

## 2. mérés

### Áramlási veszteségek mérése

A mérésről készült rövid videó az itt látható QR-kód segítségével:



vagy az alábbi linken érhető el:

[http://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b\\_gepeszmernoki\\_alapismeretek/2.meres.mp4](http://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b_gepeszmernoki_alapismeretek/2.meres.mp4)

A mérés célja: adott körkeresztmetszetű csőben meghatározni a csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ) értékét, valamint a különböző csőszerelvényeknél a veszteségtényező ( $\zeta$ ) értékét.

A súrlódási és leválási veszteségek, mint a két leglényegesebb veszteségfajta, arányos a sebességi energiával, s így a nyomásveszteség

$$\Delta p' = \zeta \cdot \rho \cdot \frac{v^2}{2} \quad (5)$$

ahol  $v$  a csőben áramló közeg sebessége. A  $\Delta p'$  értéke meghatározható nagy pontosságú differenciálmanométer segítségével, ill. U-csöves manométerrel. A  $\zeta$  veszteségtényező nagysága egyenes körkeresztmetszetű csőben a (6) összefüggésből számítható.

$$\zeta = \lambda \cdot \frac{l}{d} \quad (6)$$

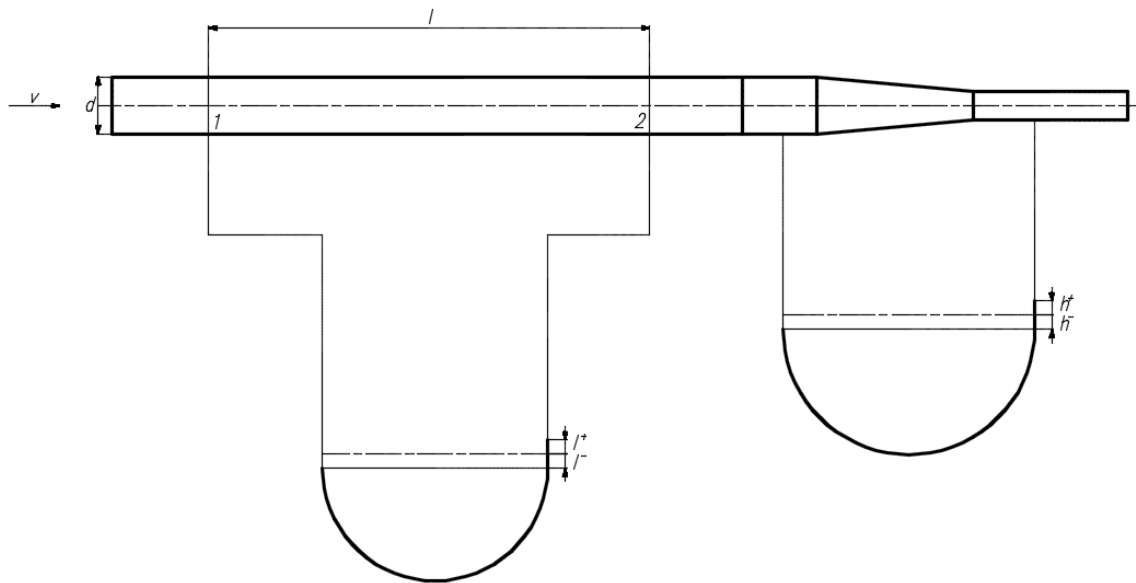
#### 1. A csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ) meghatározása

A 2. ábrán látható mérési vázlat 1 és 2 pontjára felírható az áramló közegre a Bernoulli-féle energiaegyenlet, a két pont közötti veszteségeket is figyelembe véve

$$\rho \cdot g \cdot h_1 + p_1 + \rho \cdot \frac{v_1^2}{2} = \rho \cdot g \cdot h_2 + p_2 + \rho \cdot \frac{v_2^2}{2} + \Delta p' \quad (7)$$

A cső egyenletes keresztmetszete és vízszintes elhelyezése miatt  $h_1 \approx h_2$  és  $v_1 \approx v_2$ -nek vehető, és így

$$\Delta p' = p_1 - p_2 \quad (8)$$



2. ábra

A mérésre felírva az egyensúlyi egyenletet

$$p_1 + h \cdot \rho_l \cdot g = p_2 + (h - \Delta h) \cdot \rho_l \cdot g + \Delta h \cdot \rho_v \cdot g \quad (9)$$

$$p_1 - p_2 = \Delta h \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_l) \quad (10)$$

ahol

- $\Delta h = l^+ + l^-$ ,
- $\rho_v$  a mérőfolyadék (víz) sűrűsége,
- $\rho_l$  az áramló közeg (levegő) sűrűsége.

Ezt visszahelyettesítve a (8) összefüggésbe kapjuk, hogy

$$\Delta p' = p_1 - p_2 = \Delta h \cdot (\rho_v - \rho_l) \cdot g = \zeta \cdot \rho_l \cdot \frac{v^2}{2} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \rho_l \cdot \frac{v^2}{2} \quad (11)$$

és ebből

$$\lambda = \frac{\Delta h \cdot (\rho_v - \rho_l) \cdot d \cdot 2 \cdot g}{l \cdot v^2 \cdot \rho_l} \quad (12)$$

A csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ) kiszámításához ismernünk kell a következő értékeket:

- $d$  a cső átmérőjét,
- $l$  a veszteséges csőszakasz hosszát,
- $\rho_v$  a mérőfolyadék (víz) sűrűségét ( $\rho_v = 1000 \frac{kg}{m^3}$ ),
- $g$  nehézségi gyorsulást, melynek értéke  $g=9,81$ ,
- $\Delta h = l^+ + l^-$  mért értékét és

- $\rho_l$  az áramló folyadék (levegő) sűrűségét, amelyet az állapotjellemzők határoznak meg.

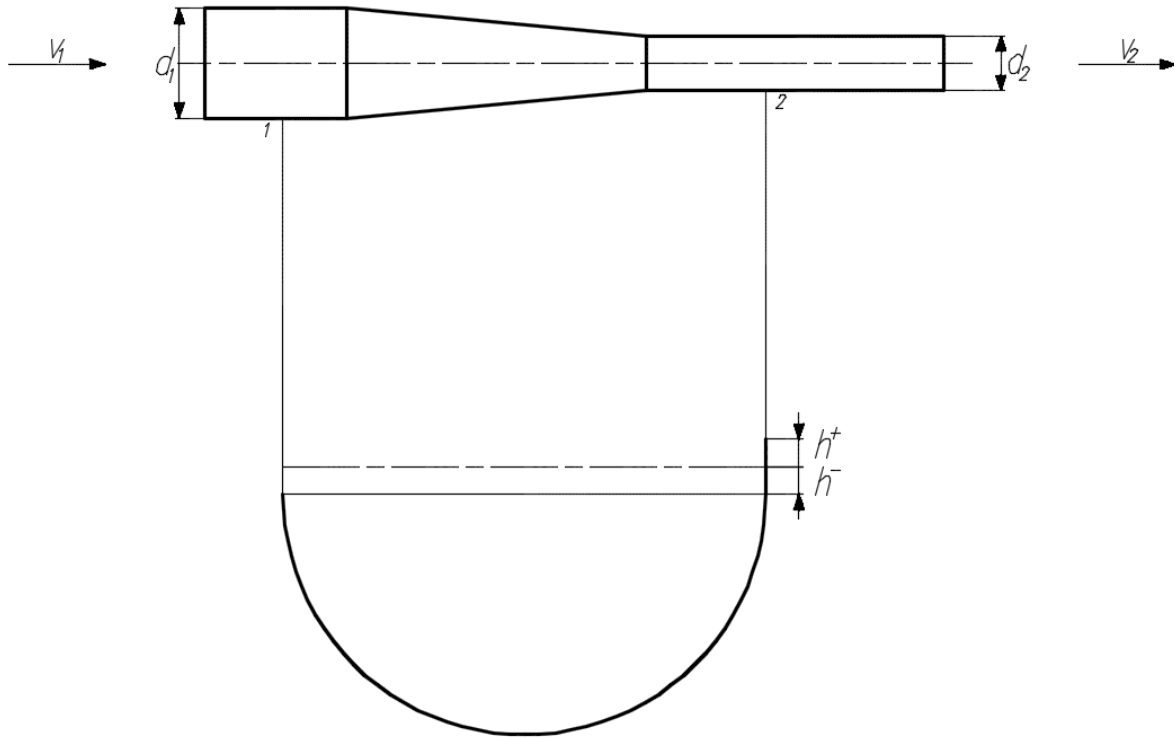
Számítása:

$$\rho_l = 1,293 \cdot \frac{b}{760} \cdot \frac{273}{273 + \vartheta} \quad (13)$$

ahol

- $b$  a légnyomás értéke a mérés időpontjában [Hgmm],
- $\vartheta$  a mérőhelyiség hőmérséklete [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Ismeretlen még a  $\lambda$  csősúrlódási tényezőn kívül az áramló közeg (levegő) sebessége ( $v$ ). Ennek meghatározására Venturi-féle csövet használunk. A jól megmunkált felületek és a rövid szakasz miatt itt az áramlási veszteségeket elhanyagoljuk ( $\Delta p' \approx 0$ ).



3. ábra

A 3. ábrán látható Venturi csőre felírva a Bernoulli energiaegyenletet:

$$p_1 + \rho_l \cdot g \cdot h_1 + \rho_l \cdot \frac{v_1^2}{2} = p_2 + \rho_l \cdot g \cdot h_2 + \rho_l \cdot \frac{v_2^2}{2} \quad (14)$$

ahol a vízszintes elrendezés miatt  $h_1 \approx h_2$ -nek vehető, s így

$$2 \cdot \frac{p_1 - p_2}{\rho_l} = v_2^2 - v_1^2 \quad (15)$$

A kontinuitási tételt felhasználva, azaz a levegőt összenyomhatatlannak tekintve

$$A_1 \cdot v_1 = A_2 \cdot v_2 \quad (16)$$

ebből

$$v_2 = \frac{A_1}{A_2} \cdot v_2 = \frac{\frac{d_1^2 \cdot \pi}{4}}{\frac{d_2^2 \cdot \pi}{4}} \cdot v_1 = \frac{d_1^2}{d_2^2} \cdot v_1 \quad (17)$$

Ezt visszahelyettesítve a (15)-be:

$$2 \cdot \frac{p_1 - p_2}{\rho_l} = \left[ \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right] \cdot v_1^2 \quad (18)$$

A  $p_1 - p_2$  meghatározásához felírva az egyensúlyi egyenletet

$$p_1 + h \cdot \rho_l \cdot g = p_2 + (h - \Delta h_v) \cdot \rho_l \cdot g + \Delta h_v \cdot \rho_v \cdot g \quad (19)$$

$$p_1 - p_2 = \Delta h_v \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_l) \quad (20)$$

ahol  $\Delta h_v = h^+ + h^-$ .

A (18) összefüggésbe visszahelyettesítve

$$2 \cdot \frac{\Delta h_v \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_l)}{\rho_l} = \left[ \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right] \cdot v_1^2 \quad (21)$$

ebből

$$v_1^2 = \frac{2 \cdot \Delta h_v \cdot g \cdot (\rho_v - \rho_l)}{\rho_l} \cdot \frac{1}{\left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1} \quad (22)$$

A  $v_1$  ismeretében számítható a  $\lambda$  csősúrlódási tényező értéke. A mérési berendezés úgy van elkészítve, hogy a Venturi cső belső átmérője ( $d_1$ ) azonos a mérendő cső átmérőjével ( $d$ ), így a számított áramlási sebességek is megegyeznek,  $v_1 = v$ .

A  $v_1$  -re vonatkozó (22) összefüggést visszahelyettesítjük a (12)-be kapjuk

$$\lambda = \frac{d \cdot \Delta h}{l \cdot \Delta h_v} \cdot \left[ \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right] \quad (23)$$

A csősúrlódási tényező kifejezhető az áramló közeg (levegő) sűrűsége ( $\rho_l$ ) ismerete nélkül is.

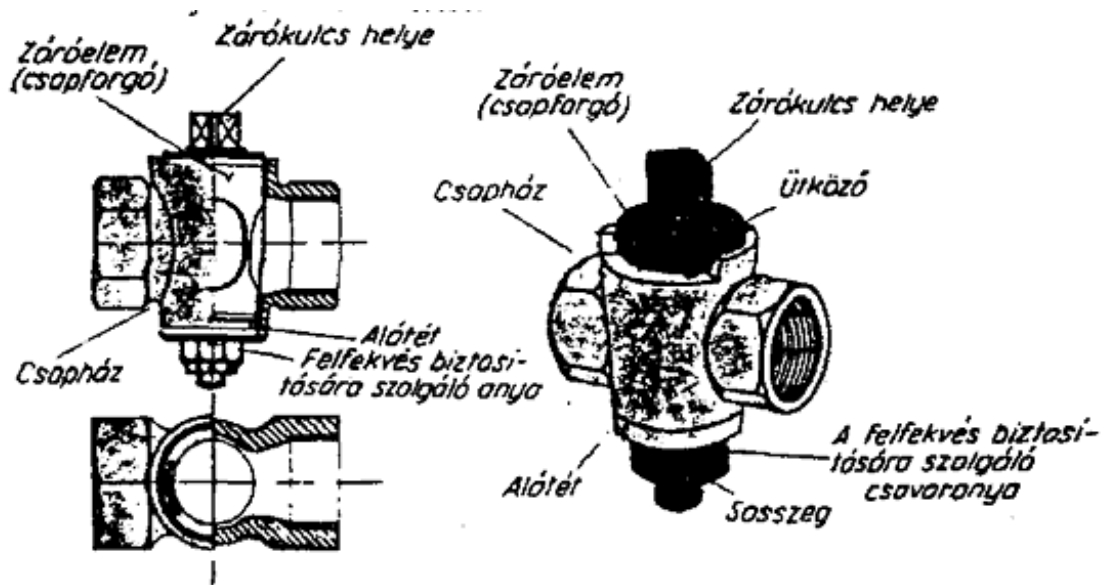
## 2. Csőelzáró szerelvények

A csőelzáró szerelvények feladata: a közeg áramlásának szabályozása, ill. elzárása. A csőelzáró szerelvények rövid ismertetése:

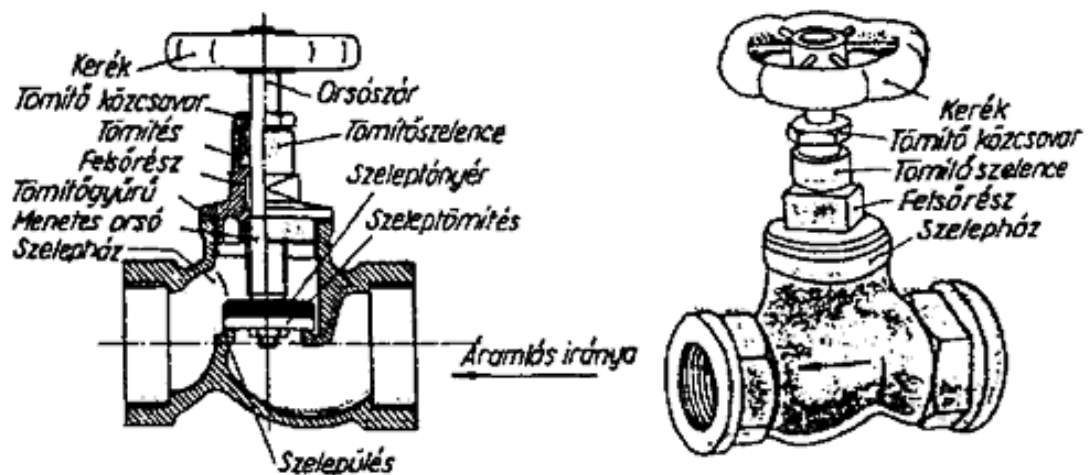
a) A csap (4. ábra) előnye: olcsó, könnyű után állítás, egyenes átmenetet biztosít. Hátránya: a tömítést rosszul tartja, záráskor, nyitáskor folyadéklökés keletkezhet, nagyobb átmérőre nem alkalmazható.

b) A szelep (5. ábra) előnye: nagy a záró nyomás, a zárás tökéletes, s ezt egyszerű szerkezettel érhetjük el, gyorsan nyitható és zárható. Hátrányai: az irányváltás következtében

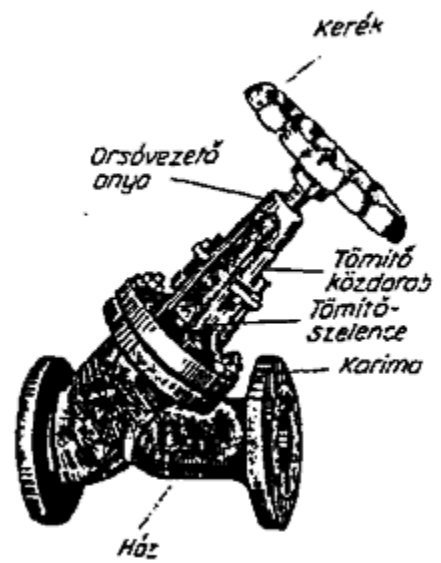
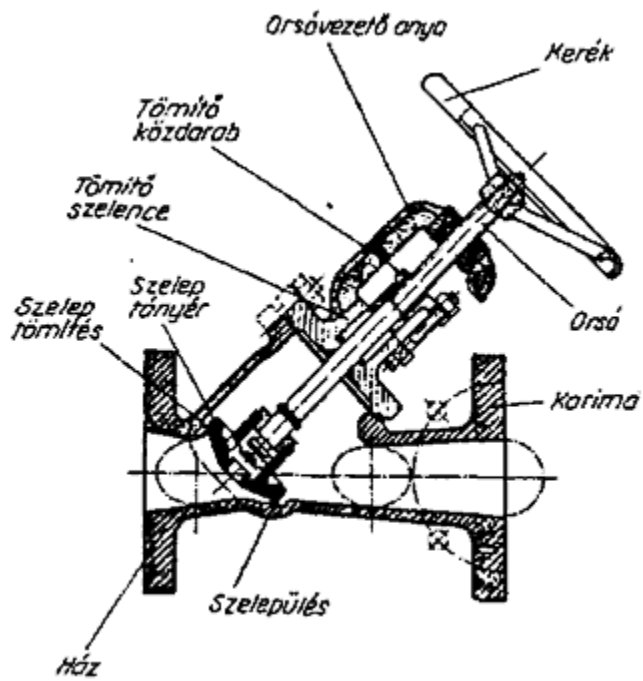
a folyadéknak nagyobb a nyomásvesztése, a csővezetékben nyitáskor, záráskor folyadéklökés keletkezhet. Ha az áramlási iránytörést el akarjuk kerülni, akkor ferdeülésű szelepet (6. ábra) alkalmazunk.



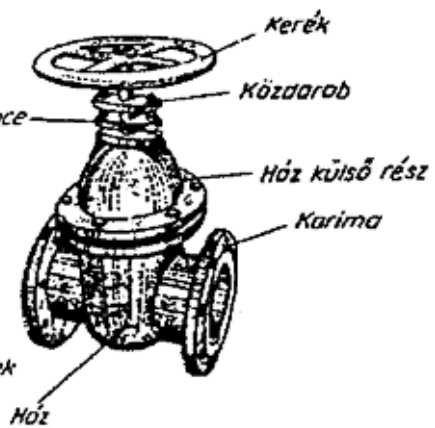
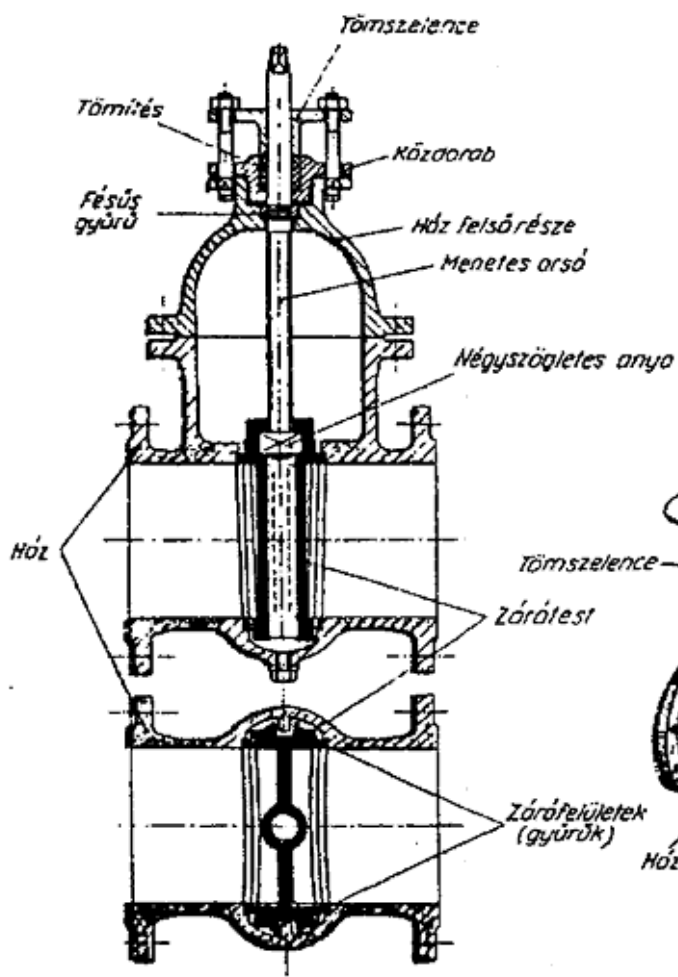
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

c) A tolózár (7. ábra) előnye: az átmenet egyenes, záráskor nincs folyadékklökés. Hátrányai: a zárófelületek nyitáskor, záráskor csiszolódnak, gyorsan kopnak.

### 3. A szerelvények veszteségtényezőinek meghatározása

A szerelvényekben létrejön az ún. leválási veszteség, ami a súrlódási veszteségnél egy-egy szerelvényen lényegesen nagyobb lehet. Ez a sebességi energiával arányos. Nem részletezve a levezetést az előzőekhez hasonlóan

$$\Delta p' = \Delta h \cdot (\rho_v - \rho_l) \cdot g = \zeta \cdot \rho_l \cdot \frac{v^2}{2} \quad (24)$$

ebből

$$\zeta = \frac{2 \cdot \Delta h \cdot (\rho_v - \rho_l) \cdot g}{\rho_l \cdot v^2} \quad (25)$$

A  $\Delta h$  értéke a szerelvény két csomkján mért vízoszlopmagasság különbség,  $v$  az áramló közeg sebessége, amit a Venturi cső segítségével mérünk minden szerelvényre külön-külön. Így a különböző szerelvényekre érvényes  $\zeta$  veszteségtényező számítható:

$$\zeta = \frac{\Delta h}{\Delta h_v} \cdot \left[ \left( \frac{d_1}{d_2} \right)^4 - 1 \right] \quad (26)$$

képlet alapján.

A mérésről jegyzőkönyvet kell készíteni. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell:

- a mérés tárgyát, helyét és idejét,
- a mérés elrendezés vonalas vázlatát,
- a mérés leírását,
- a táblázatot a mért és számított értékekkel.

#### Ellenőrző kérdések:

1. Ismertesse a Bernoulli-féle energiaegyenletet!
2. Ismertesse a csősúrlódási tényező fogalmát!
3. Mit értünk egy csőszerelvény veszteségtényezőjén?