > 2300 \Rightarrow$ turbulent. Da bruker vi likning (6.6) for innløpslengden L :

$$\frac{L}{d} \approx 4.4 \cdot Re^{1/6} \Rightarrow \underline{\underline{L \approx 0.62 \text{ m}}}$$

Oppgave 6.23 Bestem den minste diameteren d slik at: (1) laminær strøm og
(2) trykkfall $< 100 \text{ Pa/m}$.



Gitt: Glyserin, $T = 20^\circ\text{C}$: $\mu = 1.49 \text{ kg/ms}$,
 $\rho = 1260 \text{ kg/m}^3$, $Q = 3.1 \text{ m}^3/\text{s}$.

(1) Laminær strømning: $Re < 2300$. Her:

$$Re \equiv \frac{Ud}{\nu} = \frac{4Qd}{\pi \nu d^2} \leq 2300 \Rightarrow d \geq 1.45 \text{ m}$$

(2) Trykkfall $< 100 \text{ Pa/m}$. Fra Hagen, likning (6.44):

$$\frac{\Delta p}{L} = \frac{128\mu Q}{\pi d^4} \leq 100 \Rightarrow d \geq 1.17 \text{ m}$$

Her må vi velge $d \geq 1.45 \text{ m}$.

Oppgave 6.49 Finn maksimal ruhet i røret når det leverer 11 m^3 vann, 20°C , pr time.

Gjennomsnittshastighet: $V = Q/A = 4Q/(\pi d^2) = 4.32 \text{ m/s}$

Reynoldstallet: $Re_d = Vd/\nu = 129700$

Energilikningen (alt tap skjer over rørlengden L):

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad \text{her: } p_1 = p_2 = p_{\text{atm}}, \quad V_1 \approx 0, \quad V_2 = V = 4.32 \text{ m/s}$$

$$\Rightarrow h_f = z_1 - z_2 - \frac{V^2}{2g} = 3.05 \text{ m}$$

Fra definisjonen av friksjonsfaktoren:

$$h_f = \frac{fV^2L}{2gd} \Rightarrow f = \frac{h_f 2gd}{V^2L} = 0.0192$$

Finner maksimal ruhet fra Moody's formel:

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2.0 \log \left[\frac{\varepsilon/d}{3.7} + \frac{2.51}{\text{Re}_d f^{1/2}} \right] \Rightarrow \frac{\varepsilon}{d} = 3.7 \left(10^{\frac{-1}{2f^{1/2}}} - \frac{2.51}{\text{Re}_d f^{1/2}} \right) = \underline{\underline{0.012 \text{ mm}}}$$

Oppgave 6.61

Finn volumstrømmen i en 1 km lang rørledning av “commercial steel” med 5° helning.

Energilikningen:

$$\frac{p_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} + z_1 = \frac{p_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + z_2 + h_f \quad \text{her: } p_1 = p_2 = p_{\text{atm}}, V_1 = V_2$$

$$\Rightarrow h_f = z_1 - z_2 = L \sin 5^\circ$$

Kan uttrykke V ved friksjonsfaktoren:

$$h_f = \frac{f V^2 L}{2g d} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{L \sin 5^\circ 2g d}{f}}$$

Setter denne hastigheten inn i Moody's formel (inn i Re):

$$\frac{1}{f^{1/2}} = -2.0 \log \left[\frac{\varepsilon/d}{3.7} + \frac{2.51 \cdot v}{d (2g d \sin 5^\circ)^{1/2}} \right]$$

$$\Rightarrow f = 0.179, V = 3.09 \text{ m/s}, Q = VA = \underline{\underline{0.0243 \text{ m}^3/\text{s} = 87 \text{ m}^3/\text{time}}}$$