

Øving 8 – 2022

Oppgave 1: Pumpeberegning

Centrifugal pump: Water is to be pumped from one open reservoir to another, located at an elevation 15 m higher. The piping has inner diameter 130 mm, and total length 73 m, and is equipped with a manual control valve. Other data are as follows:

Density, water:	ρ	=	1000 kg/m ³
Darcy friction factor:	f_D	=	0.02
Valve resistance, fully open:	ζ	=	1.5

Figure 1 shows the characteristic curve for the chosen pump, running at 2900 rpm.

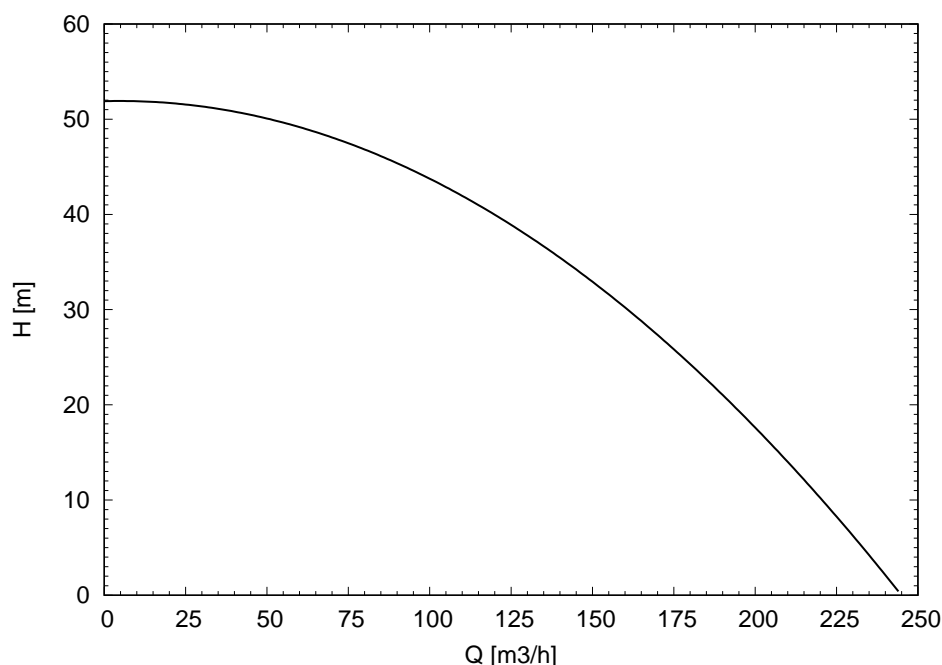


Figure 1: Characteristic curve for centrifugal pump

- Show that the pressure difference between pump outlet (p_1) and piping outlet ($p_2 = 1 \text{ atm}$) will be 2.05 bar for a flow of 144 m³/h (= 0.04 m³/s).
- What will the "natural" flow rate be with the pump installed, and the valve fully open ?
- Controlling the flow by reducing the valve opening implies increasing the value of the resistance coefficient ζ . To what value must this be raised to achieve a flow of 150 m³/h ?

Frictional pressure drop:

$$\Delta p_d = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{4 \dot{Q}}{\pi D^2} \right)^2 \cdot f_D \frac{L}{D} \quad (\text{pipe})$$

$$\Delta p_d = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{4 \dot{Q}}{\pi D^2} \right)^2 \cdot \zeta \quad (\text{valve})$$

ENP100: Prosess og produksjon, Høst 2022

Oppgave 2: Kompressorberegning

Naturgass med $\gamma_g = 0.68$ og $k = 1.24$ skal komprimeres fra $p_1 = 2.5$ bar / $T_1 = 36$ °C til $p_2 = 8.0$ bar.

Til dette skal man bruke en en-sylindret, enkeltvirkende stempelkompressor med slagvolum V_s og clearance volume $V_c = \varepsilon \cdot V_s$.

Gassen kan regnes ideell, og kompresjonsprosessen er isentropisk, i.e. foregår uten varmeveksling og mekaniske energitap.

- Beregn arbeid pr. masseenh. for selve kompresjonslaget (i.e. uten utblåsning) fra ligning (11.36), eller tilsvarende¹.
- Beregn arbeid pr. masseenh. for utblåsningen.
- Anta at du ikke vet noe om hva slags kompressor det er, og beregn arbeidet pr. masseenh. fra lign (11.48) eller (11.49).

Hvorfor samsvarer ikke dette med summen av de to ovenstående bidragene ?

Optional:

Et delvis svar på spørsmålet over er at kompresjons- og utblåsningsbidraget refererer seg til forskjellig masse: For det første er slagvolumet V_s ("swept volume") alltid litt mindre enn det totale sylindervolumet, jfr. "clearance volume", $V_c = \varepsilon \cdot V_s$. For det andre er innsugd gassvolum alltid litt mindre enn slagvolumet, jfr volumetrisk virkningsgrad, $\eta_V = (V_s - \Delta V_s)/V_s$.

- Hva blir arbeidet for kompresjon + utblåsning referert til gjennomstrømmet masse \dot{m} , når forholdet mellom hele massen i sylindren og gjennomstrømmet masse er $\dot{m}_c/\dot{m} = 1.3$?
- Teoretisk kommer arbeid for tilbakeekspansjon + innsuging til fratrekk. Hva blir nå det totale kompresjonsarbeidet pr. gjennomstrømmet masseenh. ?

(Massen som ekspanderes er $\dot{m}_e = \dot{m}_c - \dot{m}$, og ja; det skal tilsvare resultatet fra (11.49))

Referanser

- [1] Guo, B., Liu, X., Tan, X.: *Petroleum Production Engineering*, 2nd Ed., Gulf Professional Publishing, 2017, ISBN 978-0-12-809374-0

¹Trykkforhold og volumforhold, samt $p v$ og $R T$ kan kombineres fritt i disse ligningene