DE TRE "RØRSTRØMSPROBLEMTYPENE"

For et enkelt rør, går alle ut på løsning av likningen

$$h_f = f\,\frac{L}{D}\,\frac{V^2}{2g}$$

hvorav 3 problemtyper

I. Å finne h_f når alle de andre størrelsene er kjent

II. " " $V(Q)$ " " " " " " "

III. " " D " " " " " " "

For type I finnes selvsagt løsningen ved direkte innsetting.
Det er ikke tilfelle for II og III, siden f avhenger av V, via Reynoldstallet.
Disse to typene kan løses ved <u>iterasjon</u>, siden f er en langsomt varierende funksjon av Re.

Illustrert for <u>type II</u>:

$$\frac{h_f}{L} = \frac{f}{D}\frac{V^2}{2g} \Rightarrow \qquad V = \frac{\text{konstant}}{f^{1/2}}$$

Iterasjonsloop:

- Velg startverdi for f
- Finn $V = \dfrac{\text{konstant}}{f^{1/2}}$
- Finn derav Re
- Finn så f fra Moody-diagrammet
- Konvergens?

<u>Nei</u>

<u>Ja</u>; i så fall, <u>V funnet</u>!

Illustrert for type III : (D ukjent)

Et sett av likninger må itereres.

$$\frac{e}{D} = \frac{\text{konstant}}{D}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{\text{konstant}}{D^2}$$

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{\text{konstant}}{D}$$

$$h_f = \text{konstant} = f\frac{L}{D}\frac{V^2}{2g} \Rightarrow \quad D^5 = \text{konstant} \times f$$

Iterasjonsloop:

- Velg startverdi for f
- Finn $D = \text{konstant} \times f^{1/5}$
- Finn $\frac{e}{D}$ og V
- Finn Re
- Finn $f = f\left(Re, \frac{e}{D}\right)$ fra Moody-diagrammet

Konvergens?

Nei

Ja; i så fall er D funnet!

Tommelfingerregler for f_{start}, hvis ikke annen info er tilgjengelig:

Type II : Prøv f-verdien i grensen $Re \to \infty$, for gitt e/D

Type III : Velg en f-verdi "midt i" Moody-diagrammet

Eksempler: 8.5 og 8.6 fra læreboka.

Sample Problem 8.5 Water at 20°C flows in a 500-mm-diameter welded steel pipe. If the friction loss gradient is 0.006, determine the flow rate: (*a*) using Fig. 8.11; (*b*) using only a basic scientific calculator,[17] without Fig. 8.11.

Solution

This is a Type 2 problem, to find Q.

Table 8.1 for welded steel: $e = 0.046$ mm; $e/D = 0.046/500 = 0.000\,092$

Table A.1 at 20°C: $\nu = 1.003 \times 10^{-6}\ \mathrm{m^2/s}$, $h_L/L = 0.006$ is given

From Eq. (8.10): $\dfrac{h_L}{L} = \dfrac{f}{D}\dfrac{V^2}{2g}$, i.e. $0.006 = \dfrac{fV^2}{0.5(2)9.81}$

from which $V = 0.243/f^{1/2}$.

(*a*) Fig. 8.11 for $e/D = 0.000\,092$: $f_{\text{min}} \approx 0.0117$.

Try $f = 0.0117$. Then $V = 0.243/(0.0117)^{1/2} = 2.25$ m/s.

Eq. (8.1): $\mathbf{R} = \dfrac{DV}{\nu} = \dfrac{0.5(2.25)}{1.003 \times 10^{-6}} = 1.120 \times 10^6$ (turbulent flow)

Figure 8.11 with $e/D = 0.000\,092$ and $\mathbf{R} = 1.120 \times 10^6$: $f = 0.0131$. Assumed and obtained f values are different, so we must try again. Tabulating this and subsequent trials:

Try f	V, m/s	$\mathbf{R}$	Obtained f	
0.0117	2.25	1.120×10^6	0.0131	Try again
0.0131	2.12	1.059×10^6	0.0131	Converged!

f values now agree, so we have the true operating point.

$$Q = AV = (\pi/4)D^2V = (\pi/4)(0.5)^2 2.12 = 0.416\ \mathrm{m^3/s} \qquad \textit{ANS}$$

Note: Care is needed to read Fig. 8.11 accurately.

(*b*) Eq. (8.39) for e/D = 0.000 092: $f_{\text{min}} = 0.01179$. Calculate V and $\mathbf{R}$ as above, then obtain improved f from Eq. (8.41). Tabulating this and subsequent trials:

Try f	V, m/s	$\mathbf{R}$	Obtained f	
0.01179	2.23	1.114×10^6	0.013 09	Try again
0.01309	2.12	1.057×10^6	0.013 15	Converged!

$$Q = AV = (\pi/4)(0.5)^2(2.12) = 0.416\ \mathrm{m^3/s} \qquad \textit{ANS}$$

8.6, omregnet til SI-enheter

Et galvanisert jernrør, $L = 5486$ m, skal transportere etanol ($\nu = 2.14 \times 10^{-6}$ m²/s) med volumstrømrate $Q = 8.52$ l/s. Finn nødvendig rørdiameter, hvis $h_f = 65.5$ m.

4 likninger inngår i iterasjonene (undertrykk SI-enhetene):

$$\frac{e}{D} = \frac{0.15\text{ mm}}{D} \Rightarrow \frac{e}{D} = \frac{0.00015}{D}$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{4}{\pi}\frac{Q}{D^2} = \frac{4}{\pi}\frac{0.00852}{D^2} \Rightarrow V = \frac{0.01085}{D^2}$$

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{D}{2.14\times10^{-6}}\,\frac{0.01085}{D^2} \Rightarrow Re = \frac{5070}{D}$$

$$h_f = 65.5 = f\,\frac{5486}{D}\,\frac{1}{2\times 9.81}\left(\frac{0.01085}{D^2}\right)^2 \Rightarrow D^5 = 0.000503\,f$$

$$D = 0.2189\,f^{1/5}$$

Prøv startverdi "midt i diagrammet", siden type III:

Prøve-f	D(m)	e/D	Re	f_{moody}	Konvergens?
0.0300	0.1086	0.00138	46685	0.0253	Nei
0.0253	0.1049	0.00143	48331	"0.0253"	(J)ja

$$\Rightarrow \quad \underline{D = 10.5\text{ cm}}$$

8.18/8.19 Empiriske og ikke-rigorøse likninger for rørstrøm

Glem dem boka nevner!

Husk derimot:
i petroleumsteknologi brukes av og til Panhandle-uttrykket for f for å gjøre raske overslag;
det er en Blasius-type formel, med potensen litt justert.
Slik sett er også Haaland-formelen en empirisk likning.