



Szabó László

# Térfogatkiszorítás elvén működő szivattyúk

 **NSZFI**  
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI  
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője és vegyipari technikus feladatok

A követelménymodul száma: 2047-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-026-50

## VESZTESÉGES ÁRAMLÁS

### ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

A különböző **vegyipari műveletek, vegyipari technológiák üzemeltetése** során a leggyakrabban előforduló feladat a **anyagok szállítása**, tartályok feltöltése, anyagok mozgatása a vegyipari berendezésekben. A szállításhoz **szivattyúkat** használunk, amelyeknek alapvetően két típusa különböztethető meg:

- a **térfogat-kiszorítás elvén működő szivattyúk** és az
- áramlástan elven működő szivattyúk.

A szivattyúk üzemeltetéséhez ismernie kell a **veszteséges anyagszállítás** megoldásait, a csővezetékrendszerek veszteségeit okozó tényezőket. Feladatai közé tartozhat üzemelő rendszerek **szállítási veszteségeinek meghatározása**, a veszteségeket okozó tényezők kimérése, a veszteségek csökkentése.

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### VESZTESÉGES ÁRAMLÁS

##### 1. Bernoulli egyenlet veszteséges áramlás esetén

##### A Bernoulli egyenlet ideális anyagok áramlása esetén

Ideálisnak tekintett anyagok esetén eltekintünk a súrlódástól (vagyis eltekintünk a anyag belső súrlódásától, a falhoz való súrlódástól) és az iránytörésekből adódó veszteségektől. Ez azt eredményezi, hogy a anyag áramlása közben nem jönnek létre veszteségek.

Ideális anyag a valóságban nem fordul elő, de az egyszerűsítés (vagyis, hogy a anyagot ideálisnak tekintjük) megkönnyíti az áramlás energetikai viszonyainak vizsgálatát.

A Bernoulli törvény matematikai formája ideális anyagok esetén:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g}, \text{ vagy más formában:}$$

$$h + \frac{p}{\rho \cdot g} + \frac{v^2}{2g} = C, \text{ (constans, állandó), ahol:}$$

|                          |                                                                                   |
|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| <b>h</b>                 | a folyadékrészecske magassági helyzete (egy adott ponttól számított magassága, m; |
| <b>p</b>                 | a folyadék nyomása, Pa;                                                           |
| <b>v</b>                 | a folyadék sebessége, m/s;                                                        |
| <b><math>\rho</math></b> | a folyadék sűrűsége, kg/m <sup>3</sup> ;                                          |
| <b>g</b>                 | a nehézségi gyorsulás, m/s <sup>2</sup> .                                         |

A Bernoulli egyenlet szöveges formában:

Ideális folyadékok esetén az áramló folyadék **fajlagos helyzeti, fajlagos nyomási és fajlagos mozgási energiájának összege állandó.**

#### A Bernoulli egyenlet valóságos folyadékok esetén

Valóságos folyadékok áramlása esetén az áramlás során súrlódási veszteségek, valamint az iránytörésből adódó veszteségek jönnek létre. A veszteségeket több tényező okozza:

- **súrlódóerő** hat a folyadék és a csőfal között,
- az áramlás során a folyadékrészecskék sebessége különbözik, így veszteséget okoz a **folyadékrészecskék egymáshoz való súrlódása**,
- ha a csővezetékben a folyadék iránytörést szenved (például szelepet építünk be a vezetékbe), **az iránytörésekből**, az ütközésekből veszteségek jönnek létre.

Ha valóságos folyadékok áramlása esetén vizsgáljuk két keresztmetszetben a folyadék energiáit, az áramlás irányában vizsgált második keresztmetszetben a veszteségek miatt az energia kisebb lesz. A két keresztmetszetben az energiák egyenlősége csak akkor lesz egyenlő, ha a második keresztmetszet fajlagos energiáihoz hozzáadjuk az áramlás során létrejött veszteségeket.

A Bernoulli törvény matematikai formája ideális folyadékok esetén:

$$h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_v,$$

ahol:  **$h_v$**  az áramlás során létrejött veszteség fajlagos értéke, az un. **veszteségmagasság**, J/N.

#### A veszteségmagasság számítása

A csövek, idomok és egyéb szerelvények (például szeletek) veszteségét erősen befolyásolja az áramlás jellege és az alkatrészek geometriai kialakítása. Magát a veszteséget a gyakorlati számításokban az áramlási adatok mellett az alkatrésze vagy csőre jellemző áramlástechnikai együttható, másképpen csősúrlódási tényező figyelembevételével határozzuk meg.

A csővezeték veszteségét az egyenes szakaszok és az egyes idomok – pl. könyök, elágazás, zárószerelvény stb. – által okozott veszteségek összege adja. Fontos megjegyezni, hogy az áramlási veszteség mindig pozitív érték, és nem befolyásolja az áramlás iránya. Teljesen mindegy, hogy egy magas tartályból lefelé csurog a víz, vagy ellenkezőleg: alulról szivattyúval tápláljuk a tartályt, azonos áramlási sebességnél a veszteség azonos lesz, és mindig a folyadék energiájának rovására keletkezik.

### Egyenes csőszakasz veszteségei

Egy csőhálózat egyenes csőszakaszainak veszteségeit a súrlódási veszteségek okozzák. **Egyenes csőszakaszok esetén a veszteség függ a csővezeték hosszától, átmérőjétől és a súrlódásra jellemző csősúrlódási együtthatótól.**

**Egyenes csőszakasz veszteségét a következő összefüggéssel számítjuk:**

$$h_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \text{ ahol:}$$

**$h_v$**  a fajlagos áramlási veszteség, a veszteségmagasság, J/N;

**$\lambda$**  a csősúrlódási együttható

**$l$**  a csőszakasz hossza, m;

**$d$**  a csőátmérő, m;

**$v$**  a folyadék áramlási sebessége, m/s;

**$g$**  a nehézségi gyorsulás, m/s<sup>2</sup>.

A csősúrlódási együttható értéke függ a cső belső falának érdességétől, valamint az áramlásra jellemző Reynolds-számtól. Pontos értékét táblázatból, illetve diagramból kereshetjük ki. Általában jól használhatók közelítő számításoknál a következő értékek:

Lamináris áramlás ( $Re \leq 2320$ ) esetén  $\lambda = \frac{64}{Re}$ ,

turbulens áramlás ( $Re \geq 2320$ ) esetén  $\lambda = 0,02 \dots 0,03$ .

### Idomok és szerelvények veszteségei

A folyadékok szállítását biztosító csőhálózat nemcsak egyenes csövekből, hanem az irányváltoztatáshoz szükséges idomokból és különböző elzáró szerelvényekből áll. Az idomok és szerelvények megváltoztatják az áramlás jellegét, irányát és csökkentik a folyadék energiáját, azaz veszteséget okoznak. Az idomok és csőszerelvények ellenállása szintén függvénye a Reynolds-számnak, valamint az idom alakjának. Az idomok és szerelvények veszteségeit **ellenállás-tényezőikkel** jellemezzük. Az **ellenállás-tényezők** meghatározása mérés alapján történik, értéküket szabványok és táblázatok rögzítik.

**Idomok és szerelvények veszteségeinek számítása:**

$$h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \text{ ahol:}$$

$h_v$  a fajlagos áramlási veszteség, a veszteségmagasság, J/N;

$\xi$  az idom vagy szerelvény ellenállási együtthatója,

$v$  a folyadék áramlási sebessége, m/s;

$g$  a nehézségi gyorsulás, m/s<sup>2</sup>.

### A csővezetékrendszer veszteségei

A vezetékek rendszer általában több egyenes csőszakaszt és többféle idomot, szerelvényt tartalmaz. Ebben az esetben összegezni kell az egyenes csőszakaszok és a idomok, szerelvények veszteségeit.

**A csővezetékrendszer veszteségeinek számítása:**

$$h_v = \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum \xi_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}, \text{ ahol:}$$

$\Sigma$  az összegzés jele,

$\ell_i$  az egyes csőszakaszok hossza,

$\xi_i$  az egyes elemek (idomok, szerelvények) ellenállási együtthatója.

## 2. A veszteségek grafikus ábrázolása, a csővezeték jelleggörbe

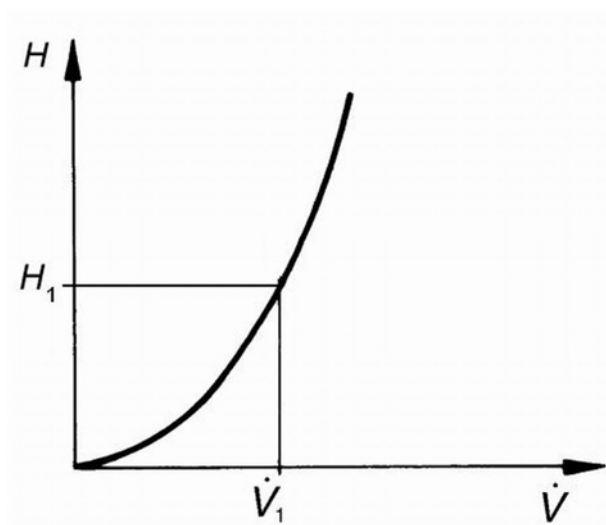
A csővezetékrendszerek veszteségeit diagramban lehet ábrázolni. A gyakorlatban a veszteségeket a térfogatáram függvényében ábrázoljuk. A veszteségmagasság egyenesen arányos a csővezetékben áramló folyadéksebesség négyzetével:

$$h_v = \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum \xi_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}.$$

$v = \frac{\dot{V}}{A}$  behelyettesítéssel:

$$h_v = \left( \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i \right) \frac{1}{2 \cdot g \cdot A^2} \cdot \dot{V}^2 = k \cdot \dot{V}^2.$$

Ez az összefüggést  $h_v - \dot{V}$  koordináta-rendszerben ábrázolva egy parabolát kapunk (1. ábra). Ezt a görbét **csővezeték jelleggörbének** nevezzük.



1. ábra A csővezeték jelleggörbe

Az ábráról leolvasható a különböző szállított folyadékmennyiségek esetén a veszteségmagasság értéke. Például a  $\dot{V}_1$  szállított folyadékmennyiség esetén a veszteségmagasság értéke  $H_1$ .

Ha a folyadék szabadon folyik ki a csővezetékből, a kifolyásnál  $v^2/2g$  energiával áramlik ki a vezetékből. Ez az energia szintén veszteségként jelentkezik. Szabad kifolyás esetén a veszteségmagassághoz hozzá kell adni a kifolyási veszteséget.

A kifolyási veszteség:

$$h_{ki} = \frac{v^2}{2g}.$$

A csővezeték veszteségmagassága (a kifolyás veszteségeinek figyelembe vételével):

$$h_v = \left( \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i + 1 \right) \frac{v^2}{2 \cdot g}.$$



Az 1. ábrán látható csővezeték jelleggörbe csak a veszteségeket ábrázolja. Ezen túlmenően még figyelembe kell venni a szállítás egyéb energiaszükségleteit is (például, ha szintkülönbséget vagy nyomáskülönbséget kell legyőzni a folyadékszállítás során). A teljes csővezeték jelleggörbét később tárgyaljuk.

### 3. Csővezetékrendszerek veszteségeinek és csősúrlódási együtthatójának meghatározása méréssel

Csővezetékrendszerek veszteségeit legegyszerűbben úgy mérhetjük meg, hogy a vizsgált csővezeték két pontján nyomásmérő műszereket helyezünk el.

#### Mérőhely

Példaképpen leírunk egy veszteségmérésre, illetve a csősúrlódási együttható mérésére alkalmas mérőhelyet, amelyen gyakorolni lehet a veszteségmérést és a csősúrlódási együttható méréssel történő meghatározását.

A mérőhely tartalmaz egy szabályozó szelepet, amelynek segítségével változtatható a csővezetékben áramló víz mennyisége, térfogatárama. A térfogatáramot egy mennyiségmérő műszer segítségével mérjük.

A mérőhely segítségével egyenes cső és könyököket tartalmazó cső veszteségeit lehet meghatározni. A vizsgált csőszakaszok kezdeti és végpontjához egy U-csöves nyomásmérő műszert kapcsolunk. A műszer azt a nyomáskülönbséget méri, amely az áramlási veszteség legyőzésére szolgáló nyomási energiát tartalmazza.

#### Az áramlási veszteség

A műszer segítségével meghatározható fajlagos nyomási energia megegyezik az adott csőszakasz veszteségével, veszteségmagasságával:

$$h_v = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}, \text{ ahol:}$$

$h_v$  az adott csőszakasz fajlagos veszteségeit kifejező veszteségmagasság, J/N (m);

$\Delta p$  a műszerrel mért nyomáskülönbség, Pa;

$\rho$  az áramló folyadék sűrűsége, kg/m<sup>3</sup>;

$g$  a nehézségi gyorsulás, m/s<sup>2</sup>.

#### A nyomáskülönbség számítása

Az U-csöves nyomásmérővel mért nyomáskülönbség (higany mérőfolyadékkal):

$$\Delta p = \Delta h \cdot (\rho_{Hg} - \rho_{víz}) \cdot g, \text{ ahol:}$$

$\Delta p$  a műszerrel mért nyomáskülönbség, Pa;

$\Delta h$  a műszer által mutatott szintkülönbség, ezt általában *mm*-ben olvassuk le, de a számításokhoz át kell váltani *m* mértékegységbe;

$\rho_{\text{Hg}}$  a higany sűrűsége, kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{víz}}$  a víz sűrűsége, kg/m<sup>3</sup>.

### A csőszúrlódási tényező meghatározása

A mérőhelyen a veszteségmagasság ismeretében meghatározható az egyenes csőszakasz csőszúrlódási tényezőjének nagysága.

A csőszúrlódási tényező értékének kiszámítására alkalmas összefüggés:

$$\lambda = \frac{h_v}{\frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}}$$

## TANULÁSI RÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő lépésekben** sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "A VESZTESÉGES ÁRAMLÁS" részből az "1. Bernoulli egyenlet veszteséges áramlás esetén, veszteségszámítás" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

Oldja meg az **1–4. feladatokat**.

### 1. feladat

Az alábbi táblázatban különböző feladatokat, illetve az összefüggésekben szereplő betűket soroltunk fel. A táblázat alatt találjuk a feladat megoldásához felhasználható összefüggéseket. Írja be a táblázatba a feladat megoldásához felhasználható összefüggést, illetve a betűkkel jelölt fogalom megnevezését!

| Megoldandó feladat                                                   | Számítási összefüggés |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Egy könyöknél létrejövő fajlagos iránytörési veszteség meghatározása |                       |
| Veszteséges Bernoulli egyenlet                                       |                       |
| Egyenes csővezeték veszteségmagasságának meghatározása               |                       |



|                                                                  |  |
|------------------------------------------------------------------|--|
| Egy szelepen létrejövő fajlagos áramlási veszteség meghatározása |  |
| Egy csővezetékrendszer veszteségmagasságának meghatározása       |  |
| $\lambda$                                                        |  |
| $\xi$                                                            |  |
| $h_v$                                                            |  |
| $h_i$                                                            |  |

## 2. feladat

Egy egyenes csővezeték átmérője 200 mm, hossza 20 m. A csővezetékben áramló folyadék sebessége 2 m/s. Számítsa ki a csővezeték fajlagos áramlási veszteségét, a veszteségmagasságot, ha a csősúrlódási együttható értéke:  $\lambda = 0,02$ ! A nehézségi gyorsulás értéke:  $10 \text{ m/s}^2$ .

Adatok:

 $d =$  $l =$  $v =$  $\lambda = 0,02$  $h_v =$ 

## 3. feladat

Egy csővezetékrendszerbe szelepet építünk be. A szelepen átáramló víz sebessége 1 m/s. A szelep ellenállási tényezője:  $\xi = 2,5$ .

a/ Számítsa ki a szelepen létrejövő fajlagos veszteség, a veszteségmagasság nagyságát!

b/ A szelep veszteségeinek mérésére egy U-csöves nyomásmérőt építünk be, amelynek egyik szára a szelep előtti, másik szára a szelep utáni nyomást méri. Írja fel a Bernoulli egyenletet a szelep előtti és utáni pontra! Mekkora a mért nyomáskülönbség?

c/ Hány mm az U csőben a folyadék kitérése? A higany sűrűsége  $13600 \text{ kg/m}^3$ .

Adatok:

$v=$

$\xi=$

$\rho=$

#### 4. feladat

Egy 50 m hosszú, 100 mm átmérőjű csővezetékben 3,8 m/s sebességgel víz áramlik. A csősúrlódási tényező értéke:  $\lambda=0,02$ , a csővezetékbe iktatott idomdarabok és elzáró-szerkezetek együttes veszteségtényezője:  $\Sigma\xi = 32$ .

a/ Számítsa ki, mennyi víz áramlik a csővezetékben!

b/ Határozza meg a csővezeték veszteségmagasságát!

Adatok:

$l=$

$d=$

$v=$

$\lambda=0,02$

$\Sigma\xi=32$

$\dot{V} =$

$h_v=$

Olvassa el figyelmesen a "2. A veszteségek grafikus ábrázolása, csővezeték jelleggörbe" és a "Csővezetékrendszerek veszteségeinek és a csősúrlódási együtthatójának meghatározása méréssel" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

Oldja meg az 5–6. feladatokat.

5. feladat

Vezesse le az egyenes csőszakasz csősúrlódási tényezője ( $\lambda$ ) kiszámítására használható összefüggést, ha ismerjük a veszteségmagasság ( $h_v$ ) értékét!

## 6. feladat

Egy mérőhelyen végzett mérésnél az U-csöves nyomásmérőről 3 mm szintkülönbséget olvastunk le. A vízáramlást mérő mennyiségmérő műszer 360 liter/h értéket mutatott. A vizsgált csővezeték hossza 2 m, átmérője 16 mm.

a/ Számítsa ki az U-csöves nyomásmérővel mért nyomáskülönbséget!

b/ Számítsa ki a veszteségmagasságot!

c/ Számítsa ki a csősúrlódási együttható értékét!

Adatok:

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladatok megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

**Következő lépésként** oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

| Megoldandó feladat                                                   | Számítási összefüggés                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Egy könyöknél létrejövő fajlagos iránytörési veszteség meghatározása | $h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                                      |
| Veszteséges Bernoulli egyenlet                                       | $h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_v$                                                                                                |
| Egyenes csővezeték veszteségmagasságának meghatározása               | $h_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                |
| Egy szelepen létrejövő fajlagos áramlási veszteség meghatározása     | $h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                                      |
| Egy csővezetékrendszer veszteségmagasságának meghatározása           | $h_v = \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum \xi_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$<br>$h_v = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i) \frac{v^2}{2 \cdot g}$<br>vagy |
| $\lambda$                                                            | csőszűrlődési együttható                                                                                                                                                                                     |
| $\xi$                                                                | idom vagy szerelvény ellenállási együtthatója                                                                                                                                                                |
| $h_v$                                                                | veszteségmagasság                                                                                                                                                                                            |
| $h_l$                                                                | Egy csővezetékrendszer 1 pontjában ébredő fajlagos helyzeti energia, statikus energiamagasság                                                                                                                |

## 2. feladat

Adatok:

$$d = 200 \text{ mm} = 0,2 \text{ m},$$

$$l = 20 \text{ m},$$

$$v = 2 \text{ m/s},$$

$$\lambda = 0,02$$

$$g = 10 \text{ m/s}^2.$$

$$h_v = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} = 0,02 \cdot \frac{20 \text{ m}}{0,2 \text{ m}} \cdot \frac{(2 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 0,4 \text{ J/N (m)}$$

## 3. feladat

Adatok:

$$v = 1 \text{ m/s},$$

$$\xi = 2,5$$

$$\rho = 13600 \text{ kg/m}^3.$$

$$h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2g} = 2,5 \cdot \frac{(1 \text{ m/s})^2}{20 \text{ m/s}^2} = 0,125 \text{ J/N (m)}$$

a/

b/A Bernoulli egyenlet:

$$\frac{p_1}{\rho \cdot g} = \frac{p_2}{\rho \cdot g} + h_v$$

$$\Delta p = p_1 - p_2 = h_v \cdot \rho \cdot g = 0,125 \text{ J/N} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 1250 \text{ Pa}$$

$$c/ \Delta p = \Delta h \cdot \rho_{Hg} \cdot g$$

$$\Delta h = \frac{\Delta p}{\rho_{Hg} \cdot g} = \frac{1250 \text{ Pa}}{13600 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 0,0092 \text{ m} \approx 9 \text{ mm}$$

## 4. feladat

Adatok:

$$l = 50 \text{ m},$$

$$d = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m},$$

$$v = 3,8 \text{ m/s},$$

$$\lambda = 0,02,$$

$$\Sigma \xi = 32.$$

$$a/ \dot{V} = A \cdot v = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v = \frac{(0,1 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 3,8 \frac{\text{m}}{\text{s}} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

a/

$$b/ h_v = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \Sigma \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left( 0,02 \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 32 \right) \cdot \frac{(3,8 \text{ m/s})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 30,9 \text{ J/N (m)}$$

b/

## 5. feladat

$$h_v = \lambda \cdot \frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}, \text{ ebből } \lambda\text{-t kifejezve:}$$

$$\lambda = \frac{h_v}{\frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}}.$$

6. feladat

Adatok:

$$\Delta h = 3 \text{ mm},$$

$$\dot{V} = 360 \text{ liter/h} = 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s},$$

$$l = 2 \text{ m},$$

$$d = 16 \text{ mm} = 16 \cdot 10^{-3} \text{ m},$$

$$\rho_{\text{Hg}} = 13600 \text{ kg/m}^3.$$

$$a/ \Delta p = \Delta h \cdot (\rho_{\text{Hg}} - \rho_{\text{víz}}) \cdot g = 3 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot (13600 \text{ kg/m}^3 - 1000 \text{ kg/m}^3) \cdot 10 \text{ m/s}^2 = 378 \text{ Pa}$$

$$b/ h_v = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{378 \text{ Pa}}{10^3 \text{ kg/m}^3 \cdot 10 \text{ m/s}^2} = 0,0378 \text{ J/N(m)}$$

$$c/ \lambda = \frac{h_v}{\frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}}, \quad v = \frac{\dot{V}}{A}, \quad A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$$

$$A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(16 \cdot 10^{-3} \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} = 201 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2,$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}}{2,01 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2} = 0,497 \text{ m/s},$$

$$\lambda = \frac{h_v}{\frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}} = \frac{0,0378}{\frac{2 \text{ m}}{0,016 \text{ m}} \cdot \frac{(0,497 \text{ m})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2}} = 0,024.$$



## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Töltse ki az alábbi táblázatot! Írja be a feladatok megoldásához szükséges számítási összefüggéseket!

| Megoldandó feladat                                                   | Számítási összefüggés |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| Egy könyöknél létrejövő fajlagos iránytörési veszteség meghatározása |                       |
| Veszteséges Bernoulli egyenlet                                       |                       |
| Egyenes csővezeték veszteségmagasságának meghatározása               |                       |
| Egy szelepen létrejövő fajlagos áramlási veszteség meghatározása     |                       |
| Egy csővezetékrendszer veszteségmagasságának meghatározása           |                       |
| A veszteségmagasság szabad kifolyás esetén                           |                       |

### 2. feladat

Egy csőszűkítésnél egy 200 mm átmérőjű csövet 100 mm átmérőre csökkentünk. A csőben víz áramlik. A 200 mm-es részen az áramlási sebesség 1 m/s nagyságú.

a/ Írja fel a szerkezetre a folytonossági törvény matematikai megfogalmazását!

b/ Számítsa ki, mekkora a 100 mm-es részben a víz áramlási sebessége!

c/ Milyen az áramlás jellege a 100 mm-es csőszakaszban? A víz sűrűsége  $1000 \text{ kg/m}^3$ , viszkozitása  $10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ .

d/ A 40 m hosszú, egyenes csőszakaszba egy szelep van beépítve, a csőből a víz egy tartályba szabadon folyik ki. Számítsa ki a cső áramlási veszteségét, ha a csősúrlódási tényező nagysága:  $\lambda = 0,02$ , a szelep ellenállási együtthatója  $\xi = 2,2$ !

## 3. feladat (Mérési feladat)

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Csővezeték veszteségmagasságának és csőszűrlődési együtthatójának kimérése                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| <p>Feladat</p> <p>Mérje ki csővezetékek veszteségmagasságát és csőszűrlődési együtthatóját különböző térfogatáramok esetén! Ábrázolja a veszteségmagasság értékeket a térfogatáram függvényében, illetve a csőszűrlődési értékeket a Re-szám függvényében!</p> <p>A méréshez olyan mérőhely áll rendelkezésére, amely tartalmaz egy, a szivattyú után elhelyezett mennyiségmérőt, egy áramlást szabályozó szelepet és egy U-csöves nyomásmérőt a vizsgált csővezetékek veszteségeinek meghatározásához.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Információs lap                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| A mérés elvégzéséhez rendelkezésre álló idő:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| A beadás határideje:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <p>Mérés lépései (javaslat)</p> <p>Ellenőrizze a mérőhely üzemre kész állapotát (mérőfolyadék, kapcsolódások, szelepek helyzete stb.).</p> <p>Helyezze üzembe a szivattyút.</p> <p>Állítson be a szabályozószelep segítségével a szivattyú után elhelyezett mennyiségmérő műszer segítségével a teljesen nyitott szeleppálláshoz tartozó értéket, és olvassa le az U-csöves nyomásmérőn a szintkülönbséget.</p> <p>A mérést – a szabályozó szelep zárásával – ismétlje meg 8-12 mérési ponton a teljes szelepzárásig.</p> <p>A mérések befejezése után állítsa le a szivattyút.</p> <p>Az adatokat foglalja táblázatba.</p> <p>Ábrázolja a csővezeték jelleggörbáját <math>h_v - \dot{V}</math> diagramban (a léptékek megválasztásához esetleg kérjen segítséget)</p> <p>Ábrázolja a csőszűrlődési együttható értékeit a Re-szám függvényében (<math>\lambda - \text{Re-szám}</math> diagram); a léptékek megválasztásához esetleg kérjen segítséget.</p> <p>Készítsen a jegyzőkönyvbe vonalas vázlatot a mérőhelyről.</p> <p>A mérésről készítsen jegyzőkönyvet.</p> |
| Dokumentálás:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| Jegyzőkönyv készítése                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Értékelés szempontjai:                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| A mérés szakszerű végrehajtása, értelmezése                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |

A jegyzőkönyv tartalmi és formai kivitele, értelmezése

A táblázatok javasolt kivitele:

| Sorszám | $\dot{V}$ ,<br>liter/h | $\dot{V}$ ,<br>10-6.m <sup>3</sup> /s | $\Delta h$ ,<br>10-3 m | $\Delta p$ ,<br>Pa | $h_v$<br>J/N |
|---------|------------------------|---------------------------------------|------------------------|--------------------|--------------|
| 1       |                        |                                       |                        |                    |              |
| 2       |                        |                                       |                        |                    |              |
| stb.    |                        |                                       |                        |                    |              |

| Sorszám | $h_v$<br>J/N | $v$ ,<br>m/s | $\lambda$ | Re-szám |
|---------|--------------|--------------|-----------|---------|
| 1       |              |              |           |         |
| 2       |              |              |           |         |
| stb.    |              |              |           |         |

Írja be az alábbi táblázatba a számításhoz szükséges összefüggéseket!

| Kiszámítandó érték | Összefüggés |
|--------------------|-------------|
| $\Delta p$         |             |
| $h_v$              |             |
| $v$                |             |
| $\lambda$          |             |
| Re-szám            |             |

## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

| Megoldandó feladat                                                   | Számítási összefüggés                                                                                                                                                                                              |
|----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Egy könyöknél létrejövő fajlagos iránytörési veszteség meghatározása | $h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                                            |
| Veszteséges Bernoulli egyenlet                                       | $h_1 + \frac{p_1}{\rho \cdot g} + \frac{v_1^2}{2g} = h_2 + \frac{p_2}{\rho \cdot g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_v$                                                                                                      |
| Egyenes csővezeték veszteségmagasságának meghatározása               | $h_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                      |
| Egy szelepen létrejövő fajlagos áramlási veszteség meghatározása     | $h_v = \xi \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                                                                            |
| Egy csővezetékrendszer veszteségmagasságának meghatározása           | $h_v = \sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g} + \sum \xi_i \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$<br>$h_v = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$<br>vagy |
| Szabad kifolyás esetén a veszteségmagasság                           | $h_v = (\sum \lambda \cdot \frac{\ell_i}{d} + \sum \xi_i + 1) \cdot \frac{v^2}{2 \cdot g}$                                                                                                                         |

## 2. feladat

Adatok:

d1 = 200 mm,

d2 = 100 mm,

v2 = 1 m/s,

 $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$ , $\eta = 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ , $\lambda = 0,02$ ,

$$\xi = 2,2$$

$$a/ \dot{V} = v_1 \cdot A_1 = v_2 \cdot A_2$$

$$\dot{V} = v_1 \cdot \frac{d_1^2 \pi}{4} = v_2 \cdot \frac{d_2^2 \pi}{4}$$

$$b/ v_2 = v_1 \cdot \frac{d_1^2}{d_2^2} = 1 \text{ m/s} \cdot \frac{0,2^2 \text{ m}^2}{0,1^2 \text{ m}^2} = 4 \text{ m/s}$$

$$c/ \text{Re} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta} = \frac{4 \text{ m/s} \cdot 0,1 \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3}{10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 4 \cdot 10^5, \text{ az áramlás turbulens}$$

$$d/ h_v = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \xi + 1 \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left( 0,02 \cdot \frac{40 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 2,2 + 1 \right) \frac{(4 \text{ m})^2}{20 \text{ m/s}^2} = 8,96 \text{ m}$$

### 3. feladat

| Kiszámítandó érték | Összefüggés                                                                |
|--------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| $\Delta p$         | $\Delta p = \Delta h \cdot (\rho_{\text{Hg}} - \rho_{\text{víz}}) \cdot g$ |
| $h_v$              | $h_v = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g}$                                      |
| $v$                | $v = \frac{\dot{V}}{A}, A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$                       |
| $\lambda$          | $\lambda = \frac{h_v}{\frac{\ell}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}}$                |
| Re-szám            | $\text{Re} = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta}$                            |

## SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE

### ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

Munkafeladatai megoldása során gyakran kell üzemeltetni folyadékszállító berendezéseket, szivattyúkat. A szivattyúk egyik alapvető típusát a térfogat–kiszorítás elvén működő szivattyúk alkotják.

A térfogat–kiszorítás elvén működő szivattyúk üzemeltetéséhez ismernie kell a szivattyúk szerkezeti kialakítását, működését, az üzemeltetésük szabályait, előírásait. Beosztott munkatársainak el kell tudni magyaráznia a szivattyúk üzemeltetésének szempontjait, az üzemeltetés helyes megvalósítását.

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### A TÉRFOGAT–KISZORÍTÁS ELVÉN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE

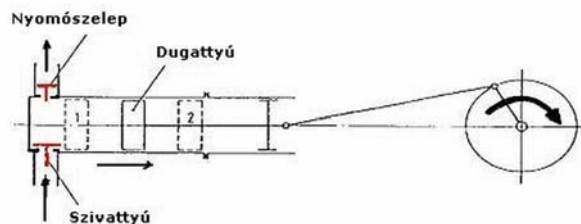
##### 1. A szivattyúk működési elvei

A folyadékszállító berendezéseknek alapvetően két típusát különböztetjük meg:

- a térfogat–kiszorítás elvén működő szivattyúk, és
- az áramlástan elvén működő szivattyúk.

##### A térfogat–kiszorítás elvén működő szivattyúk

A térfogat–kiszorítás elvén működő szivattyúk lényege, hogy létrehozunk egy növekvő, majd csökkenő teret. Tipikus megoldás a dugattyús rendszer (2. ábra).



2. ábra A térfogat-kiszorítás elve

A dugattyú egy zárt hengertérben mozog. Ha a dugattyú az 1 helyzetből a 2 helyzetbe mozog, a hengertér megnő. Bővülő tér esetén a hengertérben vákuum jön létre és a külső légnyomás benyomja a folyadékot a hengertérbe. Csökkenő hengertér esetén (amikor a dugattyú a 2 helyzetből az 1 helyzetbe mozog) a folyadék "kiszorul" a hengertérből. A folyadék mozgását visszacsapó szelepek irányítják. Vákuum esetén a szívószelep nyit és beengedi a folyadékot a hengertérbe. Csökkenő hengertérnél a hengertérben a nyomás nő, a szívószelep zár, a nyomószelep nyit és kiengedi a folyadékot a hengertérből.

### Áramlástan elven működő szivattyúk

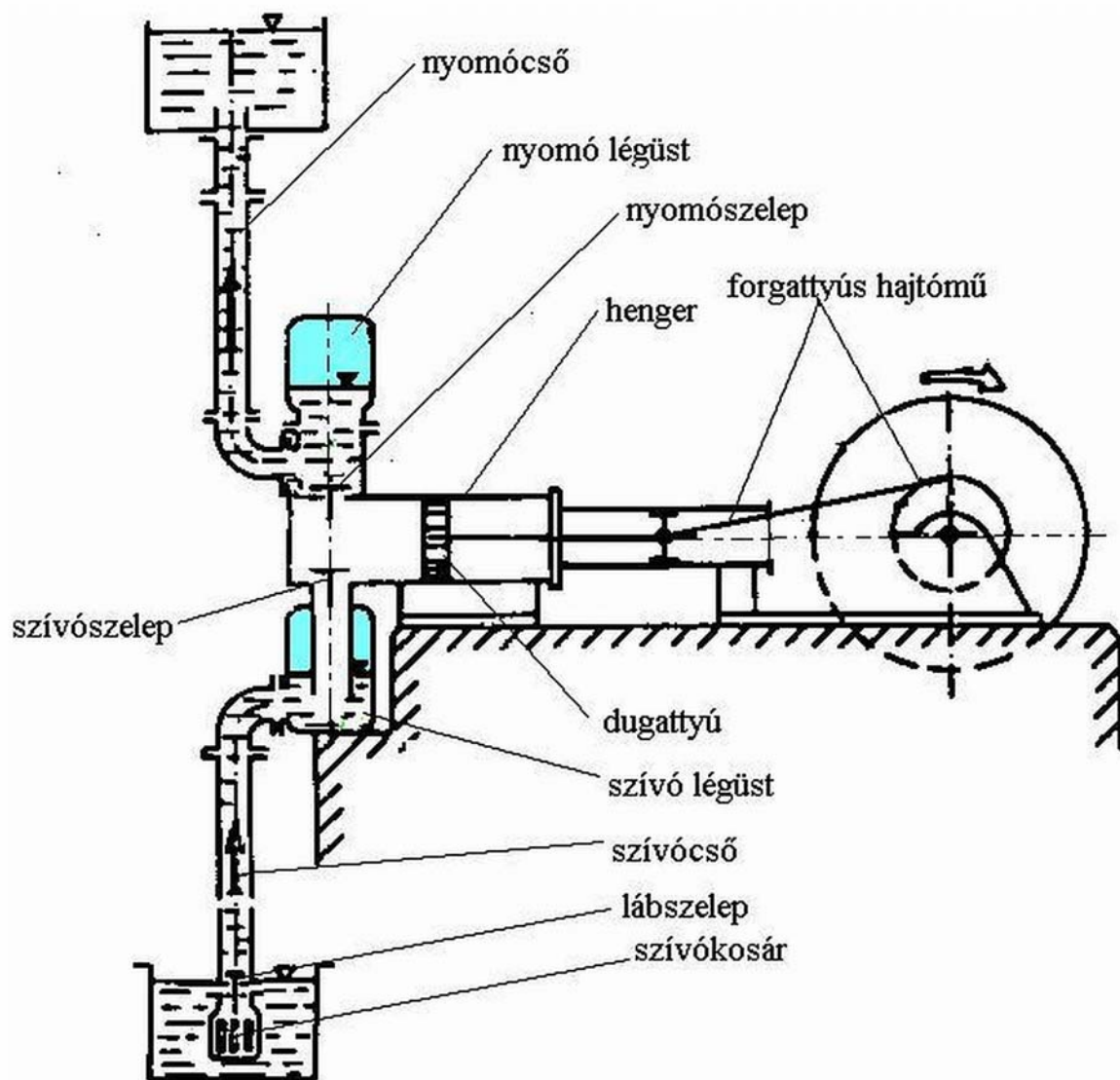
Az áramlástan elven működő szivattyúk valamilyen áramlási törvényszerűséget használnak fel a folyadék továbbításához. Jellemző típus az örvényszivattyú (. ábra), közismert nevén centrifugálszivattyú. Ezek oly módon szállítják a folyadékot, hogy járókerekük energiát közöl a folyadékkal. Az energiaközlés hatására a folyadék sebessége megnő, ezzel együtt nő a mozgási energiája. A megnövekedő mozgási energia a szivattyúházban nyomási energiává alakul, biztosítva a folyadék mozgatásához szükséges energiát.

## 2. Dugattyús szivattyú

### A DUGATTYÚS SZIVATTYÚ SZERKEZETI EGYSÉGEI

A dugattyús szivattyú főbb szerkezeti egységei (3. ábra).

- a henger,
- a dugattyú,
- szívó- és nyomó szelep,
- a dugattyút mozgató forgattyús hajtómű,
- szívó- és nyomó légüst,
- lábszelep,
- szívókosár.



3. ábra Dugattyús szivattyú

### A folyadék mozgatása

A hengertérben lévő dugattyút a forgattyús hajtómű mozgatja. A forgattyús hajtómű a motor forgó mozgását alakítja át egyenesvonalú mozgássá. Amikor a dugattyú a 3. ábra szerint balról jobbra mozog, folyamatosan növekszik a henger térfogata, és a külső nyomás hatására a folyadék beáramlik a hengertérbe. Ez az ún. **szívó** ütem. Ellenkező irányú dugattyúmozgásnál a hengertérfogat csökken, és a dugattyú kinyomja a folyadékot a hengerből. Ez a **nyomó** ütem.



A folyadék megfelelő irányú áramlását a szívó- illetve a nyomószelep szabályozza, Ezek visszacsapó szelepek, amelyek csak az egyik irányba engedik át a folyadékot. Szívóütemben a külső (legtöbbször atmoszférikus) nyomás és a hengerben létrejövő kisebb nyomás (vákuum) nyomáskülönbsége nyitja a szívószelepet, a nyomáskülönbség hatására a folyadék beáramlik a hengertérbe. Ebben az ütemben a nyomószelep a hengertérben uralkodó kisebb nyomás miatt zárva van.

A szívóütem végén a dugattyú ellenkező irányú mozgásának hatására nő a nyomás a hengertérben, a szívószelep zár, a nyomószelep nyit és a folyadék kiáramlik a hengertérből.

### **A folyadékszállítás jellege**

A dugattyús szivattyúk folyadékszállításának nagy hátránya, hogy a szállítás egyenlőtlen. Szívóütemben csak az egyik ágban (a szívócsőben) van folyadékáramlás, míg a nyomóütemben csak a nyomóágban (a nyomócsőben) áramlik a folyadék. A dugattyú egyenlőtlen mozgása (szinuszosan változik a sebessége, a dugattyú az egyik holtpontonról felgyorsul maximumra, majd lassul és megáll, és innen megint felgyorsul stb.) további egyenlőtlenséget okoz. Az egyenlőtlen, lüktető folyadékáramlás zavaró a folyadékszállítás szempontjából. A lüktető folyadékáramlás "folyadékütéssel" terheli a szelepeket, a könyököket, aminek hatására a szerkezeti elemek károsodnak.

### **A légüstök szerepe**

A légüstök egyenletesebbé teszik a folyadékszálítást. A szívóütemben a szívócsőben a folyadékáramlás egyre gyorsul, majd amikor a dugattyú mozgása lassulni kezd, a folyadék tehetetlenségénél fogva nem tud lassulni és változatlan sebességgel áramlik a szívószelep felé.

A szívó légüstben a folyadék fölött levegőréteg van. A tehetetlenül áramló folyadék a szívólégüstbe áramlik, felhalmozódik a légüstben, megemeli a folyadékszintet. A folyadékszint növekedés eredménye, hogy a légüstben megnő a légnyomás és ez a nyomás a következő ütemben – amikor a szívóütem kezdődik és még kicsi a "szívóhatás" – segíti a folyadékáramlás megindulását a hengerbe.

A nyomólégüst a szívólégüsthöz hasonló szerepet tölt be. A nyomóütemben a folyadékáram sebessége nő, majd a maximumot elérve csökken, de a folyadékoszlop változatlan sebességgel áramlik. A folyadék a nyomólégüstben halmozódik fel, megemelve a folyadékszintet, megnövelve a nyomást. A légnyomás a csökkenő folyadékszállítás ütemében egyenletesebbé teszi a folyadékáramlást.

### **A szívókosár és a lábszelep**

A csővezetékrendszer elején elhelyezett szívókosár egy lyukakkal ellátott henger. Ennek célja, hogy megakadályozza a szennyeződések bejutását a csővezetékbe.

A lábszelep szintén egy visszacsapó szelep. A nyomóütemben a folyadék kifolya a szívócsőből és megszakadna a folyadékoszlop. A visszacsapó szelep a nyomóütemben lezár és megakadályozza a folyadék kifolyását a szívócsőből.

### A szállított folyadék térfogatárama

A szállított folyadékmennyiség átlagos térfogatáramát tudjuk meghatározni. A forgattyús hajtómű egyszeri körülfordulása esetén a hengertérből kiáramló folyadék térfogata a hengerkeresztmetszet és a henger elmozdulásának, az un. **lökethossznak** a szorzata:

$V = A \cdot s$ , ahol:

**A** a henger keresztmetszete,

**s** a lökethossz.

Ha az 1 másodperc alatti fordulatszám: **n**, akkor az időegység alatt szállított folyadék mennyisége, a szállított folyadék térfogatárama:

$$\dot{V} = A \cdot s \cdot n.$$

Ez az összefüggés az elméletileg szállított folyadékmennyiséget jelenti. A szelepek tökéletlen zárása miatt szivattyú kevesebb folyadékmennyiséget szállít. A gyakorlatban szállított folyadékmennyiség és az elméleti folyadékmennyiség hányadosa az un. volumetrikus hatásfok:

$$\eta_v = \frac{\dot{V}_{gyak}}{\dot{V}_{elm}}.$$

A volumetrikus hatásfokot a szivattyú műszaki adatai és a szállítás körülményei alapján tapasztalati úton lehet meghatározni. A volumetrikus hatásfok figyelebe vételével a gyakorlatban szállított térfogatáram:

$$\dot{V} = \eta_v \cdot A \cdot s \cdot n = \eta_v \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot s \cdot n, m^3 / s$$

ahol:

$\dot{V}$  a szállított folyadékmennyiség (térfogatáram),  $m^3/s$ ;

**A** a henger keresztmetszet,  $m^2$ ;

**D** a hengerátmérő,  $m$ ;

**s** a lökethossz,  $m$ ;

$\eta_v$  a volumetrikus hatásfok,

$n$  a fordulatszám, 1/s.

A fordulatszámot a gyakorlatban 1/min (1/perc)-ban szokták megadni. A számításoknál mindig 1/s mértékegységgel kell a mérőszámot behelyettesíteni.

### 3. Egyéb térfogat-kiszorításos szivattyúk

A gyakorlatban a dugattyús szivattyú mellett más, térfogat-kiszorításos szivattyútípusokat is alkalmaznak. Ilyenek például:

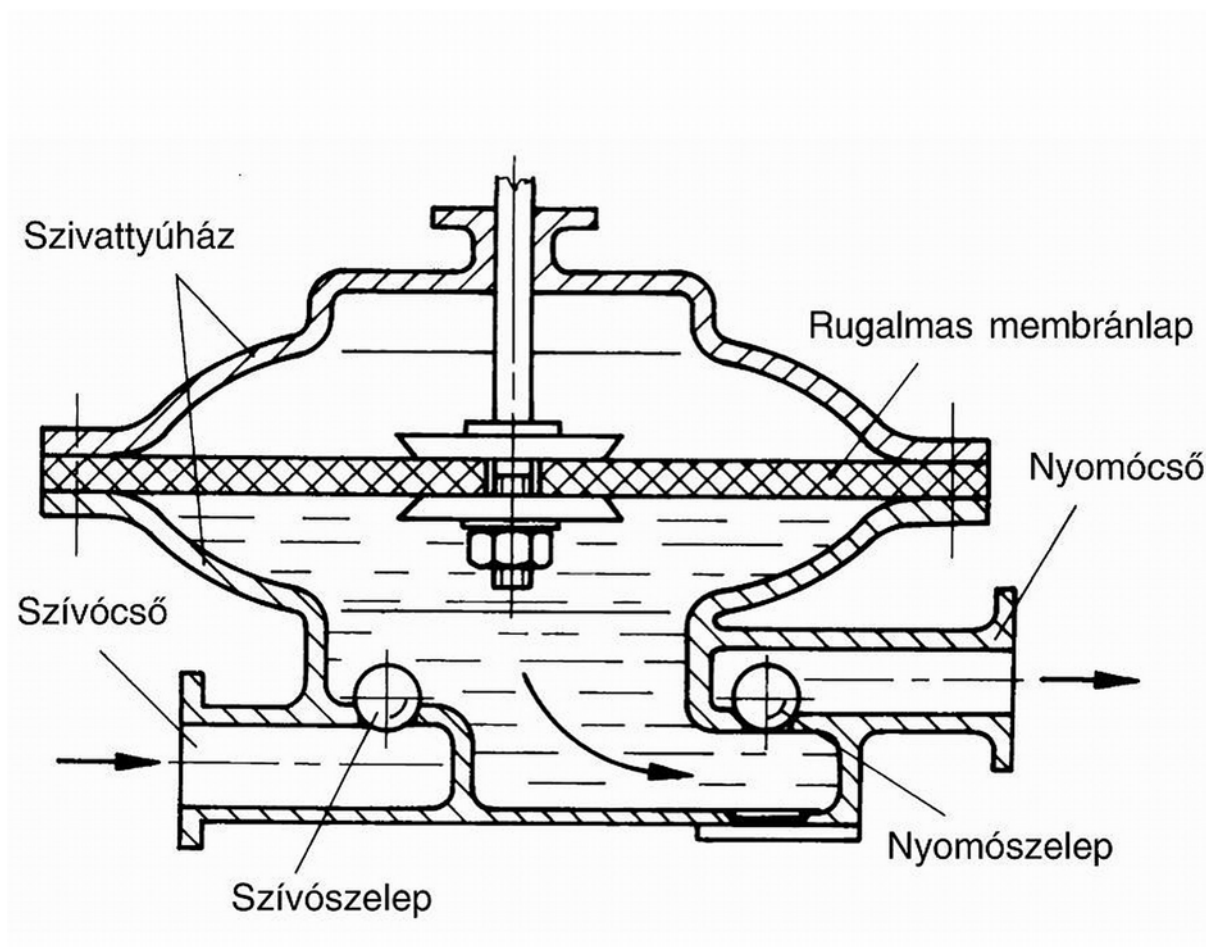
a membránszivattyú,

a fogaskerék-szivattyú,

a forgódugattyús szivattyú.

#### A membránszivattyú

A térfogatkiszorítás elvén működő szivattyúk különleges képviselője a membránszivattyú. A 4. ábra szerinti készülékben a dugattyút rugalmas tárcsa, a membrán helyettesíti. A hajtókar a membránt fel-le mozgatva hajlítgatja, és ezáltal változik a membrán alatti üreg térfogata. A kisebb lengő tömegek, valamint a súrlódásmentes hajtás miatt nagyobb fordulatszám is alkalmazható.



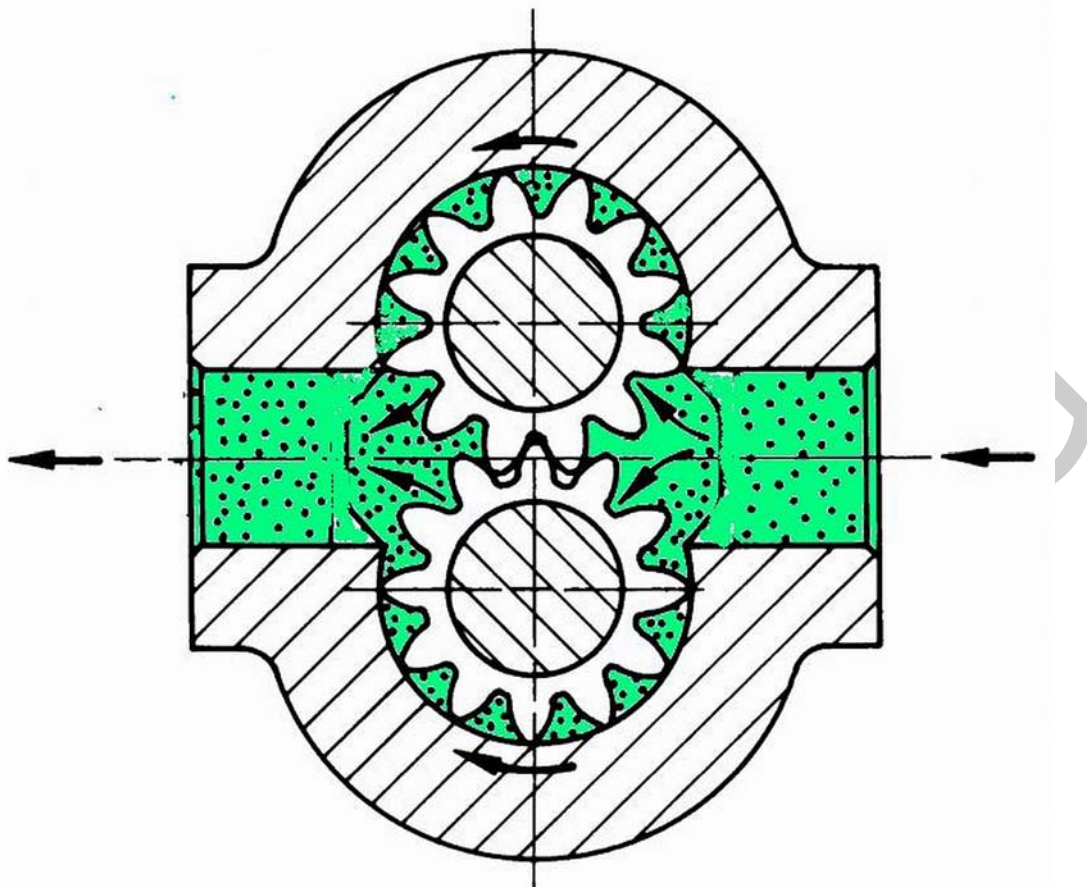
4. ábra Membránszivattyú

Kiválóan alkalmas a vegyiparban erősen korrodáló hatású folyadék és szilárd szemcséket is tartalmazó zagy továbbítására, mert nem tartalmaz berágódásra hajlamos súrlódó alkatrészt. Hátránya, hogy a lengődugattyús szivattyúhoz hasonlóan a folyadékszállítás lüktető.

*A membránszivattyút főleg adagolásra használják. Jellegzetes alkalmazási területe a gépjárművek üzemanyag-adagolása. A membrán anyaga gumi vagy rugalmas fém lehet, bevonható korrózióálló anyaggal, vagy akár abból is készülhet.*

#### A fogaskerék-szivattyú

A fogaskerék-szivattyú sűrű, viszkózus anyagok, pépek, masszák továbbítására alkalmas készülék. Az 5. ábrán látható, hogy az egymásba kapcsolódó fogaskerékpár forgása közben a fogak és a készülék háza közötti kamrába szorult anyag folyamatosan előrehalad. A folyadék beáramlását a kamrákba az egymáshoz kapcsolt és egymástól távolodó fogak által létrehozott "szívóhatás" biztosítja, majd a egymásba kapcsolódó fogak közötti térrész csökken és a folyadék kiszorul a fogak közül. A fogaskerék-szivattyúk nem önfelszívóak, a folyadékszállítása egyenletes.



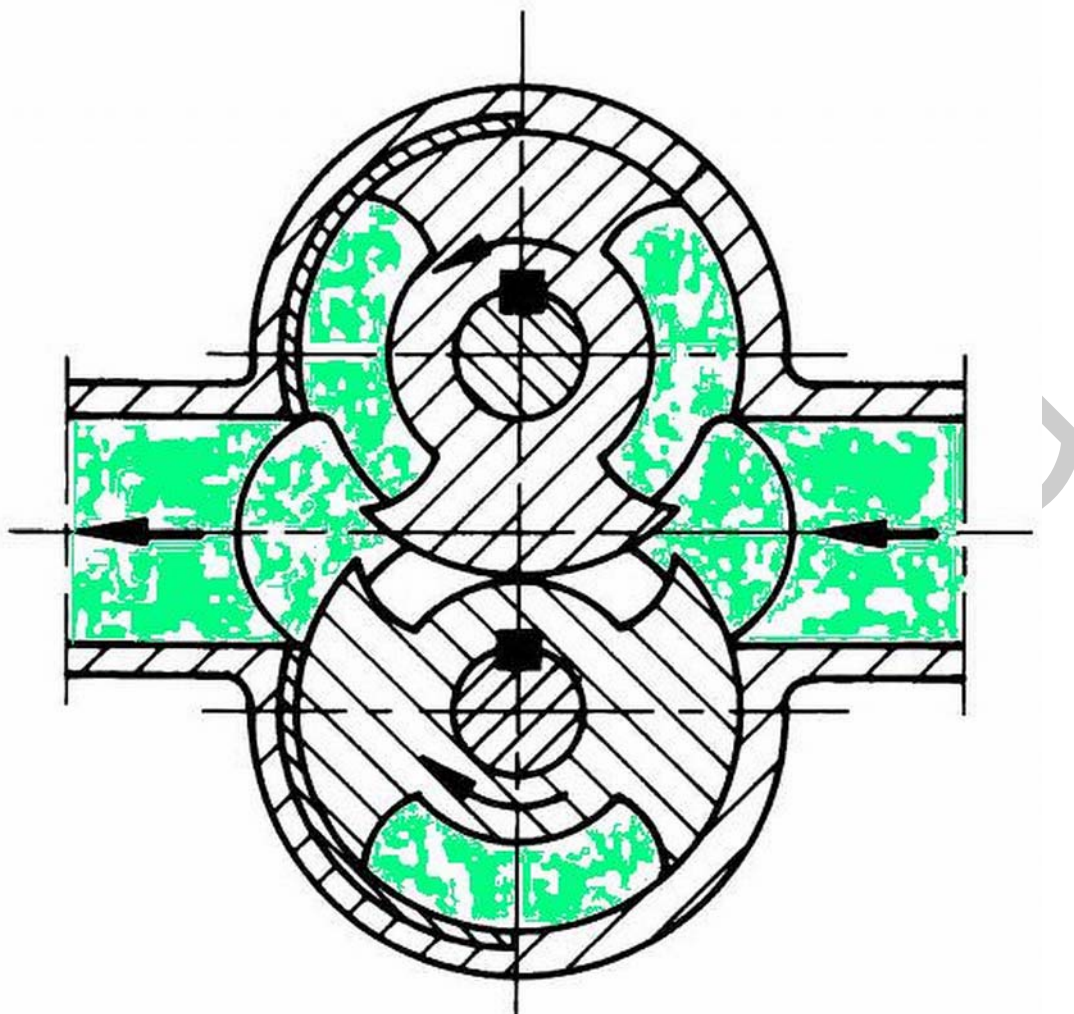
5. ábra Fogaskerék-szivattyú

A fogaskerekék és a ház között keskeny rés van. Ezért a kisebb viszkozitású anyag a forgás ellenében visszaszivárog és a gép hatásfoka jelentősen csökken.

A fogaskerék-szivattyúnál alkalmazható fordulatszám elsősorban a szállított anyag viszkozitásától függ. Kisebb viszkozitású anyag esetén – pl.  $10\text{--}100\text{ mm}^2/\text{s}$  – a fordulatszám elérheti az  $1500\text{--}3000\text{ 1/min}$  értéket is. Ugyanakkor a  $200\text{ mm}^2/\text{s}$  kinematikai viszkozitás érték feletti motorolajat szállító szivattyú fordulatszáma csak  $300\text{--}700\text{ 1/min}$  között választható meg.

#### A forgódugattyús szivattyú

Működési elv tekintetében a forgódugattyús szivattyúk a fogaskerék-szivattyúkkal azonos csoportba tartoznak. A térfogat változtatását két, egymással kényszerkapcsolatban álló, különleges profilú forgó elem hozza létre (6. ábra). A forgódugattyús szivattyúk folyadékcsállítására egyenletes.



6. ábra Forgódugattyús szivattyú

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

A tananyagot a **következő** lépésekben sajátítsa el:

Olvassa el figyelmesen "A TÉRFOGAT-KISZORÍTÁS ELVÉN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE" részből az "1. A szivattyúk működési elvei" és a "2. Dugattyús szivattyú" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

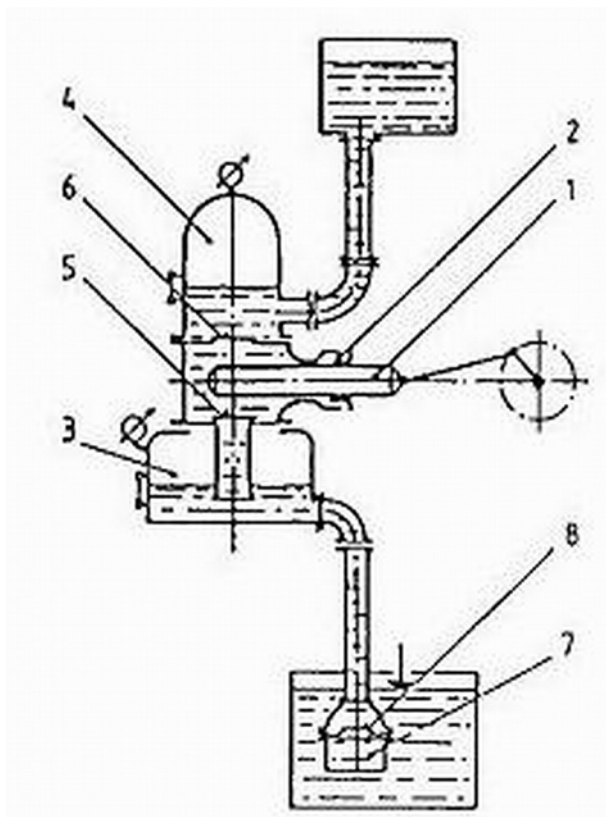
Olvassa el figyelmesen a "2. Az áramlás jellege" című fejezetet, tanulja meg pontosan a bekeretezett, fontos fogalmakat, szabályokat, összefüggéseket!

Oldja meg az 1–3. feladatokat.

1. feladat



Az alábbi ábrán egy dugattyús szivattyú látható. Írja be az alábbi táblázatba a számokkal jelölt szerkezeti egységek megnevezését!



7. ábra Dugattyús szivattyú szerkezete, szerkezeti egységei

| Szám | A szerkezeti egység megnevezése |
|------|---------------------------------|
| 1    |                                 |
| 2    |                                 |
| 3    |                                 |
| 4    |                                 |
| 5    |                                 |
| 6    |                                 |
| 7    |                                 |
| 8    |                                 |

2. feladat

Az alábbi táblázatban a dugattyús szivattyú részegységeinek megnevezése, a táblázat alatt az egyes szerkezetekre jellemző meghatározásokat talál. Párosítsa össze a meghatározásokat a szerkezeti egységekkel! Írja be a meghatározás betűjelét a szerkezeti egység mellé!

| Szerkezeti egység  | betűjel | Szerkezeti egység | betűjel |
|--------------------|---------|-------------------|---------|
| Forgattyús hajtómű |         | Lábszelep         |         |
| Nyomó légüst       |         | Nyomószelep       |         |
| Szívó légüst       |         | Szívószelep       |         |

a/ A visszacsapó szelep a nyomóütemben lezár és megakadályozza a folyadék kifolyását a szívócsőből

b/ a légüstben megnő a légnyomás és ez a nyomás a következő ütemben – amikor a szívóütem kezdődik és még kicsi a "szívóhatás" – segíti a folyadékáramlás megindulását a hengerbe

c/ a folyadék a légüstben halmozódik fel, megemelve a folyadékszintet, megnövelve a nyomást és ez a nyomásnövekedés segíti, hogy a szívóütemben is legyen folyadékszállítás

d/ a szívóütemben lezárja a folyadékáram útját

e/ a nyomóütemben lezárja a folyadékáram útját

f/ a hajtómotor forgó mozgását egyenes vonalú mozgássá alakítja

### 3. feladat

Egy dugattyús szivattyú dugattyúátmérője 100 mm, a lökethossza 150 mm, a volumetrikus hatásfoka 90 %-os és a fordulatszám 120 1/min!

Számítsa ki a szivattyú folyadékszállítását!

Adatok:



Olvassa el figyelmesen a "3. Egyéb térfogat-kiszorításos szivattyúk" című fejezetet, tanulja meg szerkezeti felépítésüket, működésüket! Hasonlítsa össze a szivattyúk működését, alkalmazási lehetőségeiket (előnyeiket, hátrányaikat) a dugattyús szivattyúk működésével, alkalmazási lehetőségével (előnyeikkel, hátrányaikkal).

Oldja meg a 4. feladatot.

#### 4. feladat

Az alábbi táblázatban szivattyú típusok megnevezése, a táblázat alatt az egyes szivattyúkra jellemző meghatározásokat talál. Párosítsa össze a meghatározásokat a szivattyúkkal! Írja be a meghatározás betűjelét a szivattyú megnevezés mellé! Egy meghatározás több szivattyú mellé is beírható.

| Szivattyú            | betűjel | Szivattyú                | betűjel |
|----------------------|---------|--------------------------|---------|
| Dugattyús szivattyú  |         | Forgódugattyús szivattyú |         |
| Fogaskerék-szivattyú |         | Membránszivattyú         |         |

a/ Folyadékszállítása egyenletes

b/ Folyadékszállítása nem egyenletes

c/ A térfogat változtatását két, egymással kényszerkapcsolatban álló, különleges profilú forgó elem hozza létre

d/ A térfogat változását a fogak egymásból való kilépése és belépése hozza létre

e/ A dugattyút rugalmas tárcsa helyettesíti

f/ A kisebb viszkozitású anyag a forgás ellenében visszaszivárog és a gép hatásfoka jelentősen csökken

g/ Sűrű, viszkozus anyagok, pépek, masszák továbbítására alkalmas készülék

h/ a dugattyú alternáló, lengő mozgást végez

Ha úgy érzi, **bizonytalan** a feladat megoldásában, **tanulmányozza át még egyszer** a feladathoz tartozó fejezetet.

**Következő lépésként** oldja meg az **Önellenőrző feladatokat**! Ha ezeket sikerül segítség nélkül megoldani, csak akkor lehet biztos benne, hogy kialakította az adott témában a munkája elvégzéséhez szükséges kompetenciákat.

## MEGOLDÁSOK

#### 1. feladat

| Szám | A szerkezeti egység megnevezése |
|------|---------------------------------|
| 1    | Dugattyú (búvárdugattyú)        |
| 2    | Henger                          |
| 3    | Szívó légüst                    |
| 4    | Nyomó légüst                    |
| 5    | Szívószelep                     |
| 6    | Nyomószelep                     |
| 7    | Szívókosár                      |
| 8    | Lábszelep                       |

## 2. feladat

| Szerkezeti egység  | betűjel | Szerkezeti egység | betűjel |
|--------------------|---------|-------------------|---------|
| Forgattyús hajtómű | f/      | Lábszelep         | a/      |
| Nyomó légüst       | c/      | Nyomószelep       | d/      |
| Szívó légüst       | b/      | Szívószelep       | e/      |

## 3. feladat

Adatok:

$$D = 100 \text{ mm} = 0,1 \text{ m},$$

$$S = 150 \text{ mm} = 0,15 \text{ m},$$

$$n = 120 \text{ 1/min} = 2 \text{ 1/s},$$

$$\eta_v = 0,9$$

$$\dot{V} = \eta \cdot \frac{D^2 \pi}{4} \cdot s \cdot n = 0,9 \cdot \frac{(0,1 \text{ m})^2 \pi}{4} \cdot 0,15 \text{ m} \cdot 2 \frac{1}{\text{s}} = 0,002355 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

## 4. feladat

| Szivattyú           | betűjel | Szivattyú                | betűjel |
|---------------------|---------|--------------------------|---------|
| Dugattyús szivattyú | b/, h/  | Forgódugattyús szivattyú | a/, c/  |

|                      |                |                  |       |
|----------------------|----------------|------------------|-------|
| Fogaskerék-szivattyú | a/, d/, f/, g/ | Membránszivattyú | b/,e/ |
|----------------------|----------------|------------------|-------|

MUNKANYAG

## ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

### 1. feladat

Készítsen vázlatrajzot a dugattyús szivattyúról! Vázlatrajz segítségével szóban ismertesse a szivattyú működését!

Térjen ki a folyadékszállítás megoldására, a szelepek működésére!

Ismertesse a folyadékszállítás jellegét, a szívó- és nyomólégüstök szerepét, működését!

**2. feladat**

Egyhengeres, együtemű dugattyús szivattyúval egy padlósinten elhelyezkedő tartályból vizet szállítunk egy 12 m magasan elhelyezett tartályba. A két tartályban a nyomás megegyezik.

A dugattyú átmérője 200 mm, a lökethossz 250 mm, a fordulatszám 4 1/s.

a/ Mennyi a szivattyú folyadékszállítása, ha volumetrikus hatásfoka 95%-os?

b/ Határozza meg a csővezeték átmérőjét, ha a víz áramlási sebessége 3,8 m/s!

c/ Határozza meg a szivattyú veszteségmagasságát, ha a csővezeték hossza 50 m, a csősúrlódási tényező értéke:  $\lambda=0,02$ . A csővezetékbe iktatott idomdarabok és elzárószerkezetek együttes veszteségtényezője:  $\xi = 32$ .

d/ Határozza meg a csővezetékben áramló folyadék a Reynolds-számát! Az víz dinamikai viszkozitása  $1,02 \cdot 10^{-3}$  Pa·s.

e/ Mekkora fajlagos energia kell a szintkülönbség legyőzéséhez?

Adatok:

**3. feladat**

Ábrák alapján szóban ismertesse a membránszivattyú, a fogaskerék-szivattyú és a forgódugattyús szivattyú szerkezetét, működését!

Hasonlítsa össze a szivattyúk működését, alkalmazási lehetőségét (előnyeit, hátrányait) a dugattyús szivattyú működésével, alkalmazási lehetőségével!



## MEGOLDÁSOK

## 1. feladat

Vázlatrajz az 1. ábra szerint

Szóbeli ismertetés a "A TÉRFOGAT-KISZORÍTÁS ELVÉN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE" részből a "2. Dugattyús szivattyú" című fejezetet alapján.

## 2. feladat

$$a/ \quad \dot{V} = \eta_v \cdot \frac{D^2 \cdot \pi}{4} \cdot s \cdot n = 0,95 \cdot \frac{(0,2 \text{ m})^2 \cdot \pi}{4} \cdot 0,25 \text{ m} \cdot 4 \text{ 1/s} = 0,03 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$b/ \quad \dot{V} = A \cdot v = \frac{d^2 \cdot \pi}{4} \cdot v, \quad d = \sqrt{\frac{4 \cdot \dot{V}}{\pi \cdot v}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{\pi \cdot 3,8 \text{ m/s}}} = 0,1 \text{ m}$$

$$c/ \quad h_v = \left( \lambda \cdot \frac{l}{d} + \xi \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = \left( 0,02 \cdot \frac{50 \text{ m}}{0,1 \text{ m}} + 32 \right) \cdot \frac{(3,8 \text{ m})^2}{2 \cdot 9,81 \text{ m/s}^2} = 30,9 \text{ m}$$

$$d/ \quad Re = \frac{v \cdot d \cdot \rho}{\eta} = \frac{3,8 \text{ m/s} \cdot 0,1 \cdot 10^{-3} \text{ m} \cdot 1000 \text{ kg/m}^3}{1,02 \cdot 10^{-3} \text{ Pa} \cdot \text{s}} = 372549$$

## 3. feladat

Szóbeli ismertetés a "A TÉRFOGAT-KISZORÍTÁS ELVÉN MŰKÖDŐ SZIVATTYÚK ÜZEMELTETÉSE" részből a "3. Egyéb térfogat-kiszorításos szivattyúk" című fejezetet alapján.

## IRODALOMJEGYZÉK

### FELHASZNÁLT IRODALOM

Bertalan Zsolt–Csirmaz Antal–Szabó László–Uhlár Zoltán: Műszaki ismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1999.

Bertalan–Szabó: Műveleti laboratóriumi gyakorlatok, B+V Lap- és Könyvkiadó Kft., Budapest 2002.

### AJÁNLOTT IRODALOM

Szabó László: Szakmai alapismeretek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1994.

Bertalan–Fülöp–Molnár–dr. Kálmán: Géptan, KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft., Budapest, 2000.

Pattantyús: A gépek üzemtana. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1980.



A(z) 2047–06 modul 026–os szakmai tankönyvi tartalomeleme  
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

| A szakképesítés OKJ azonosító száma: | A szakképesítés megnevezése                   |
|--------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 52 524 01 0000 00 00                 | Kőolaj- és vegyipari géprendszer üzemeltetője |
| 54 524 02 1000 00 00                 | Vegyipari technikus                           |

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:  
14 óra

MUNKANYAG

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet  
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:  
Nagy László főigazgató