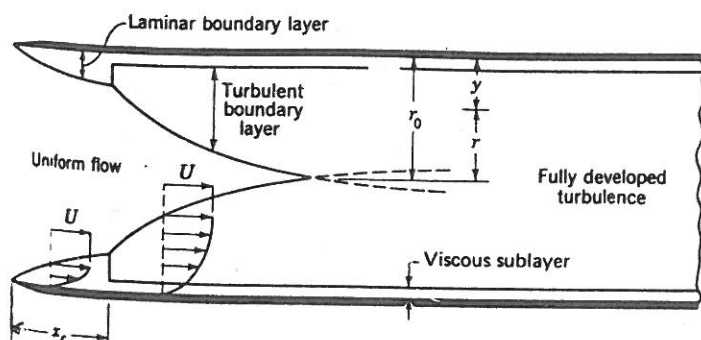


8.10 VISKØST SUBSJKT I TURBULENT STRØM

Store $Re \Rightarrow$ neglisjerbart friksjonsledd i N-S-likningen
Men her en rørvegg må friksjonen bli viktig, uansett strømmers Reynolds tall!

Anslagsbetingelser, turbulent strøm, i rør:



(Figuren sterkt komprimert i lengderetninga!)

Det voksende laminære grensesjiktet blir ustabilt og danner turbulent grensesjikt, som vokser og etablerer full rørstrøm. (Etter ca. 50 rørdiametre)

Overgang ved (til turb. sj.)

$$Re_x = \frac{Vx}{\nu} \sim 500\,000$$

En laminær rest - et viskøst grensesjikt - blir tilbake. Tykkelse noen få hundredeels millimeter.

Grunn for dette kan man danne en ^{"naturlig"} hastighetskala:

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0}{\rho}}$$

skjerspennings- / DIMENSJON: hastigheten / hastighet

τ_0 og ρ er "karakteristiske" størrelser i subsjiktet

Grunn for subsjiktet kan hastighetsprofilen vanskelig skilles fra en rett linje:

Autor τ konstant τ

$$\tau_0 = \mu \frac{u}{y}$$

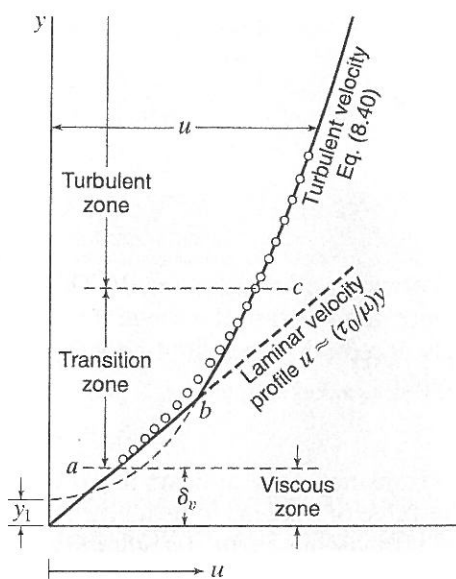
Argument, egentlig: "Hvordan skulle det ellers være?"

Eliminer $\frac{\tau_0}{\rho} \Rightarrow \frac{\nu u}{y} = u_*^2$

$$\frac{u}{u_*} = \frac{y u_*}{\nu}$$

$$\frac{\tau_0}{\rho} = u_*^2$$

$$\frac{\tau_0}{\rho} = \nu \frac{u}{y}$$



Ved plotting av totalt hastighetsprofil må man ha en overgang fra laminært til turbulent profil. Den innre relasjonen gjelder tilnærmet for

$$0 \leq \frac{y u_*}{\nu} \leq 5$$

$\Rightarrow$ tykkelsen av det viskøse subsjektet er pr. def. fin

$$\delta_v = 5 \frac{\nu}{u_*}$$

Overgangssonen er estimert som avstanden ut til

$$70 \frac{\nu}{u_*} = 14 \delta_v$$

- uta for at viskøse effekter neglisjerbare.

Siden
(se avsnitt 8.5)

$$\tau_0 = \frac{f}{4} \rho g \frac{V^2}{2g}$$

o/o

Jas

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau_0'}{\rho}} = \sqrt{\frac{f'}{8}}$$

Med Reynolds talls definisjon

$$Re = \frac{Dv}{\nu}$$

og

$$y = \delta_v = 5 \frac{\nu}{u_*}$$

Jas:

$$\delta_v = \frac{14.14 \nu}{\sqrt{f'}} = \frac{14.14 D}{Re \sqrt{f'}}$$

$$\left(\frac{5}{8} \approx 14.14 \right)$$

Subsjektiviteten avtar når Re øker!

Hvis $\delta_v \gg$ utspreiingen av ujevnheter, er røret "hydrodynamisk glatt".

Hvis ujevnhetene stikker ut gjennom subjektet er røret fullt ru.

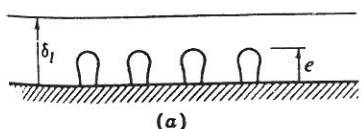
Overgangssonen er røret verken fullstendig glatt eller fullstendig ru.

Med $e =$ ujevnhetsutspreiing: Overgangssonen er

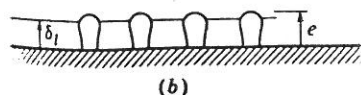
(Beg.
ru
utgjør)

$$\delta_v < e < 14 \delta_v$$

(Fullt
ru
utgjør)



(a)



(b)

Lavere Re , $\delta_v > e$, "glatt" rør

Forholdsvis høye Re , $\delta_v < e$;
 $\delta_v < \frac{1}{14} e$ gir "fullt ru rør"