5. ENERGIBETRAKTINGER FOR STASJONÆR STRØM

Skal se på energibevarelse ved strøm i reell fluid,
ved å bygge på termodynamikkens 1. hovedsetning.

NB! "Ideell" betyr forskjellige ting i fluid- og termodynamikk.

Fluid ⇒ Ingen friksjon i væsken/gassen, ikke friksjonsledd i bevegelses likningen

Termo ⇒ Ingen krefter mellom molekylene i en gass, ingen molekylkollisjoner, enkel tilstandslikning

Det fins en sammenheng: En ideell gass vil være en ideell fluid.
Men dette kan vi ikke komme nærmere inn på.

5.1 KINETISK, POTENSIELL OG INDRE ENERGI

Anta at strømhastigheten varierer over f.eks. tverrsnittet av et rør. La V betegne middelhastigheten over tverrsnittet.
I kinetisk energi uttrykt ved V vil det da opptre en korreksjonsfaktor α:

$$\boxed{\frac{\text{Kinetisk energi}}{\text{Masseenhet}} = \alpha \frac{1}{2} V^2, \quad \alpha \neq 1}$$

Sett inn for energi- og massestrømrater, og få:

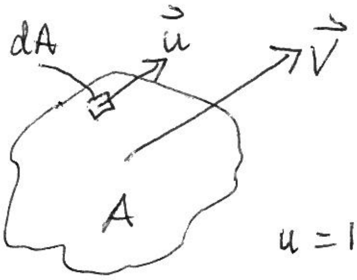
$$\boxed{\alpha = \frac{1}{AV^3} \int_A u^3 \, dA}$$

(Se neste side!)

Matematisk sjekk gir at $\underline{\alpha \geq 1}$

("Gjennomsnittet av kuber er større enn kuben av gjennomsnittet",

α - FAKTOREN !



$u = |\vec{u}|$

$V = |\vec{V}|$

$\vec{V} \perp A$, $\vec{V}$ middelhastighet

$\vec{u} \perp dA$ – betrakt bare den komponenten av hastigheten som inngår i strømraten !

Massestrømrater :

Lokalt : | **Integrert :**

$$\rho\, dQ = \rho u\, dA \quad \Longrightarrow \quad \rho \int_A u\, dA = \rho A V$$

Energistrømrater :

Lokalt : | **Integrert :**

$$\frac{1}{2} u^2 \cdot \rho\, dQ = \frac{1}{2} \rho u^3 dA \quad \Longrightarrow \quad \frac{1}{2} \rho \int_A u^3 dA$$

Merk :

$$\frac{\text{Lokal energistrømrate}}{\text{Lokal massestrømrate}} = \frac{1}{2} u^2$$

$$\frac{\text{Integrert energistrømrate}}{\text{Integrert massestrømrate}} \overset{\text{def}}{=} \frac{1}{2} \alpha V^2$$

Derav :

$$\frac{1}{2} \alpha V^2 = \frac{\frac{1}{2} \rho \int_A u^3 dA}{\rho A V}$$

$$\boxed{\alpha = \frac{1}{A V^3} \int_A u^3 dA}$$

ENKLEST

Eksempel

Laminær opstrøm: $\underline{\alpha = 2}$ (se regneøving eller eksempel 5.1)

- men oftest er hastigheten så liten i laminær strøm at det kinetiske energileddet kan neglisjeres

Turbulent opstrøm: $1.01 \lesssim \alpha \lesssim 1.15$

(oftest $1.03 \lesssim \alpha \lesssim 1.06$)

- i praksis setter man ofte $\alpha = 1$ i beregninger ved turbulent strøm (særlig i dette kurset!)

Når vi i det følgende utleder energiligningen for en reell fluid, skal vi ofte sløyfe α, under forutsetning at den er nær 1.
i notasjonen

Regn opp energibidrag:

⊛ Kinetisk energi pr. vektenhet: $\dfrac{V^2}{2g}$

$$\left[\frac{V^2}{2g}\right] = \frac{L^2T^{-2}}{LT^{-2}} = L \quad \text{(lengde)}$$

Kalles derfor kinetisk energihøyde (head), dvs. den ekvivalente høyden en fluid må falle fritt for å oppnå angitt kinetisk energi pr. vektenhet.

⊛⊛ Potensiell energi: (Pr. vektenhet: $\dfrac{zg\Delta m}{g\Delta m} = z$)

Høydeforskjeller er av interesse (nullpunkt valgbart fritt men konsekvent).
Potensiell energiforskjell pr. vektenhet får benevning høyde (head) som tilsvarer fysisk høydeforskjell.

⊛⊛⊛ Indre energi:

Vi betrakter bare varmeenergi, som behandles i termodynamikk;
en funksjon av temperatur (grovt sett).

$\left(\dfrac{i}{g} = I\right)$ $\qquad i = gI$ $\qquad$ i = indre energi pr. masseenhet
I = " " " vekt -"-

For enhetsmasse ved konstant volum:

$$\Delta i = c_v \Delta T$$