

## DE TRE "RØRSTRØMSPROBLEMTYPERE"

Først enkelt rør, går alle ut på løsning av tilnigningen

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

hvorav 3 problemtyper

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

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

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

Før type I jimes selvagt løsningen ved direkte innsætting.

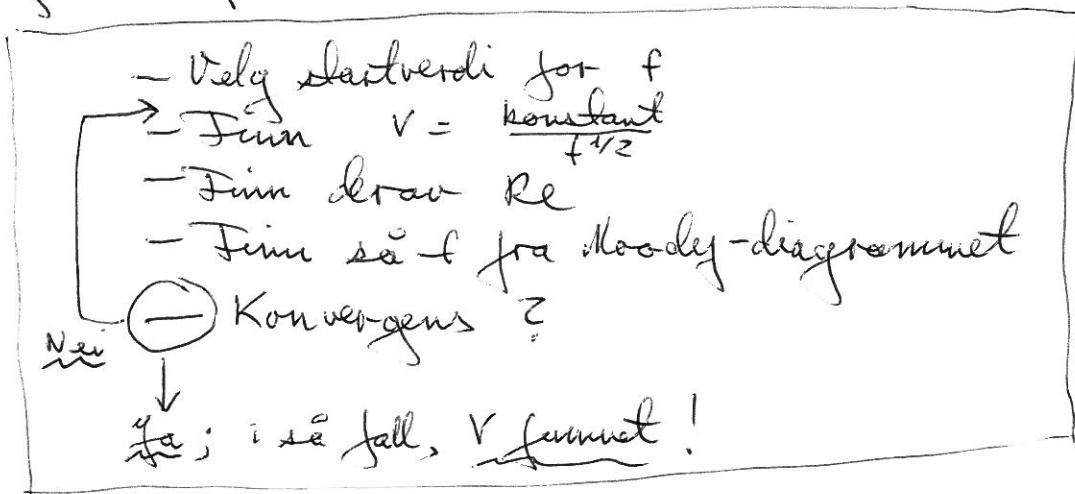
Det er ikke tilfelle for II og III, siden  $f$  avhenger av  $V$ , via Reynolds-tallet.

Disse to typene kan løses ved iterasjon, siden  $f$  er en langsomt varierende funksjon av  $Re$ .

Illustrert for type II :

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

Iterasjonsloop :



Illustrert for type III: (D ukjent)

Et sett av likninger må itereres:

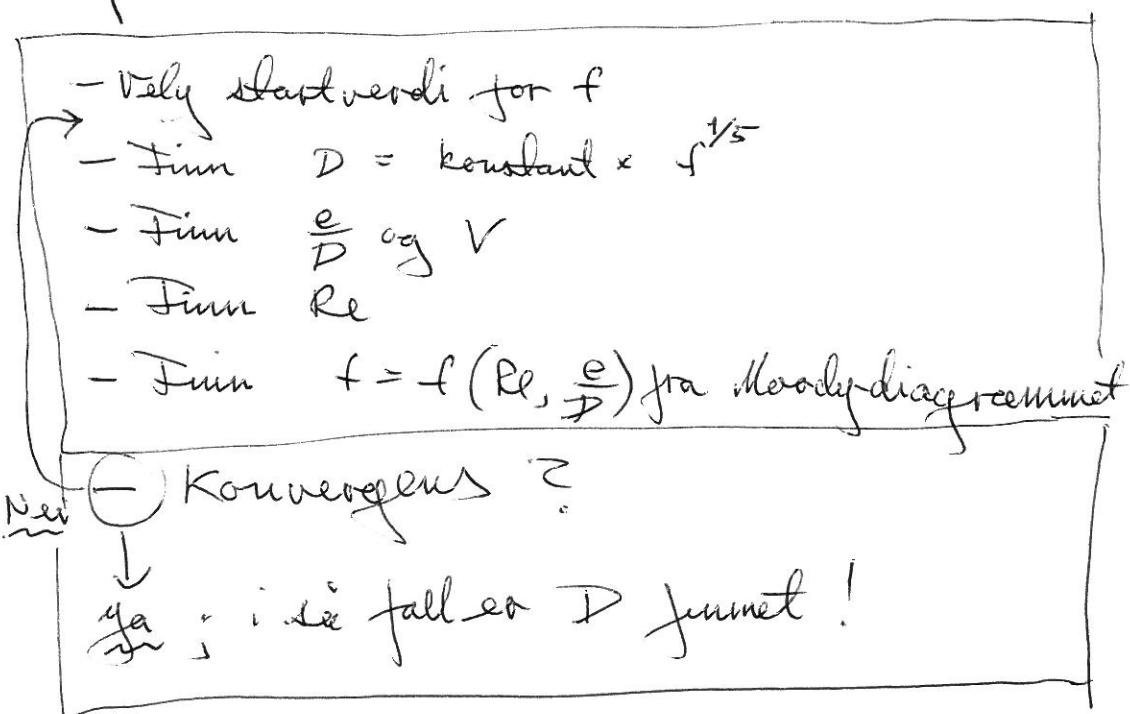
$$\frac{e}{D} = \frac{\text{konstant}}{D}$$

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

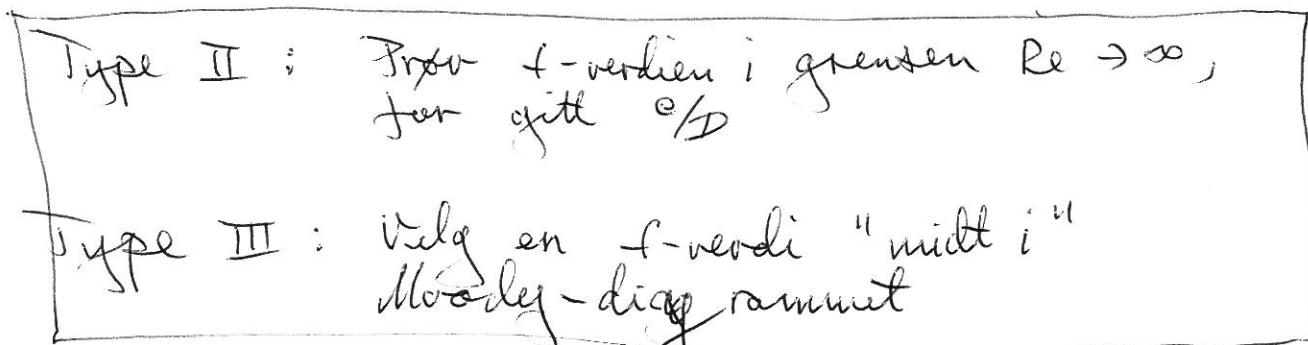
$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{\text{konstant}}{\nu}$$

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

Iterasjonsloop:



Dannet fingerregler for - start, hvis ikke annen info er tilgjengelig:



Eksamler: 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,<sup>17</sup> without Fig. 8.11.

**Solution**

This is a Type 2 problem, to find  $Q$ .

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### 8.6, omregnet til SI-enheter

Et galvanisert jernrør,  $L = 5486 \text{ m}$ , skal transportere etanol ( $\nu = 2.14 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ ) med volumetrommetri  $Q = 8.52 \text{ l/s}$ . Finn nødvendig rørdiameter, hvis  $h_f = 65.5 \text{ m}$ .

Vi likninger innfør i tetrasjonene (undertrykk SI-enheter):

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

$$\frac{e}{D} = \frac{0.00015}{D}$$

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

$$Re = \frac{DV}{\nu} = \frac{D}{2.14 \times 10^{-6}} \frac{0.01085}{D^2} \Rightarrow Re = \frac{5070}{D}$$

$$h_f = 65.5 = f \frac{5486}{D} \frac{1}{2 \times 9.81} \left( \frac{0.01085}{D^2} \right)^2 \Rightarrow D^5 = 0.000503 \quad f \\ D = 0.2189 \quad f^{1/5}$$

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

Første-f	D(m)	%	Re	f <sub>moody</sub>	Konvergens?
0.0300	0.1086	0.00138	46685	0.0253	Nei
0.0253	0.1049	0.00143	48331	"0.0253"	(+) ja

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

8.18/8.19 Empiriske og ikke-rigorselle  
likninger for overlegg

Glem dem bøka nener!

Husk derimot:

→ petroleumsteknologi brukes av og til  
Panhandle-uttrykket for + for å frarække  
overlegg;

det er en Fairus-type formell, med  
polinmen lett justert.

Slike sett er også Haaland-formelen en  
empirisk likning.