

8.12 RØRS RUHET

Nikuradse utførte eksperimenter for å bestemme
 $f = \phi(Re, \frac{e}{D})$

På bakgrunn av den fante Prandtl

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{Re \sqrt{f}}{2.57} \right) \quad \text{"Glatte rør-loven"}$$

Gjelder i praksis for alle "glatte rør" med $Re > 4000$.

I grensen av ru rør ($Re \rightarrow \infty$) fant
 von Kármán at

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = 2 \log_{10} \left(\frac{3.7}{e/D} \right) \quad \text{"Ru-rør-loven"}$$

Uavhengig av Re ! Hvorfor?

Intuitivt:

Hvis først $\delta_1 < e$, er det ikke lenger noe
 som avhenger av Reynoldstallet -
 i grensen $Re \rightarrow \infty$ med $f \rightarrow \text{konstant}$

To "skjøteformler" uten fysisk begrunnelse:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left(\frac{e/D}{3.7} + \frac{2.57}{Re \sqrt{f}} \right) \quad (\text{Colebrook})$$

Ikke
 helt
 fysisk

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -1.8 \log_{10} \left(\left(\frac{e/D}{3.7} \right)^{1.1} + \frac{6.9}{Re} \right) \quad (\text{Haaland})$$

Colebrook: Nøyaktig $\pm 10-15\%$ fra eksperimentelle data

Haaland: Avvik fra Colebrook innenfor $\pm 1.5\%$
 for $4000 < Re < 10^8$ - og er eksplisitt

Selv formen forutsægt dimensjonsanalyse!

OBS :

Ingen entydig definition af ruhet findes ; beskrivelsen her er in-parameter-beskrivelse.

$\frac{e}{D}$ kaldes relativ ruhet.

Blasius (1913) fandt :

$$\left. \begin{aligned} f &= \frac{0.316}{Re^{1/4}} \\ \frac{u}{u_{max}} &= \left(\frac{y}{r_0} \right)^{1/2}, \quad y = r_0 - r \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{"Glat" rør,} \\ 3000 < Re < 10^5 \end{array}$$

Dette er et tilpasningsudtryk ; en potensafhængighed var ingen fysisk begrundelse. Stemmer med at man observerer at $h_L \sim V^{1.75}$ for turbulent strøm i glatte rør.

8.13 DIAGRAM FOR FRIKSJONSFAKTOR

Moody-diagrammet viser grafisk indholdet i de foregående kapitler.

DIAGRAM NESTE SIDE

Typiske usikkerheder :

$$\left. \begin{aligned} \pm 5 \% & \text{ glatte rør} \\ \pm 10 \% & \text{ ru rør} \end{aligned} \right\} \begin{array}{l} \text{bl.a. pga.} \\ \text{at kurverne} \\ \text{gælder for} \\ \text{nye rør} \end{array}$$

Løsning på problemer ved brug af diagrammet, hvis hastighed ukendt :

Estimer en f -værdi, og iterer.

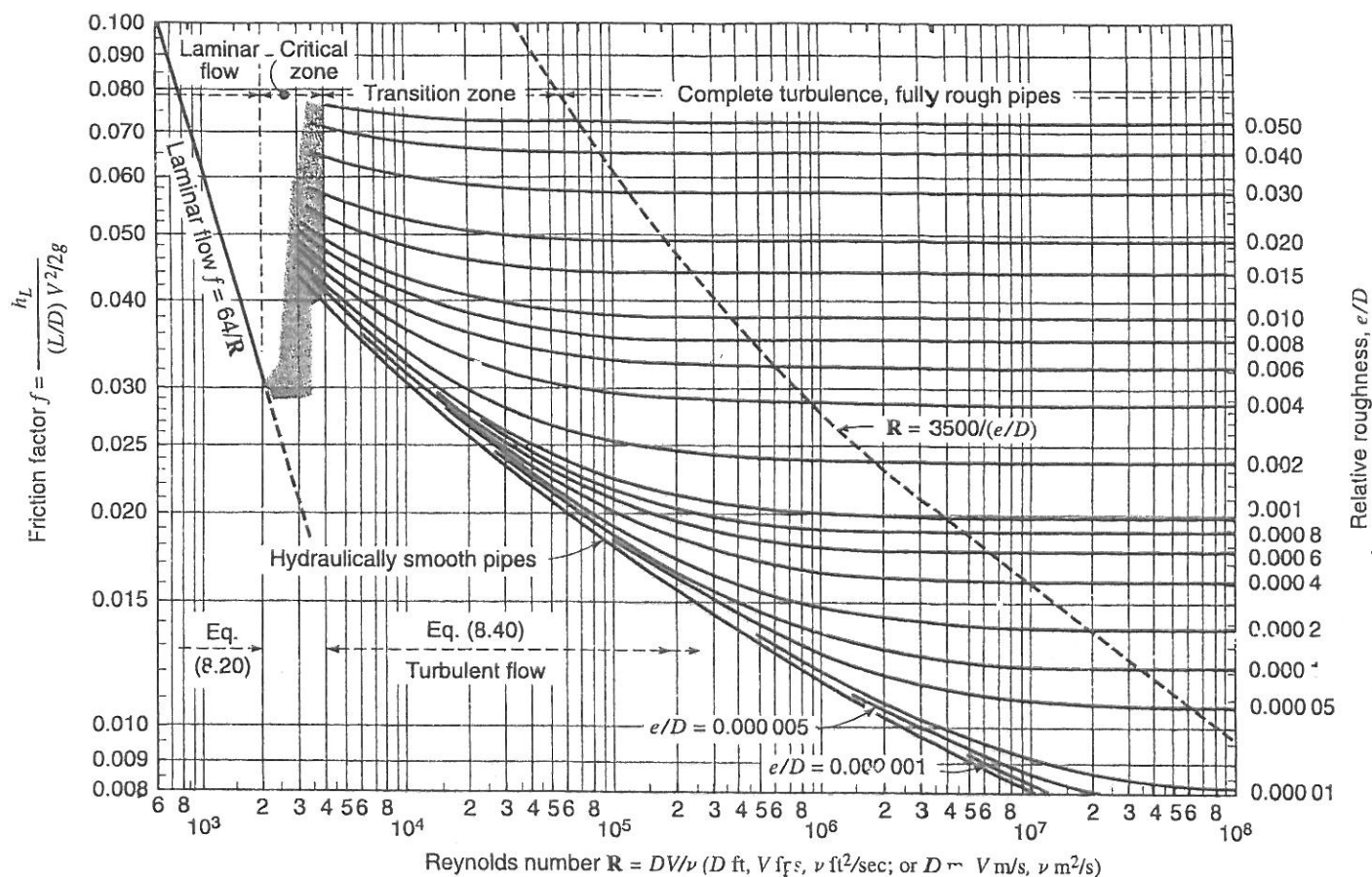


Table 8.1
Values of absolute roughness e for new commercial pipes

	Feet	Millimeters
Glass, plastic (smooth)	0.0	0.0
Drawn tubing, brass, lead, copper, centrifugally spun cement, bituminous lining, transite	0.000 005	0.0015
Commercial steel, wrought iron, welded-steel pipe	0.000 15	0.046
Asphalt-dipped cast iron	0.000 4	0.12
Galvanized iron	0.000 5	0.15
Cast iron, average	0.000 85	0.25
Wood stave	0.0006–0.003	0.18–0.9
Concrete	0.001–0.01	0.3–3
Riveted steel	0.003–0.03	0.9–9