

### Regel

Vanlig energibalanse brukes for å beregne temperaturendringer

Mekanisk energibalanse brukes for å beregne temperaturendringer

### Vanlig energibalanse

$$\dot{H}_2 + \dot{m}\alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + \dot{m}gz_2 = \dot{H}_1 + \dot{m}\alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + \dot{m}gz_1 + \dot{Q} + \dot{W}_s$$

$$v_i \equiv \frac{V_i}{A_i} = \frac{\dot{m}_i}{\rho_i A_i} \quad [\text{m/s}]$$

$V_i$  - volumstrøm

$v_i$  - lineær strømningshastighet

$A_i$  - tverrsnitt

$\alpha$  - korrigerer for at hastigheten ikke er den samme over hele tverrsnittet

$\alpha = 1$  for turbulent strømning

$\alpha = 2$  for laminær strømning

### Mekanisk energibalanse

$$m\alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + mgz_2 + m \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{\rho} + \Phi = m\alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + mgz_1 + W_s$$

Likningen kan også skrives:

$$\alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + gz_2 + \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{\rho} + \frac{\Delta p_f}{\rho} = \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + gz_1 + \frac{W_s}{m}$$

$$\frac{\Phi}{m} = \frac{\Delta p_f}{\rho}$$

For stasjonær kontinuerlig prosess

$\Delta p_f$  - friksjonstrykkfall

$\Phi$  - friksjonstap

### Friksjonsleddet

**Kompressor/pumpe**  $\Phi = W_s - W_s^{rev}$

**Rette rør**  $\Phi = (m\Delta p_f) / \rho$

$$\Delta p_f = 4f (L/D)\rho / (v^2/2)$$

L - rørlengde

D - rørdiameter

f - friksjonsfaktor

**Reynoldtallet**  $Re = \rho v D / \mu$

$\mu$  - viskositet av fluidet

$Re > 2300$  ved turbulent strømning

### Reversibelt akselarbeid og friksjon

$$W_s^{rev} = m \int_{p_1}^{p_2} \frac{dp}{\rho} + m \left( \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} - \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} \right) + mg(z_2 - z_1)$$

$$W_s = W_s^{rev} + \Phi$$

### Bernoullilikningen for inkompressibel strømning

$$p_2 + \rho gz_2 + \rho \alpha_2 \frac{v_2^2}{2} + \Delta p_f = p_1 + \rho gz_1 + \rho \alpha_1 \frac{v_1^2}{2} + \Delta p_{\text{loft}}$$

### Bernoullilikningen: kommentar

$\Delta p_f$  - friksjonstap

$\Delta p_{\text{loft}}$  - tilført mekanisk arbeid med pumpe, vifte eller kompressor

$$\Delta p_{\text{loft}} = W_s V \text{ (volumstrøm)} = W_s \rho / m$$

### Bernoullilikningen m/ antakelser

$$p_i + \rho gz_i + \rho \frac{v_i^2}{2} = \text{konstant}$$

### Antakelser:

1. Neglisjerer friksjon  $\Delta p_f = 0$
2. Antar at  $\alpha = 1$  ved turbulent strømning
3. Mekanisk arbeid  $W_s = 0$

### Massebalanse og mekanisk energibalanse

Kontinuitetslikning  $m_1 = \rho_1 v_1 A_1 = \rho_2 v_2 A_2 = m_2$

For inkompressibelt fluid  $A_1 v_1 = A_2 v_2$

### Viktig om friksjonsfaktor

Typer Franning ( $f_F$ ) og Darcy ( $f_D$ )

$$f_D = 4f_F$$

Laminær strømning  $f_F = 16 / Re$

Turbulent strømning  $f_F = \text{funksjon av relativ ruhet og } Re$

Relativ ruhet  $\epsilon / D$

$\epsilon$  - absolutt ruhet [m]

### Friksjonstap

**Rette rør**  $\Delta p_f = 4f (L/D) \rho (v^2/2)$

**Armaturløp og rørdeler**

$$\Delta p_f = n v^2 / 2$$

n - tapte hastighetshøyder