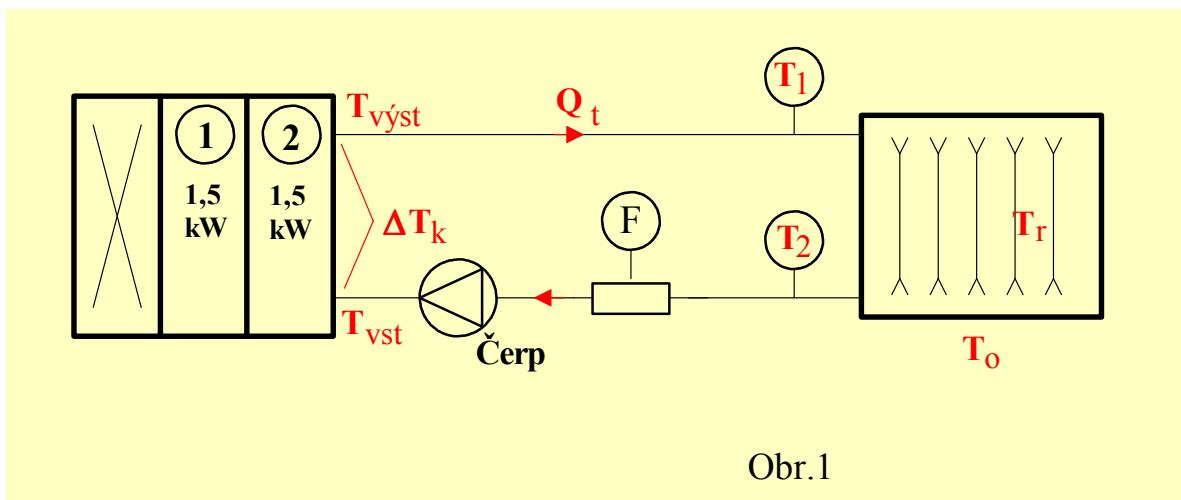


MNOŽSTVO TEPLA A MERANIE PRIETOKU

Jednotky: Teplo je energia, preto:

- ♦ Q_t množstvo tepla [J], [GJ], [kWh]
- ♦ Q_w merná energia (tepelný výkon) [W], [J/s], pričom $J = Ws$

Meranie množstva tepla je ukázané na príklade vykurovacej sústavy, obr.1



Def: Tepelný odpor R_{th}

$$R_{thab} = \frac{\theta_a - \theta_b}{Q} \quad \left[\frac{C \cdot K}{W}, \frac{K}{W} \right]$$

Prenos tepla: Q - tepelný výkon, resp tepelný tok [W]

- vedením : $R_{th} = 1/\lambda \cdot L/S$
- žiarením (vyššie θ)
- prúdením $P = Q = \alpha S (\theta_x - \theta_a)$ θ_a - okolie (ambient)

Tepelný výkon radiátora: $P_r = Q_r = \alpha_r S_r (T_r - T_o)$ α_r - ochladzovací koeficient

Výkon kotla:

$$P_k = c_{TS} \cdot F \cdot \Delta T_k \quad [\text{W}]$$

c_{TS} - merná tepelná kapacita vody = 4250 [J/kg · °C]

F - **hmotnostný** prietok [kg /s]

ΔT_k - oteplenie na kotli

Množstvo tepla je potom :

$$Q_t = \int P(t) dt = c_{TS} \cdot F \cdot \Delta T \cdot \Delta t$$

$$[\text{J}; \text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot ^\circ\text{C}^{-1}; \text{kg} \cdot \text{s}^{-1}; ^\circ\text{C}; \text{s}]$$

prax: Q_t v **GJ**, resp. **kWh**

$$\text{kWh} = 10^3 \cdot 3600 \text{ Ws} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ GJ}$$

$$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^3 \text{ GJ}$$

Meranie množstva tepla.

Presné meranie - rovnica, nutné 3 údaje

1. meranie 2 teplôt :
 - vstupujúca voda
 - vystupujúca voda

Pre rozsahy 0 - 100 °C výhodné PT 100 (presné, stabilné). Polovodičové menej presné

2. meranie prietoku : *meriame objemový prietok, potrebný hmotnostný prietok*

$$Q_m = \rho \cdot Q_v \quad [\text{kg/s}; \text{kg/m}^3; \text{m}^3/\text{s}]$$

Pomerové rozdeľovače - merače (použitie v bytoch).

- odparovacie
- zmena farby

- elektronické → rovnica

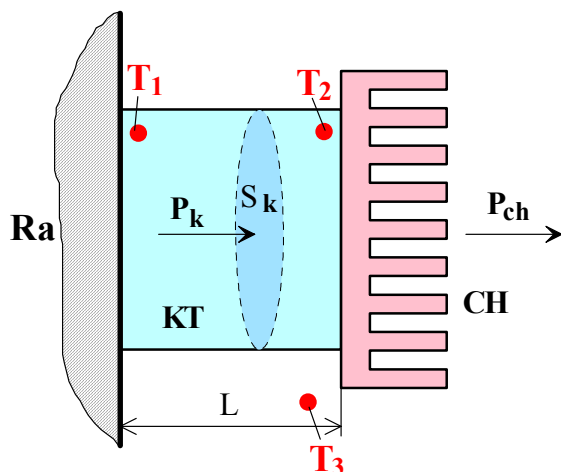
$$Q_t = \alpha_r \cdot S_r \cdot (T_r - T_o) \cdot t$$

pričom :

- $\alpha_r \cdot S_r$ - opravný koeficient pre typ radiátora
- T_r, T_o - zmeriame
- t - počíta vyhodnocovací μP

Poznámka: Údaj sú jednotky (číslo), úmerné Q_t teda nie priamo v J, alebo kWh

Kalorimetrický merač - *presnejšie meranie priamo v J, alebo kWh*



Ra - radiátor

KT - kalorimetrické
teliesko

CH - chladič

Obr.2.

Predpoklady:

- ♦ tepelný tok cez KT prechádza i cez chladič von.
- ♦ v rovnakých podmienkach sa predpokladá

$$P_k = P_{ch}$$

$$\alpha_r = \alpha_{ch}$$

Celkový P z radiátora:

$$P_r = \alpha_r S_r (T_1 - T_3) \quad (1)$$

Tok cez kalorimetr. teliesko KT :

$$P_k = \frac{\lambda \cdot S_k \cdot (T_1 - T_2)}{L} \quad \text{ak} \quad \frac{\lambda \cdot S_k}{L} = \frac{1}{R_{th}} \quad \text{tepelná vodivosť}$$

Tok cez chladič :

$$P_{ch} = \alpha_{ch} S_{ch} (T_2 - T_3)$$

dáme $P_k = P_{ch}$ a vyjadríme α_{ch}

$$\alpha_r = \alpha_{ch} = \frac{\lambda \cdot S_k \cdot (T_1 - T_2)}{L \cdot S_{ch} \cdot (T_2 - T_3)}$$

α_{ch} dosadíme do (1) za α_r

$$P_r = \frac{\lambda \cdot S_k \cdot (T_1 - T_2)}{L \cdot S_{ch} \cdot (T_2 - T_3)} S_r \cdot (T_1 - T_3)$$

Snímanie prietoku.

- ♦ objemový prietok Q_V [m^3/s]
- ♦ hmotnostný prietok Q_m [kg/s]

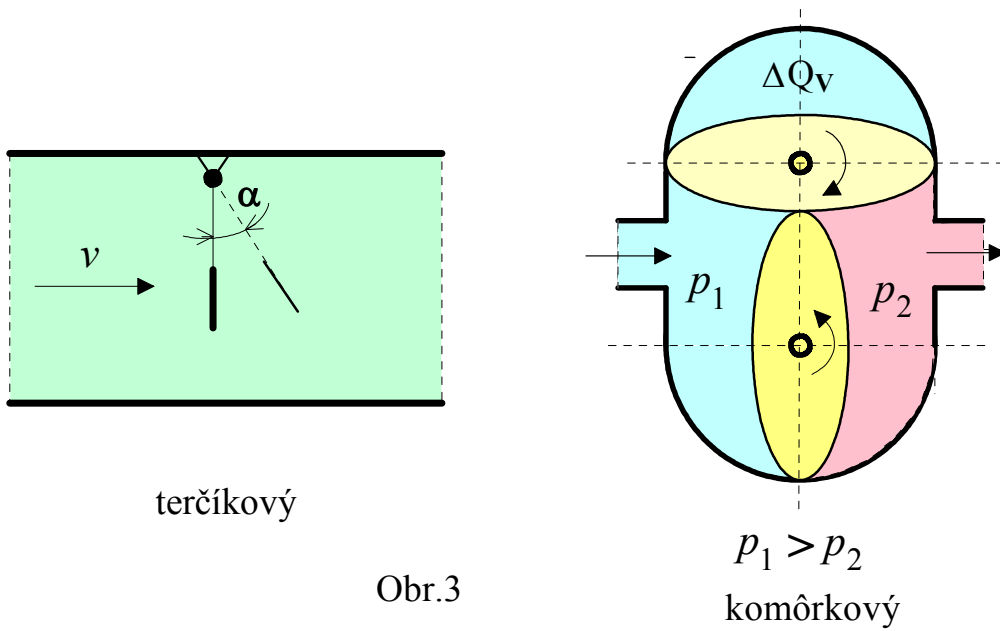
$$Q_m = Q_V \cdot \rho$$

Mechanické :

- lopatkové
- turbínkové
- terčíkové (výchyľka)
- objemové (komôrky)
- vibračné (vírivé) - vysoké Re (turbulentné) → oscilácie
- dynamické rýchlostné :
 - Pitotova trubica
 - Prandtlova trubica
 - rotameter
- škrtiace orgány :
 - clona
 - dýza
 - Venturiho dýza

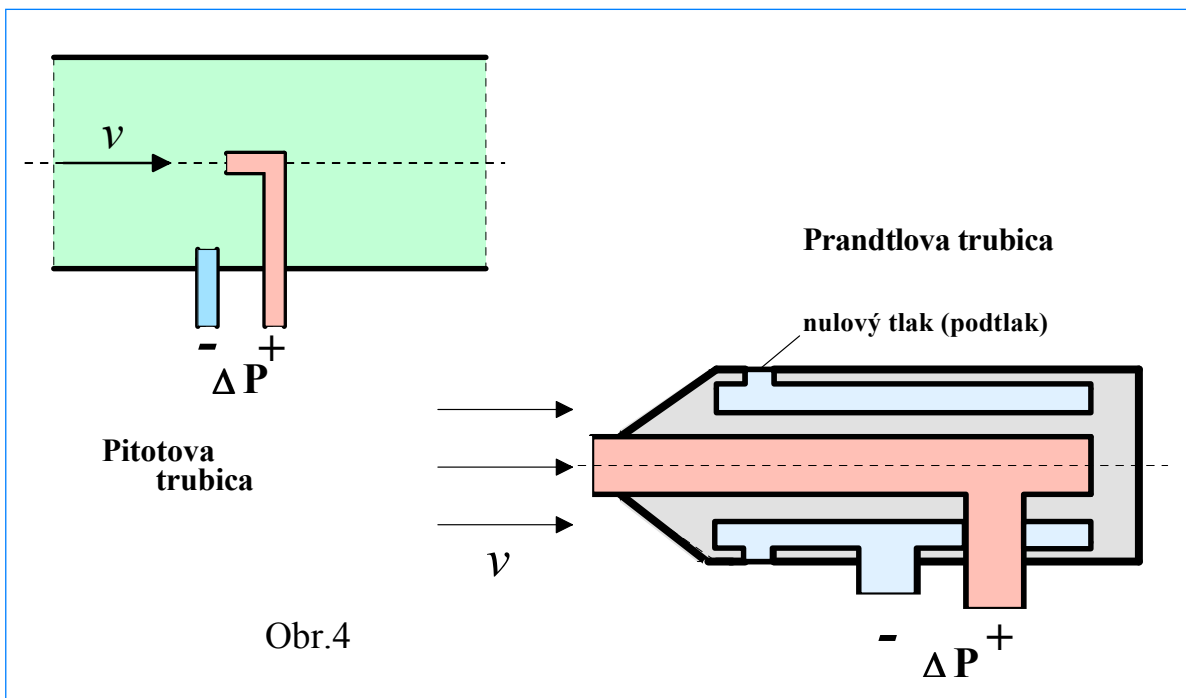
Elektronické :

- indukčný - *vodivé kvapaliny*
- ochladzovací - ofukovanie vyhrievanej PT 100 - **anemometre**
- ultrazvukový :
 - krížový
 - s unášaním
 - Dopplerov (častice)
 - Coriolisov (kmity v zahnutej trubici)



Obr.3

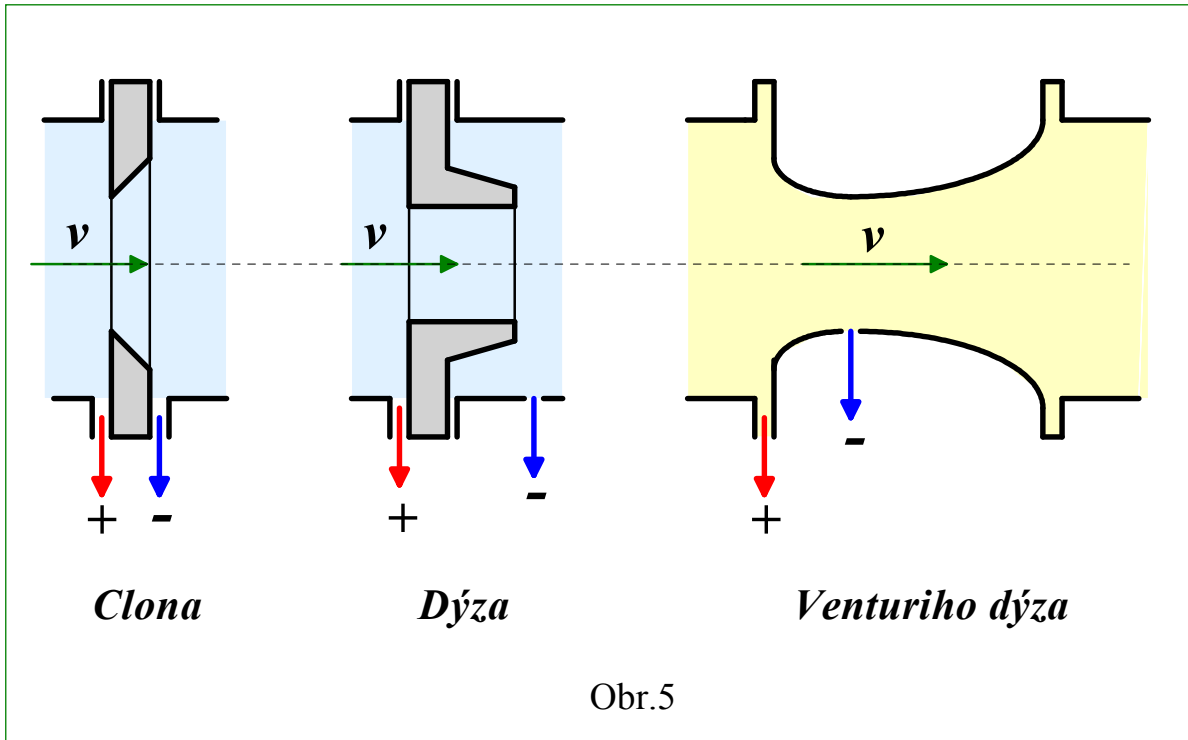
Dynamické - rýchlostné (uplatní sa i dyn. podtlak)



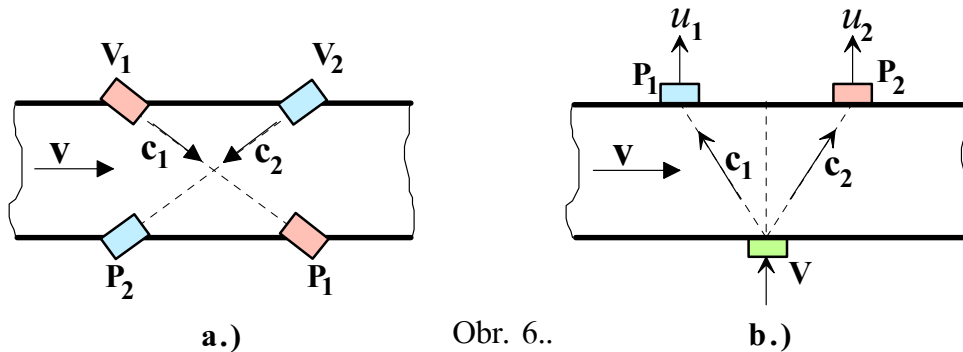
Obr.4

Prandtllova trubica - sonda na povrchu (napr. lietadla)

Škrtiace orgány



Ultrazvukové prietokomery



Obr. 6a. tzv. **křížový prietokomer**, (impulzná, alebo kontinuálna metóda) $c_1 > c_2$

Poznámka: Pri zmene rýchlosti šírenia sa úmerne mení vlnová dĺžka λ pri konštantnej frekvencii.

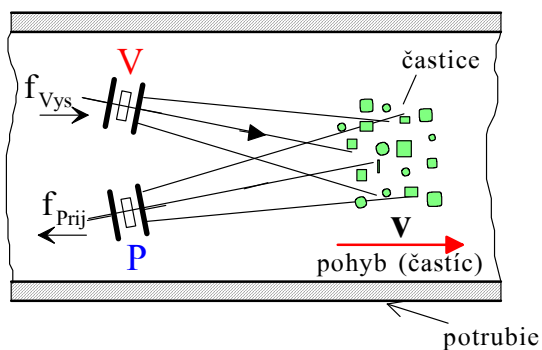
- **kontinuálna metóda** - zmení sa $\lambda_1 > \lambda_2$, vlna λ_1 dorazí skôr k snímaču P_1 , u_{p1} má predstih vo fáze pred u_{p2} . Výstup je fáza ϕ medzi u_{p1} a u_{p2} .
- **impulzná metóda** - ak je $c_1 > c_2$, potom pre $t_1 < t_2$ je výstup $t_2 - t_1$.

Obr. 6b. - **priečne unášanie vln**, výstup amplitúda pri kontinuálnom buzení.

Čas prechodu k P_1 je dlhší, ako k $P_2 \rightarrow u_1 < u_2$, výstup je $|u_2 - u_1|$

Poznámka: Na P_1 dorazia vlny za dlhší čas, teda ako na väčšiu vzdialenosť (vzdialenejšia vlnoplocha), t.j. s menšou amplitúdou.

Dopplerov princíp - znečistené tekutiny (nutné tuhé častice na odraz)



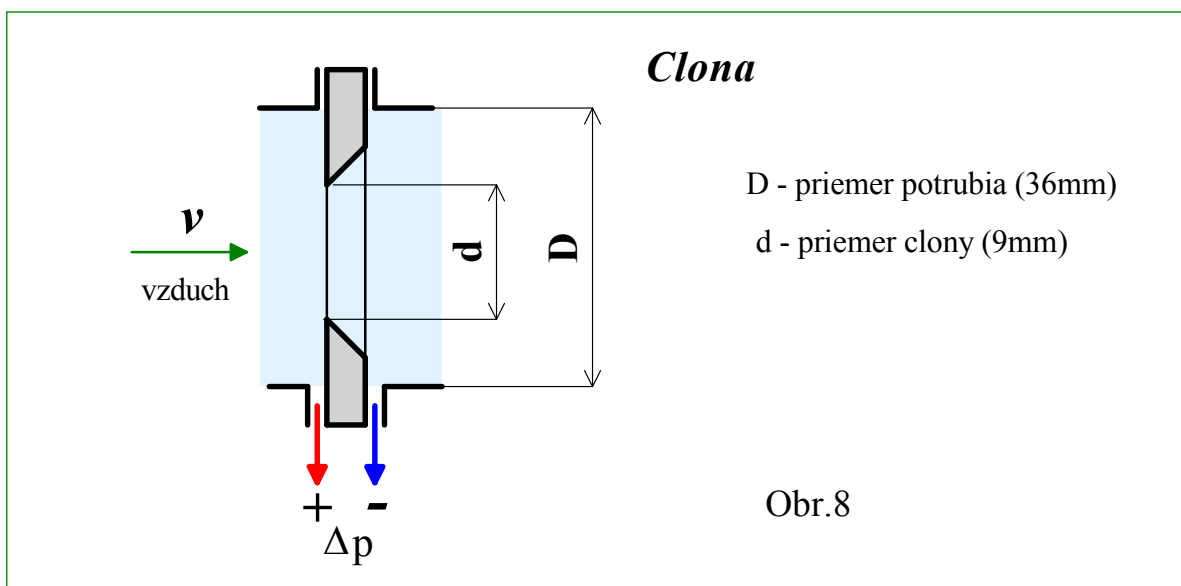
$$\Delta f = f_p - f_v = \pm \frac{2v}{c - v} f_v$$

znamienko + značí
rýchlosť k meničom

Obr. 7.

Coriolisov prietokomer - kmity v zahnutej trubici (snímače polohy)

Výpočet prietoku pri meraní clonou



Jedno z možných riešení :

- ♦ prietok závisí od $\sqrt{\Delta p}$:

$$Q = \alpha \cdot \beta^2 \cdot \varepsilon \cdot S_1 \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} \cdot \Delta p}$$

Q - prietok v [m³ /s]

α - prietokový súčiniteľ (experiment, tabuľky)

0,6030

β - pomer zúženia d/D (9mm/36mm)

0,25

S₁- prierez potrubia $\pi D^2/4$

1,018 . 10⁻³ m²

ε - súčiniteľ expanzie

1

ρ - hustota

(pre 30°C)

1,164 kg/m³