

*Miskolci Egyetem  
Gép- és Terméktervezési Intézet*

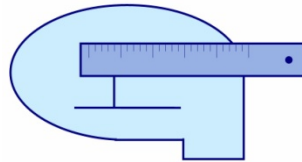


**SZERKESZTETTE:  
TAKÁCS ÁGNES**

# **MÉRÉSI ÚTMUTATÓ**

*(GEGET001-B)*

*segédlet a Gépészmérnöki alapsmeretek című tárgyból  
BSc. szintű Gépészmérnök és Ipari termék- és Formatervező szakos  
hallgatók részére*



*Miskolc, 2015.*

Szerkesztette: Dr. Takács Ágnes

További szerzők: Jálics Károly, Nagy József, Fojtán Éva, Sárosi Barbara, Herbst Dániel, Nagy Gergő,

Dr. Dömötör Csaba

Kiadó: Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézet

ISBN: 978-963-358-094-3

## Előszó és útmutató a segédlet használatához

A *Mérési útmutató* a Gépészmérnöki alapismeretek című tárgyhoz a BSc. szintű Gépészmérnök szakos, valamint a BSc. szintű Ipari termék- és formatervező szakos hallgatóink számára hasznos segítség a félév során kötelező mérések elvégzéséhez, megismeréséhez. A *Mérési útmutató* című oktatási segédanyag a korábban 1995-ben megjelent *Segédlet az Általános Géptanhoz* című jegyzet alapján készült, amelyet *Jálics Károly* és *Nagy József* állítottak össze. A jegyzet frissítésében *Fojtán Éva* és *Sárosi Barbara* segítettek. A felfrissített anyaghoz a mérésekről videók készültek, amelyek a jegyzetben megadott útvonalon az internetről letölthetők, de a jegyzetben megtalálható QR kódok segítségével a kinyomtatott jegyzetből okos telefon segítségével is megnézhetők. A videókat *Herbst Dániel* és *Nagy Gergő* készítették, az utómunkálatokban *Dr. Dömötör Csaba* segédkezett.

Az útmutatóban könyvjelzőket helyeztünk el, amelyek segítik a navigálást az egyes fejezetek közt az elektronikus megtekintés során. A könyvjelzők segítségével könnyen odaugorhatunk az egyes mérésekhez tartozó táblázatokhoz, amelyeket a mérésekre célszerű kinyomtatott formában elvinni. Ezeket a táblázatokat az egyes mérésekről készült jegyzőkönyvekhez kitöltve kell csatolni. Az Áramlási veszteségek mérése című 2. mérés esetén nem csupán egy táblázat, hanem a táblázatot követően behelyettesítésre váró egyenletek is megtalálhatóak a segédletben. A mérési jegyzőkönyvhöz ezt az oldalt is kitöltve kell csatolni. Mind a három mérés szöveges útmutatója végén felsorolásszerűen megtalálható, hogy a mérésről készült jegyzőkönyvnek mit kell tartalmaznia mindenképpen. A jegyzőkönyveket kézzel írott formátumban kérjük, minden esetben egy borítóval/fed lappal ellátva, amelyen szerepel

- a mérés száma, címe (pl.: 1. mérés: Mozgó súrlódási tényező mérése);
- a jegyzőkönyv készítőjének neve, Neptun-kódja;
- itt kapjon helyet a mérés helye, és időpontja is.

A tanulmányaikhoz sok sikert kívánunk!

*A szerzők*

*Miskolc-Egyetemváros, 2015. szeptember 1.*

## Baleset és tűzvédelmi oktatás mérési gyakorlathoz

### Tűzvédelmi oktatás

- Dohányzás és nyílt láng használata szigorúan TILOS, dohányozni csak az arra kijelölt helyeken szabad, tehát a tanszéki laborokban NEM!
- Amennyiben a hallgató a tanszéki laborokban tüzet észlel köteles a foglalkozást vezető oktatónak, illetve a tanszék valamely munkatársának azonnal jelenteni.
- Tűz esetén a hallgató köteles a tűz helyszínét az arra kijelölt helyen a lehető leggyorsabban elhagyni miután meggyőződött arról, hogy az általa veszély nélkül ellenőrizhető létesítmény részen senki nem tartózkodik.

### Balesetvédelem

- Mindenki vigyázzon saját maga és társai testi épségére, ne veszélyeztesse azt. Mindig tartsa be a foglalkozást vezető oktató utasításait. A laboratórium kellékeit rendeltetésszerűen használja.
- A tanszéki laboratóriumokban a megfelelő ruházat viselése kötelező. (Szükség esetén munkaköpeny.) Minden esetben tilos a ruházaton balesetet okozó tárgy, kiegészítő, díszítés viselése (pl. csat, lánc, biztosító tű, stb.).
- A tanszéki laboratóriumokban tilos az olyan hajviselet, amely balesetet okozhat.
- A hallgató köteles a foglalkozást vezető oktató utasítását maradéktalanul végrehajtani, az órán, vagy a laboratóriumokban szerzett sérülést, rosszulletet, áramütést köteles azonnal jelezni.
- A hallgató köteles az észlelt vagy tudomására jutott baleseti veszélyforrásokat jelezni, jelenteni (pl. sérülést okozható eszköz, berendezési tárgy, védőeszköz, stb.).
- A hallgató köteles az eszközöket, berendezéseket rendeltetésszerűen használni (a nem rendeltetésszerű használatból eredő kárt megtéríteni).
- A laboratóriumban gondosan és pontosan kell dolgozni, a rendre ügyelni.
- A laboratóriumi mérő eszközöket tisztán és rendben kell a mérés végén az oktatónak átadni.
- A tanszéki laboratóriumokban enni tilos.
- A hálózati feszültség forrásokat csak rendeltetésszerűen lehet használni.
- Kézvel, fémes tárggyal a konnektorokba benyúlni szigorúan tilos és életveszélyes.
- Áramütésnél először feszültség mentesíteni kell a balesetet szenvedett személyt, és csak azután szabad az áramütött személyhez nyúlni.

# 1. mérés

## Mozgó súrlódási tényező 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/1.meres.mp4](http://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b_gepeszmernoki_alapismeretek/1.meres.mp4)

### 1. A súrlódási tényező

Gépalkatrészek kötéséhez és egymáson való elmozdulásához szükséges ismernünk a súrlódási ellenállás értékét. Elfogadott számítási mód a Coulomb-féle, ahol

$$F_s = \mu F_n \quad (1)$$

amely szerint a súrlódási ellenállás az  $F_n$  összeszorító erőnek (azaz az érintkező felületek normálisába eső összeszorító erőnek) és a  $\mu$  súrlódási tényezőnek a szorzata. Az  $F_s$  erővektornak az előjele mindig ellentétes a sebességvektor előjelével.

Megkülönböztetjük a  $\mu$  mozgó súrlódási tényezőt a  $\mu_0$  nyugvó súrlódási tényezőtől ( $\mu_0 > \mu$ ).

A súrlódási tényező értéke függ a súrlódó anyagok:

- szilárdsági tulajdonságától,
- a felületek minőségétől,
- a kenőanyagtól,
- a relatív sebességtől,
- a felületi hőmérséklettől és
- a felületi nyomástól.

A három első tényező döntően meghatározza a súrlódási tényező nagyságát. Közelítő számításokhoz a többi elhanyagolható.

## 2. A súrlódási tényező egyik mérési módja

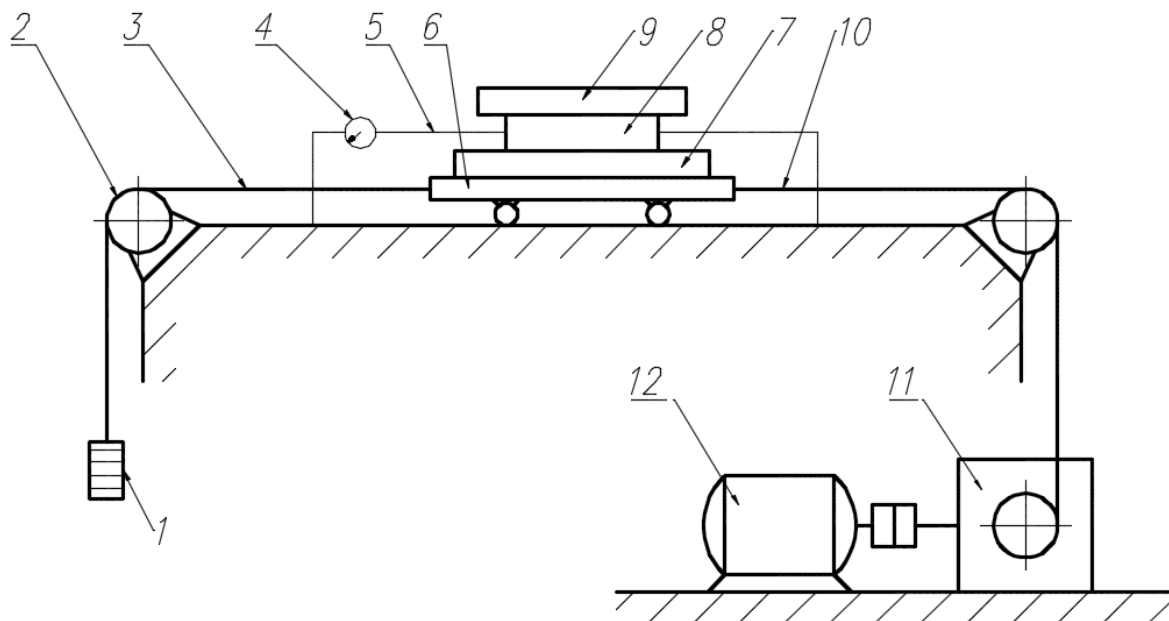
A súrlódási tényezőt olyan körülmények között határozzuk meg, amikor a párosított súrlódó anyagok szilárdsági tulajdonságai változnak. A következő anyagpárosításoknál mérjük a súrlódási tényező értékét:

- a) acél-acél,
- b) acél-alumínium,
- c) acél-bonamid,
- d) acél-textilbakelit,

A súrlódási tényező értékére vonatkozó további jellemzők egyezők, ugyanis minden párosításra:

- a felületek minősége azonos a különböző anyagoknál,
- a kenőanyag levegő (adhéziós),
- a viszonylagos sebesség állandó,
- a felületek hőmérséklete szobahőmérsékletű,
- a felületi nyomás változik.

A fenti adott körülmények között összehasonlítható a szilárdsági tulajdonságoktól függő súrlódási tényező értéke.



1. ábra

A mérőberendezés az 1. ábrán látható. A súrlódó anyagok egyike acéllemez (7), ami a mérőkocsin (6) rögzített, a másik körgyűrű alakú, különböző minőségű anyag (8). A súrlódási ellenállást a (5) jelű mérőhuzal közvetíti a hitelesített mikrométeres dinamóméterhez (4). A

mérő-kocsi állandó sebességét a (12) jelű villamos motor biztosítja az i=16 áttételű hajtóművön (11) és a (10) jelű vonószinóron át. A motor kikapcsolása után az (1) jelű ellensúly a (2) jelű csiga a (3) jelű drótkötél segítségével a kiinduló helyzetbe hozza vissza a mérő-kocsit, és a mérés újból kezdődhet.

Az  $F_n$  összeszorító erő a  $G$  súlyterheléssel (9) változtatható

$$F_n = G_{\text{próbatess}} + G_{\text{befogó}} + G \quad (2)$$

A próbatess súlyok:

- acél 1,766 N
- alumínium 1,295 N
- bonamid 1,167 N
- textilkakelit 1,177 N

Befogó súlya:  $G_{\text{befogó}}=0,9\text{N}$ .

A további terhelés  $G$ , amit a  $G = m \cdot g$  súlyterhelés ad, ahol a  $m$  a terhelő tömeg 1 és 10 kg között változik. Az  $F_n$  érték változtatásával változik az  $F_s$  is. A dinamométer a súrlódási erővel arányos kitérést ad. Ezt a kocsimozgás közben kell leolvasni. A súrlódási ellenállás:

$$F_s = A \cdot \Phi \quad (3)$$

ahol

- A arányossági tényező:  $A = 2,06 \frac{\text{N}}{\text{osztás}}$ ,
- $\Phi$  a műszer kitérése.

Az  $F_s = f(F_n)$  függvénykapcsolatot felrajzolva (a mérőpontok közé egyenes húzható) az egyenes iránytangense a mozgó súrlódási tényezőt szolgáltatja.

$$\mu = \tan \alpha = \frac{F_s}{F_n} \quad (4)$$

A mért és számított értékeket célszerű táblázatba foglalni. Egy lehetséges példa a fejezet végén található.

A mérésről jegyzőkönyvet kell készíteni. A jegyzőkönyvnek tartalmaznia kell:

- a mérés tárgyát, helyét és idejét,
- a mérési elrendezés vonalas vázlatát,
- a mérés leírását,
- a táblázatot a mért és számított értékekkel,
- $F_s = f(F_n)$  függvénykapcsolatot milliméterpapíron ábrázolva.

**Ellenőrző kérdések:**

1. Ismertesse a Coulomb-féle súrlódási törvényt!
2. Rajzolja fel a mérés vázlatát!
3. Ismertesse a mérés menetét!



*Mozgó súrlódási tényező mérése*

PRÓBATEST		SÚLYTERHELÉS G	ÖSSZESZORÍTÓ ERŐ $F_n = G_{pt} + G$	ARÁNYOSSÁGI TÉNYEZŐ A	A MŰSZER KITÉRÉSE $\Phi$	SÚRLÓDÁSI ERŐ $F_s = A \cdot \Phi$	SÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ $\mu = \frac{F_s}{F_n}$
ANYAGA	SÚLYA $G_{pt}$						
acél	1,766N	$2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
acél	1,766N	$3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
acél	1,766N	$4 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
alumínium	1,295N	$2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
alumínium	1,295N	$3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
alumínium	1,295N	$4 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
bonamid	1,167N	$2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
bonamid	1,167N	$3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
bonamid	1,167N	$4 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
textilbakerlit	1,177N	$2 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
textilbakerlit	1,177N	$3 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			
textilbakerlit	1,177N	$4 \cdot 9,81 \frac{m}{s^2} =$		$2,06 \frac{N}{osztás}$			

## 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 differenciálmánométer segítségével, ill. U-csöves manométerrel. A  $\zeta$  veszteségtényező nagysága egyenes körkeresztmetszetű csőben a (6) összefüggésből számítható.

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

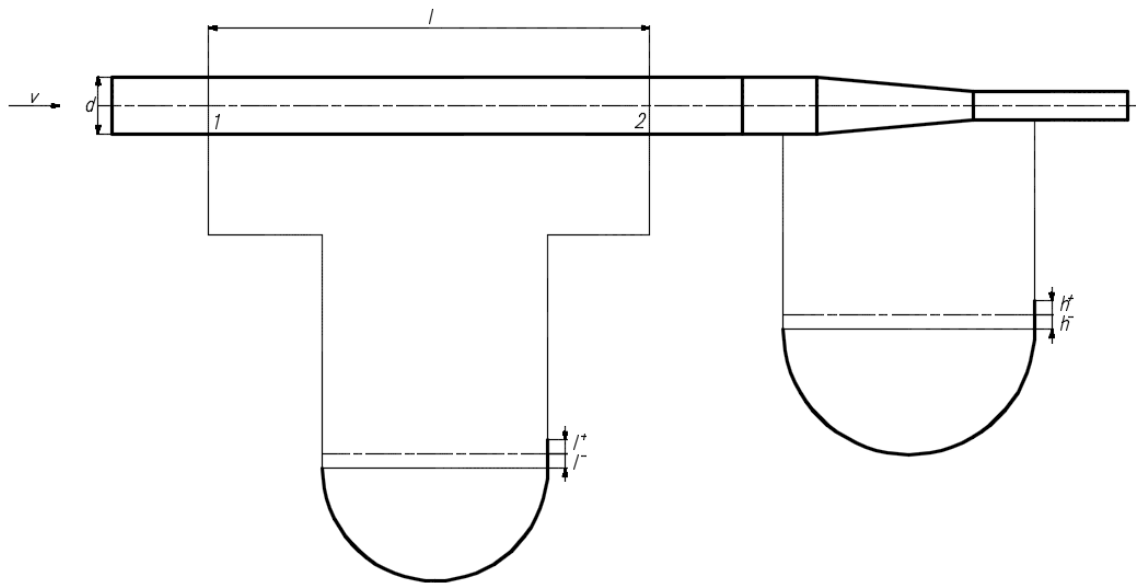
#### 1. A csősúrlódási tényező ( $\lambda$ ) meghatározása

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.

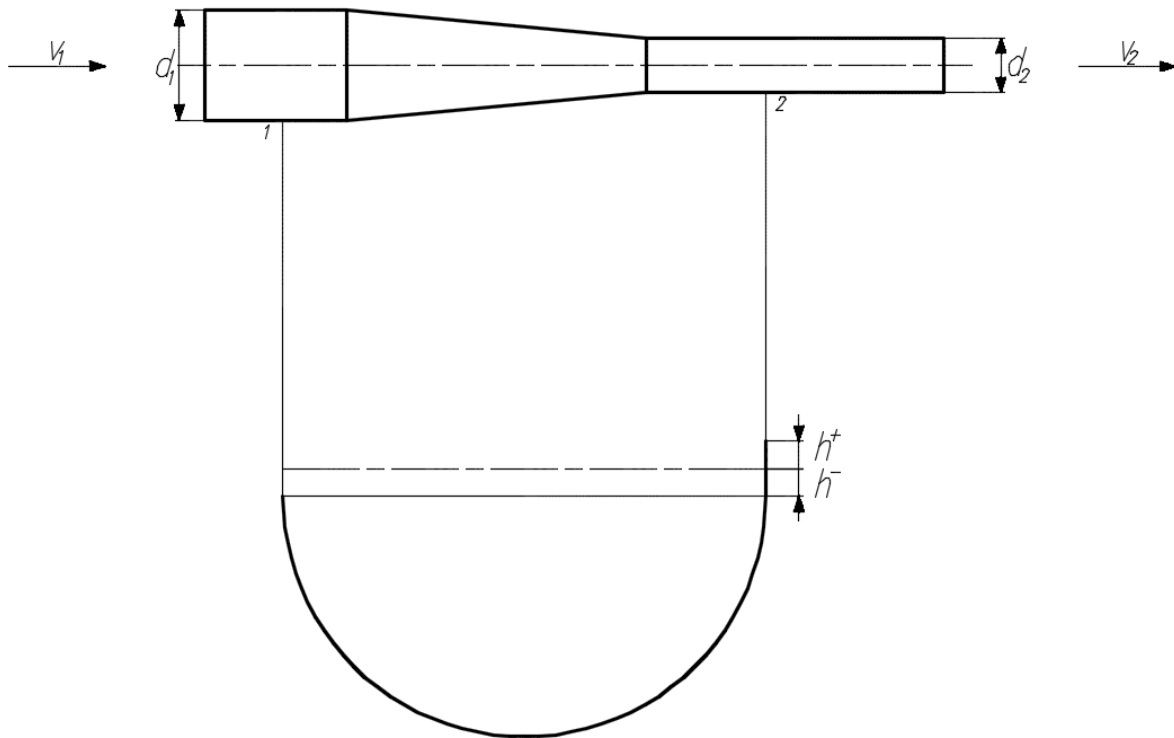
Számítása:

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

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.

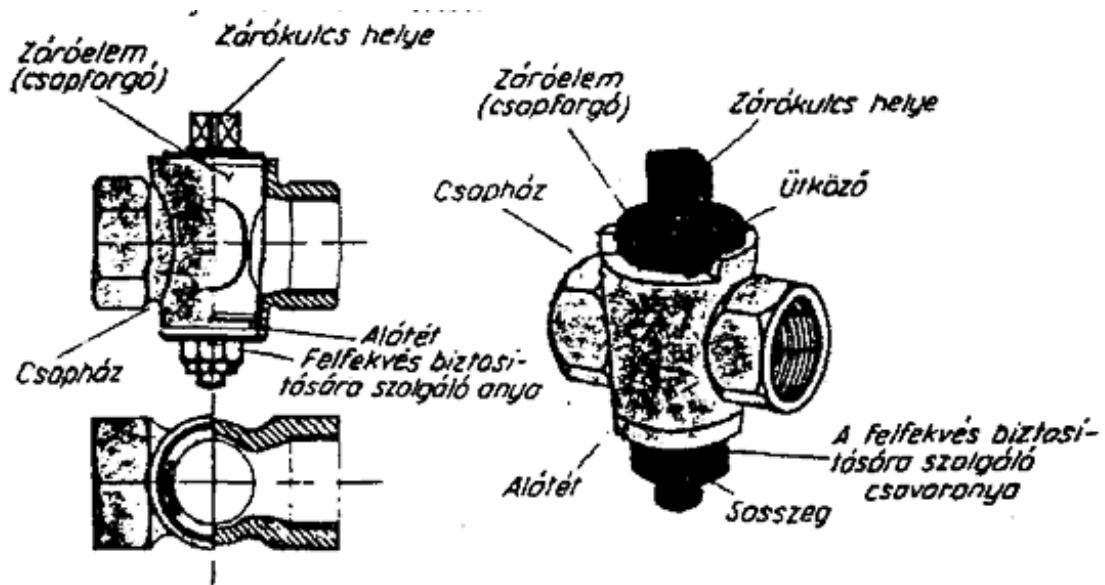
## 2. Csőelzáró szerelvények

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

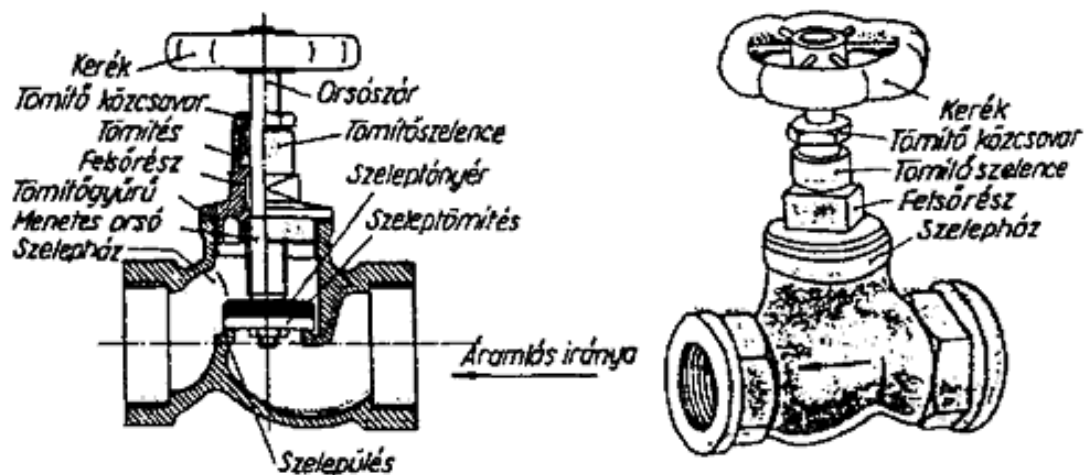
a) A csap (4. ábra) előnye: olcsó, könnyű után állítás, egyenes átmenetet biztosít. Hátránya: a tömítést rosszul tartja, záráskor, nyitáskor folyadékklökés keletkezhet, nagyobb átmérőre nem alkalmazható.

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

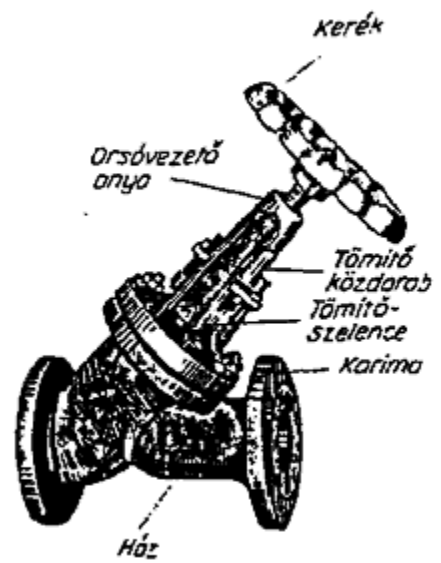
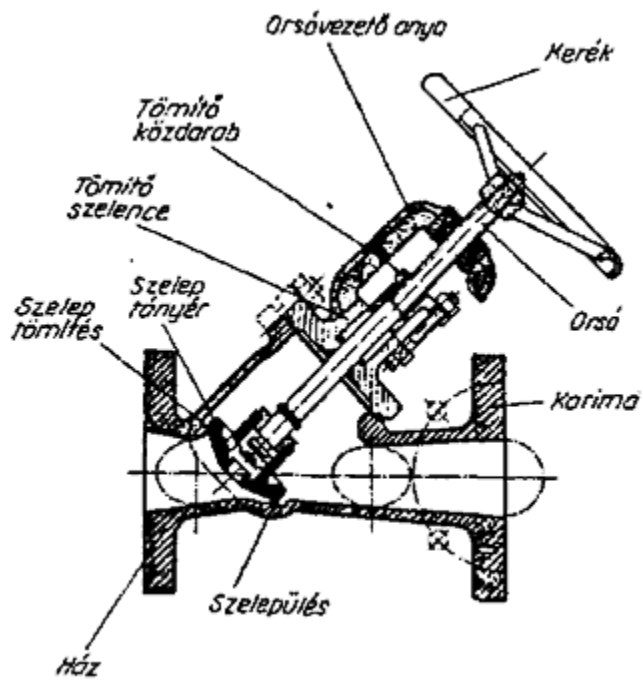
a folyadéknak nagyobb a nyomásvesztése, a csővezetékben nyitáskor, záráskor folyadéklökés keletkezhet. Ha az áramlási iránytörést el akarjuk kerülni, akkor ferdeülésű szelepet (6. ábra) alkalmazunk.



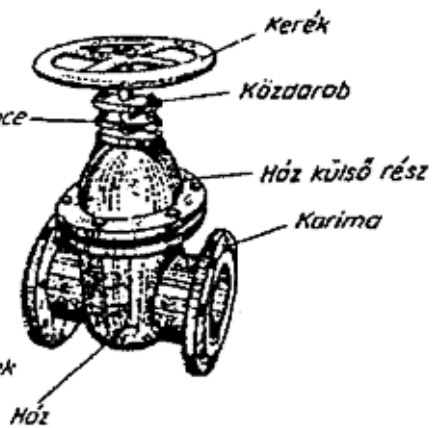
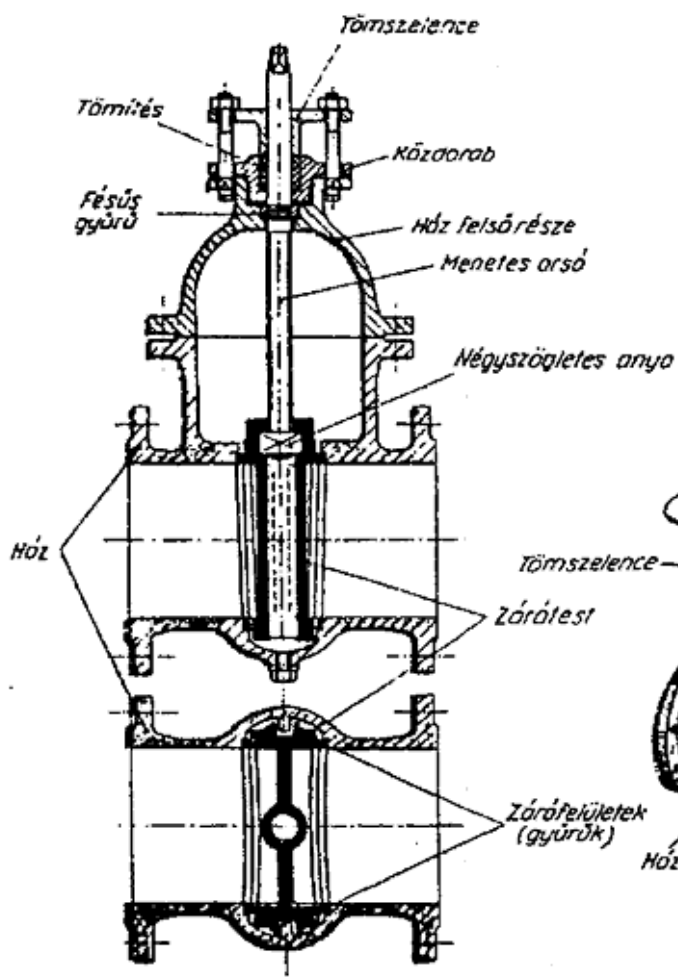
4. ábra



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?



## Áramlási veszteségek mérése

	SIMA CSÓ	ÉRDES CSÓ	SZELEP	FERDEÜLÉSŰ SZELEP	TOLÓZÁR	GÖMBCSAP
VESZTESÉGES CSŐSZAKASZ HOSSZA $l$ [mm]	1200	1200				
CSŐÁTMÉRŐ $d$ [mm]	28	28	28	28	28	28
VENTURI CSŐ BELSŐ ÁTMÉRŐJE $d_1$ [mm]	28	28	28	28	28	28
CSŐÁTMÉRŐ $d_2$ [mm]	17	17	17	17	17	17
$\Delta h$ MÉRT ÉRTÉK	$l^+$ [mm]					
	$l^-$ [mm]					
$\Delta h_v$ MÉRT ÉRTÉK	$h^+$ [mm]					
	$h^-$ [mm]					
CSŐSÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ $\lambda$						
VESZTESÉGI TÉNYEZŐ $\xi$						

### ***Sima cső***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

CSŐSÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ

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

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} = \cdot =$$

### ***Érdes cső***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

CSŐSÚRLÓDÁSI TÉNYEZŐ

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

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

$$\xi = \lambda \cdot \frac{l}{d} = \cdot =$$

### ***Tolózárr***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

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

### ***Szelep***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

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

### ***Ferdeülésű szelep***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

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

### ***Gömbcsap***

$\Delta h$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h = l^+ + l^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

$\Delta h_v$  MÉRT ÉRTÉK

$$\Delta h_v = h^+ + h^- = \_ + \_ = \_ \text{ mm}$$

VESZTESÉGI TÉNYEZŐ

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

### 3. mérés

## Fogaskerékszivattyú szállítóképessége és volumetrikus hatásfoka

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/3.meres.mp4](http://www.uni-miskolc.hu/gepelemek/tantargyaink/001b_gepeszmernoki_alapismeretek/3.meres.mp4)

#### 1. A mérési gyakorlat célkitűzése

A fogaskerékszivattyúkat egyszerű felépítésük és megbízható üzemük miatt széles körben alkalmazzák hidraulikus vezérlésű gépszerkezetek működtetéséhez, szerszámgépek, robbanó motorok és egyéb gépi berendezések központi olajozóberendezéseikhez. E szivattyúk általában  $p \approx 15 \div 20$  bar üzemi nyomás mellett  $q = 10 \div 20$  l/min folyadék szállításra készülnek, különleges kiképzéssel és pontosabb megmunkálással azonban  $p \approx 140 \div 160$  bar üzemi nyomású fogaskerékszivattyúk is készíthetők.

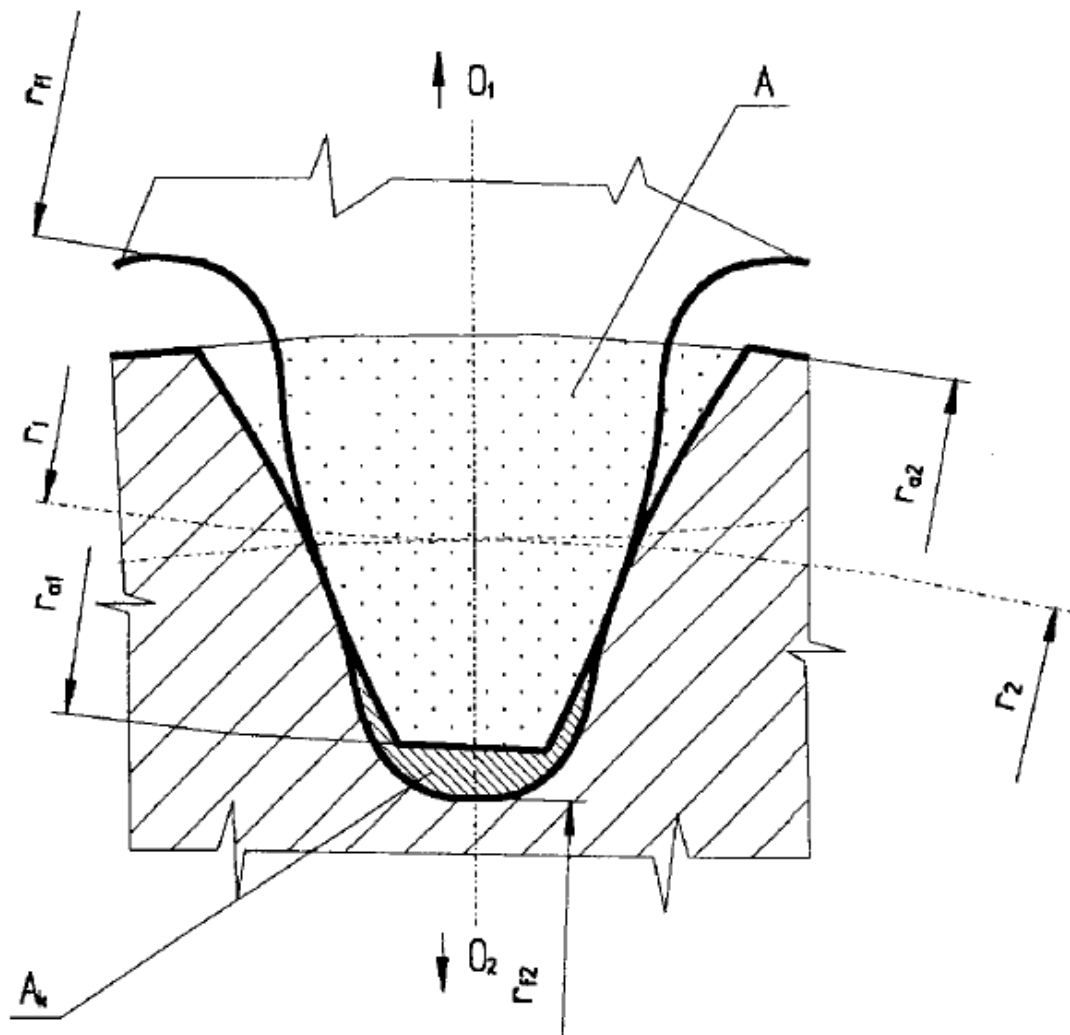
A fogaskerékszivattyú felépítéséből és működéséből következik, hogy szállítóképessége függ a szívó- és nyomótér nyomáskülönbségétől (terhelésétől). Ezt a függvénykapcsolatot elvi megfontolások alapján számítással nem tudjuk elég pontosan meghatározni a bonyolult áramlási viszonyok miatt. Pontosabban csak mérések alapján ítélni lehet meg a fogaskerékszivattyú szállítóképességét és volumetrikus hatásfokát.

E mérési gyakorlat célja, hogy megvizsgáljuk egy kenőolajszivattyú szállítóképességét és volumetrikus veszteségeit. A mérés tanulságait igyekeztünk azzal növelni, hogy egy viszonylag jó és egy ismert hibával rendelkező szivattyú mérési eredményeit értékeljük és hasonlítjuk össze.

#### 2. A fogaskerékszivattyú szállítóképessége

A fogaskerékszivattyú kerekai általában evolvensprofilú, egyenesfogú, azonos fogszámú fogaskerek. E kerek egymással elvileg hézagmentesen kapcsolódnak, s a szivattyú háza érintkezik a fogaskerek fejszalagjaival és homloklapfelületeivel. A kerek forgatásakor az

ellenkerék foga a szívótérben gördül ki a fogárokból, miközben a fogárok feltöltődik folyadékkal. A feltöltött fogárok a ház fala mentén a nyomótérbe jut, ahol az ellenkerék foga begördül a fogárokba és onnan a folyadék nagy részét a nyomóvezetékbe nyomja, a fejhézag terébe beszoruló folyadékmennyiség pedig visszakerül a szívótérbe. Működését tekintve tehát a fogaskerékszivattyú **sokdugattyús** dugattyús szivattyú, amelynél a fogárok a hengereknek, az ellenkerék fogai a dugattyúknak, a fejhézag tere pedig a káros térnek felel meg.



8. ábra

A fenti gondolatmenet alapján egyszerűen felírható a fogaskerékszivattyú elméleti közepes folyadékszállítása. Figyelembe véve a 8. ábra jelöléseit, az elméleti közepes folyadékszállítás (térfogatáramlás):

$$q_{eköz} = 2 \cdot z \cdot A \cdot b \cdot n \quad (27)$$

ahol

- $z \cdot n$  az időegység alatt kapcsolódó fogpárok száma;
- $n = n_1 = n_2$  a fogaskerekek fordulatszáma;

- $z = z_1 = z_2$  a fogaskerek fogszáma;
- $b$  a fogárok hossza (fogaskerék szélesség);
- $A$  a fogárok hasznos keresztmetszete.

Elemi fogazatú kerekéknél a fogárok hasznos keresztmetszetét közelítéssel a fogaskerék moduljával is kifejezhetjük

$$A \approx \frac{m \cdot \pi}{2} \cdot 2 \cdot m = m^2 \cdot \pi \quad (28)$$

amellyel a közelítő folyadékszállítás (térfogatáramlás)

$$q_{eköz} = 2 \cdot m^2 \cdot \pi \cdot b \cdot z \cdot n \quad (29)$$

A valóságos folyadékszállítás mindig kisebb, mint az (27) alapján meghatározható elméleti folyadékszállítás. A fogaskerék és a szivattyúház érintkező felületei között, valamint a fogaskerék fogak érintkező felületei között csak elméletileg lehet zérus rés, a valóságban  $\approx 0,02 \div 0,03$  mm értékű résekkel mindenütt számolnunk kell, amelyeken keresztül a szállított folyadék mennyiség egy része "visszaáramlik" ("szlip"-veszteség), tehát csökkenti a szállítóképességet. Ezen kívül a fogaskerek tengelyeinél is lehet tömítetlenség, tehát folyadékveszteség. A valóságos folyadékszállítás (térfogatáramlás):

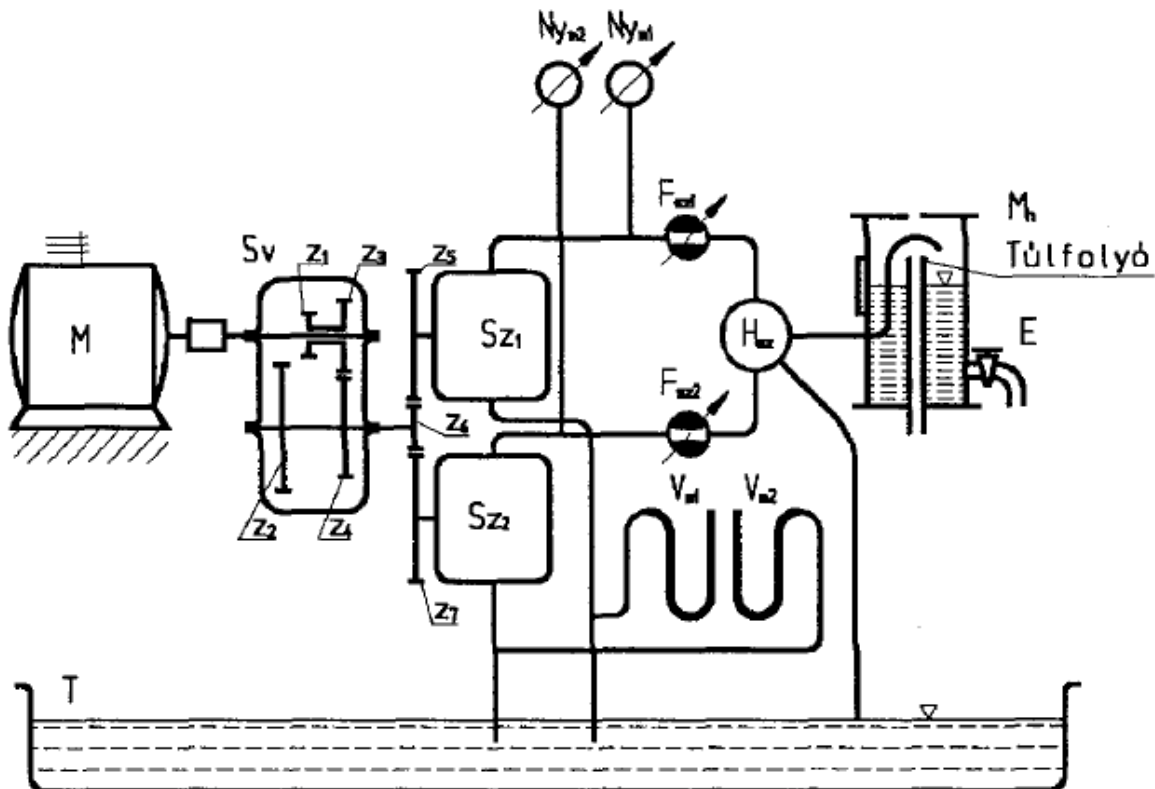
$$q_{eff} = q_e \cdot \eta_{vol} \quad (30)$$

Az  $\eta_{vol}$  volumetrikus hatásfok értéke függ a fogaskerékszivattyú terhelésétől, a szállított folyadék viszkozitásától, a szivattyú fordulatszámától, a szivattyú részviszonyaitól, tömítetlenségeitől. Általánosságban megállapíthatjuk, hogy a szivattyú terhelésnövekedésekor csökken, növekvő szállításnál nő, a szivattyú fordulatszámának növelésével nő, a résméreték csökkentésével nő a volumetrikus hatásfok értéke.

### 3. A mérőberendezés leírása

A 9. ábrán látható a mérőberendezés kapcsolási vázlata. Az  $M$  jelű hajtómotor az  $S_v$  jelű sebességváltón keresztül hajtja az  $S_{z1}$  és  $S_{z2}$  jelű szivattyúkat. A sebességváltóval a szivattyúk két különböző fordulatszámon működtethetők. A szivattyúk az  $F_{sz1}$  ill.  $F_{sz2}$  jelű fojtószelepeken keresztül nyomják a szállított olajmennyiséget. Ezekkel a szelepekkel szabályozható és állítható be a szivattyúk terhelése az  $Ny_{m1}$  és  $Ny_{m2}$  jelű nyomásmérők szerint. A  $V_{m1}$  és  $V_{m2}$  jelű vákuummérők a szívótérben uralkodó vákuumot érzékeltetik. A szivattyúk által a fojtószelepeken keresztül szállított folyadék a  $H_{sz}$  jelű kétállású hidraulikus

irányváltó szelepbe jut. E szelep 1 jelű állásánál az  $Sz_1$  jelű szivattyú által szállított folyadékot vezeti az  $M_h$  jelű mérőhengerbe, míg az  $Sz_2$  jelű szivattyú által szállított folyadékot visszavezeti a  $T$  jelű tartályba. A szelep 2 jelű állásánál viszont az  $Sz_2$  jelű szivattyú szállít a mérőhengerbe, az  $Sz_1$  jelű szivattyú pedig a tartályba. A mérőhengerben a folyadékszint maximálisan a túlfolyó szintjéig emelkedhet. A mérőhenger kiürítése az  $E$  jelű tolózár nyitása útján történhet.



9. ábra

#### Adatok:

- $M$  jelű motor: Háromfázisú rövidre zárt aszinkron motor. A motor teljesítménye  $P=0,44\text{kW}$ ,  $n=1440/\text{min}$  fordulatszám mellett. E mérőberendezésben a villamosmotor fordulatszáma a mérés során  $1455\div 1565/\text{min}$  között változik, a beállítható terheléstől függően.
- $S_v$  jelű sebességváltó: kétfokozatú fogaskerekes sebességváltómű.

#### Áttétel:

II. jelű fokozatban 
$$i_{II} = \frac{z_4}{z_3} \cdot \frac{z_5}{z_6} = \frac{43}{29} \cdot \frac{53}{21} = 3,7422$$

I. jelű fokozatban

$$i_I = \frac{z_2}{z_1} \cdot \frac{z_5}{z_6} = \frac{54}{18} \cdot \frac{53}{21} = 7,5714$$

c) Szivattyú: Közepes nyomású kenőolajszivattyú mezőgazdasági erőgéphez.

A szivattyú fogaskerékpárjának adatai:

- Fogszám  $z = z_1 = z_2 = 11;$
- Modul  $m = 3mm;$
- Tengelytáv  $a = 33mm;$
- Láb kör átmérők  $d_l = d_{l1} = d_{l2} = 25,6mm;$
- Fejkör átmérők  
Sz<sub>1</sub> jelű szivattyúnál:  $d_f = d_{f1} = d_{f2} = 38mm,$   
Sz<sub>2</sub> jelű szivattyúnál:  $d_f = d_{f1} = d_{f2} = 37,7mm,$
- Fogaskerék szélesség  $b = b_1 = b_2 = 28mm;$
- Szivattyúház furatátmérők mindkét szivattyúnál  $D = D_1 = D_2 = 38mm,$
- A fogárok hasznos keresztmetszete  $A_{S_{z1}} = 0,2475cm^2$   
 $A_{S_{z2}} = 0,2150cm^2$
- A fogárok káros keresztmetszete  $A_{kS_{z1}} = 0,0325cm^2$   
 $A_{kS_{z2}} = 0,03825cm^2$

d)  $H_{sz}$  jelű szelep: kétállású hidraulikus irányváltó szelep.

e)  $F_{S_{z1}}$  és  $F_{S_{z2}}$  fojtószelepek: 1/2"-os "fojtószelepek" (átmeneti radiátorszelepekből átalakítva).

f)  $E$  jelű tolózár: 3/4"-os éktolózár.

g)  $Ny_{m1}$  és  $Ny_{m2}$  jelű nyomásmérők: 10 bar méréshatárú csőrugós manométerek.

h)  $V_{m1}$  és  $V_{m2}$  jelű vakuummérők:  $\approx 220mm$ , méréshatárú vízmanométerek.

i) T jelű tartály: 25 dm<sup>3</sup> befogadóképességű hegesztett olajtartály. A tartály 20 dm<sup>3</sup>  $\eta_{20C^\circ} \approx 10E^\circ$  viszkozitású kenőolajjal töltött.

j) A mérőberendezés tartozékai: 1 db 1/100 min beosztású versenyóra;  
1 db beállító kar a  $H_{sz}$  jelű szelephez.

#### 4. A mérési program végrehajtása

A villamos motor indítása előtt eldöntjük, hogy melyik szivattyút akarjuk mérni és melyik fordulatszámon. Ennek megfelelően a  $H_{sz}$  jelű szelepet pontosan az 1 vagy 2 jelű állásba állítjuk (ütközésig) ill. az  $S_v$  jelű sebességváltón beállítjuk a kívánt  $n_I$  vagy  $n_{II}$  szivattyú fordulatszámot (I vagy II jelű helyzet). Az  $F_{sz1}$  és  $F_{sz2}$  jelű fojtószelepeket kinyitjuk. Végül az  $E$  jelű tolózarat kinyitjuk. **A motor csak e beállítások után indítható!** A motor indítása után az  $S_v$  jelű sebességváltónak valamint a  $H_{sz}$  jelű szelepnek határozottan a beállított szélső helyzetben kell maradni, tehát a motor forgása közben ezeket még **véletlenül sem szabad állítani!** (A biztonság érdekében ezek beállítását a mérési gyakorlat vezetője végezze.)

A motor indítása után a mért szivattyúra a megfelelő fojtószelep óvatos beállításával konkrét terhelést adunk. Miután a nyomásmérő a kívánt értéket mutatja, az  $E$  jelű tolózarat zárjuk és konkrét térfogat szállítási idejét mérjük, majd a tolózár nyitásával a mérőhengerből visszaengedjük a tartályba az olajat. A fojtószeleppel most újabb nyomásértéket állítunk be, a tolózarat zárjuk és ismét mérjük konkrét térfogat szállítási idejét. A mérést így **maximum 8 bar nyomásig** tetszőlegesen ismételhetjük. A mérési eredményeket táblázatban foglaljuk össze.

#### 5. A mérési eredmények értékelése

A mérési eredmények alapján elkészítjük a mérés jegyzőkönyvét. Ez tartalmazza a fogaskerékszivattyú mérés rövid leírását és eredményeképpen a  $q_{eff} = f(\Delta p)$  szivattyú jelleggörbéket és az  $\eta_{vol} = f(\Delta p)$  görbéket mindkét szivattyúra és mindkét fordulatszámra.



## Fogaskerékszivattyú szállítóképessége és volumetrikus hatásfoka

SZ1	n <sub>1</sub>					n <sub>2</sub>				
	Δp [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	t [min]	$q_{eff} = \frac{V}{t} \left[ \frac{cm^3}{min} \right]$	$\eta_{vol} = \frac{q_{eff}}{q_{el}} [\%]$	Δp [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	t [min]	$q_{eff} = \frac{V}{t} \left[ \frac{cm^3}{min} \right]$	$\eta_{vol} = \frac{q_{eff}}{q_{el}} [\%]$
1.	0.1					0.1				
2.	0.2					0.2				
3.	0.3					0.3				
4.	0.4					0.4				
5.	0.5					0.5				
SZ2	n <sub>1</sub>					n <sub>2</sub>				
	Δp [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	t [min]	$q_{eff} = \frac{V}{t} \left[ \frac{cm^3}{min} \right]$	$\eta_{vol} = \frac{q_{eff}}{q_{el}} [\%]$	Δp [MPa]	V [cm <sup>3</sup> ]	t [min]	$q_{eff} = \frac{V}{t} \left[ \frac{cm^3}{min} \right]$	$\eta_{vol} = \frac{q_{eff}}{q_{el}} [\%]$
1.	0.1					0.1				
2.	0.2					0.2				
3.	0.3					0.3				
4.	0.4					0.4				
5.	0.5					0.5				

$$q_{el} = 2 \cdot z \cdot A \cdot b \cdot n = 2 \cdot z \cdot (m^2 \cdot \pi) \cdot b \cdot n_1 = 2 \cdot 11 \cdot ((0,3cm)^2 \cdot \pi) \cdot 2,8cm \cdot 190,189 \frac{1}{min} = 3312,52 \frac{cm^3}{min}$$

$$q_{elII} = 2 \cdot z \cdot A \cdot b \cdot n = 2 \cdot z \cdot (m^2 \cdot \pi) \cdot b \cdot n_{II} = 2 \cdot 11 \cdot ((0,3cm)^2 \cdot \pi) \cdot 2,8cm \cdot 384,8 \frac{1}{min} = 6702,057 \frac{cm^3}{min}$$

Fogaskerék fogszáma:  $z = z_1 = z_2 = 11$

Fogaskerék modulja:  $m = 3mm = 0,3cm$

Fogaskerék szélesség:  $b = b_1 = b_2 = 28mm = 2,8cm$

Fogaskerékszivattyúuk fordulatszámja:  $n_1 = 190,189 / min$        $n_{II} = 384,8 / min$

