



Próhászkáné Varga Erzsébet

Hogyan válasszunk ventilátort légtechnikai rendszerekhez?

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Fluidumszállítás

A követelménymodul száma: 2699-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-007-50

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCÖSÖVES SZERELÉS ESETÉN

ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

Ön egy termelőüzemben dolgozik művezetőként, és feladata egy tartályban összegyűjtött víz eljuttatása egy másik tartályba. A tartályok vízszintje közötti különbség lehet pozitív és negatív, a tartályok vízszintje fölött uralkodó nyomások értéke is lehet különböző. Az üzemi viszonyokhoz kell a megfelelő szivattyút kiválasztania.

A feladat kapcsán ismernünk kell:

- A szállított közeg tulajdonságait;
- A használható vezetékekanyagokat;
- A szivattyúk kialakítását, kapcsolását, szabályozását, üzemeltetését;
- A helyszíni, és üzemeltetési adatokat.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A VÍZ TULAJDONSÁGAI

Fizikai tulajdonságok

Légköri nyomáson és szobahőmérsékleten, tiszta állapotban, szennyeződések nélkül, folyadék halmazállapotú. Fagyáspontja 273 [K] (0 °C), forráspontja 373 [K] (100 °C), olvadáshője $s=335$ [kJ/kg], párolgáshője $r=2256$ [kJ/kg].

Hőtágulása a következő összefüggéssel számolható:

$\Delta V = V_0 \beta \Delta t$ [m³], ahol,

- V_0 [m³] a víz kezdeti térfogata,
- $\beta = 4,3 \cdot 10^{-4}$ [1/K] a víz közepes köbös hőtágulási tényezője,
- Δt [K] a kezdeti és végső hőmérséklet különbsége.

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

Fajlagos hőkapacitása (**fajhője**): $c=4,1868 \text{ [kJ/kgK]}$.

A tiszta víz **sűrűsége** légköri nyomáson és hőmérsékleten $\rho=1000 \text{ [kg/m}^3]$. A sűrűség értéke a benne oldott gázok, illetve szilárd anyagok mennyiségétől függően változhat.

Viszkozitása, ami a folyadékrészecskék közötti elemi belső súrlódás, fontos tulajdonság a víz, vezetékekben való szállítása szempontjából, mert emiatt is szükséges erő a folyadék mozgatásához. Nyugalomban lévő folyadékokra és gázokra a dinamikus viszkozitás jellemző, melynek jele: η , mértékegysége: $[\text{Pa} \cdot \text{s}]$. Mozgásban lévő folyadékokra és gázokra a kinematikai viszkozitás a jellemző, melynek jele: ν , mértékegysége: $[\text{m}^2/\text{s}]$. A két viszkozitás közötti összefüggés:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} [\text{m}^2/\text{s}]$$

Kémiai tulajdonságok:

Vegyjele: H_2O ;

Kémhatása inkább lúgos, pH értéke 6,8 és 8 között változik;

Keménysége, melyet a benne oldott kalcium- és magnéziumvegyületek okoznak területenként változó. A keménység értékének meghatározására hazánkban a német keménységi fokot használjuk, jele: nk° .

Vas- és mangántartalma elenyésző, egészségre ártalmatlan, de a víz ízét kellemetlenné teheti.

Biológiai tulajdonságok:

A természetben található vizek mindig tartalmaznak baktériumokat, vírusokat, melyek károsak lehetnek az emberi szervezetre. Különösen veszélyesek a fekális szennyeződések, melynek jelenlétét a kolibaktériumok megjelenése jelzi. A vizet egészségügyi szempontból a koli-liter alapján minősítik.

CSŐVEZETÉKEK ANYAGAI

A csővezetéki szállítási feladatoknál általában a következő anyagú vezetékek közül választhatunk.

Öntöttvas csövek és idomok:

Ma már ritkán használt csőfajta, korrózió elleni védelmét a cső felületére felvitt bitumenréteg adta, tokos és karimás kivitelben készülnek.

Acél nyomócsövek és idomok:

Ingatlanon belül vízvezetésre DN 100 alatt főleg horganyzott acélcsövet alkalmaznak, a csövek mindkét végükön kúpos jobbmenettel készülnek, és kötésük menetes idomokkal szerelendő. Nagyobb átmérők esetén sima végű, vagy tokos fekete acélcsöveket használunk.

Rézcsövek és idomok:

A rézcsövek három keménységi fokozatban készülnek: lágy, félkemény és kemény. Köthetők forrasztással, hegesztéssel, roppantógyűrűvel, présidomokkal. A forrasztásos kötés kapilláris forrasztással történik, aminél a forrasztóanyag a függőleges részbe is felszívódik, így helyszíni munkánál is kiválóan alkalmazható.

Kemény polietilén csövek:

Lánggal ég, de nem bocsát ki mérgező gázokat. Kötése lehet hegesztett (tompá és elektrofittinges), de csavarzatos illesztőidomokkal és karmantyúkkal is köthető.

Lágy polietilén csövek:

Leggyakrabban térhálósított, PEX csöveket alkalmaznak. A térhálósítás történhet vegyszeres és besugárzásos eljárással. A vegyszeres térhálósítás hátránya, hogy a víz kioldja a vegyszert és az, az ivóvízben marad, szennyezve azt. Vezethetjük önállóan, illetve védőcsőben. Illesztése lehet szorítógyűrűs, roppantógyűrűs, illetve önzáró kötés.

Lágyacél cső:

A lágyacél csövek külső műanyag burkolatúak, kézzel hajlíthatóak, roppantógyűrűs kötéssel szerelhetők, általában központi fűtéshez használják.

Rozsdamentes csövek:

Az élelmiszeriparban és a vegyiparban gyakran használt cső. Kötése lehet présidomos és védőgáz alatt hegesztett. Nagytisztaságú helyeken csak hegesztett kötést lehet alkalmazni. A fémcsövek közt a legkisebb a hőtágulása.

Többrétegű csövek:

Rétegei a következők: polietilén, kötőanyag, alumínium, kötőanyag, polietilén. A többrétegű csövek rendkívül ellenállóak, jól terhelhetők. A műanyagcsövek közt a legkisebb a hőtágulásuk. Préskötéssel szerelik.¹

¹ Cséki István: Épületek vízellátása, csatornázása Skandi-Wald könyvkiadó Kft., Budapest 1998 című könyv felhasználásával

ACÉLCSÖVEK

Spirálvarratos csövek

Az acélszalag alapanyagot három, ferdén elhelyezett görgő között spirál alakban tekerik fel úgy, hogy a kívánt átmérőt kapják, majd a szalag oldalait összehegesztik. Ezzel a módszerrel azonos szélességű szalagból – a csévélési szög változtatásával – különböző átmérőjű csöveket lehet gyártani.

Hosszvarratos csövek

A lemezzsalag alapanyag szélességét az átmérőnek megfelelő méretre munkálják, majd felhajlítás után valamilyen módszerrel, általában hegesztéssel egyesítik. Az egyenes-varratos csőgyártás alapanyaga hasított szalag. Szélessége a gyártani kívánt cső átmérőjének függvénye (kerület + a hegesztés anyagszükséglete), vastagsága pedig a kívánt cső vagy profil falvastagságnak felel meg. Mivel a feldolgozás gazdaságossági okok miatt folyamatos, a felhasznált acélszalagokat végtelenítik, azaz a szalag végéhez hozzáhegesztik a következő tekercs elejét. Hogy az összehegesztés ideje alatt (amikor a szalag szükségszerűen áll) ne kelljen a gyártást leállítani, az alapanyagot egy tárolóba (szalagakkumulátor) töltik, ahonnan az összehegesztés alatt a sor szükségletét biztosítani lehet. Egyengetés után a cső szerkezeti felhasználásra alkalmas, folyadék vagy gáz szállításához egyenkénti nyomáspróba szükséges. Továbbhengerléssel zártszelvényt is kialakíthatnak. A gyártósorról folyamatosan lekerülő készterméket a kívánt méretre darabolják egy repülőfűrészszel (ami a csővel együtt mozog, vágás után visszafut), majd csomagolják.

Varrat nélküli acélcsonvek:

A varrat nélküli acélcsonveket általában a nagyobb igénybevételnek kitett helyeken alkalmazzák (pl. teherviselő szerkezeteknél, olajbányászatban stb.). A csőgyártás módszere alapvetően két lépésből áll:

1. a tömör acéltuskó kilyukasztása,
2. a lyukasztott termék átmérőjének és falvastagságának csökkentése (nyújtás).

A két gyártási fázist gyakran további műveletek követik, amiknek a célja a cső felületének és méretpontosságának javítása.

A varrat nélküli csövek gyártására számos módszert fejlesztettek ki, például a Mannesmann-féle és az Ehrhardt-féle eljárást. Ezeket a módszereket csőhengerlésnek is nevezik. Varratmentes csöveket elő lehet állítani kisajtolással és kovácsolással is.²

² <http://hu.wikipedia.org/wiki/Ac%C3%A9lcsonv%C5%91gy%C3%A1rt%C3%A1s> (2010. május 8.)

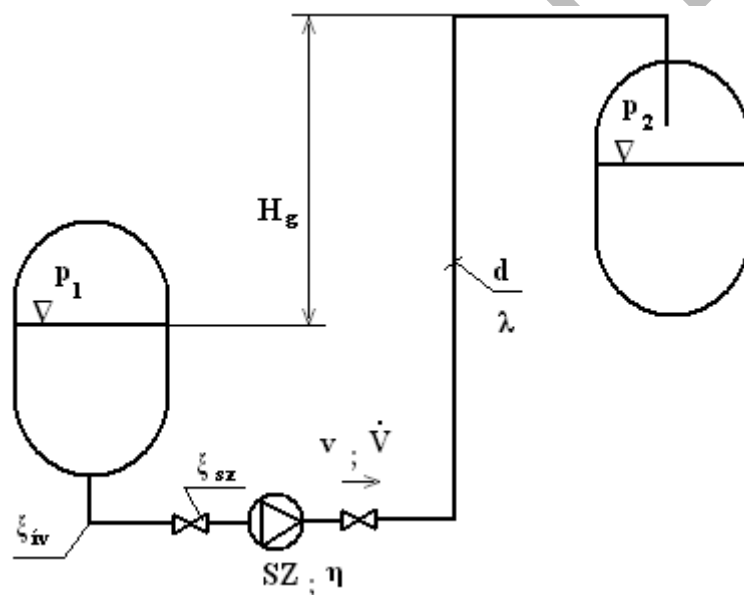
CENTRIFUGÁL SZIVATTYÚK

1. Centrifugál szivattyúk kialakítása, működése

A szivattyú olyan folyadékot szállító munkagép, amely a folyadék munkaképességét növeli, miközben más energiát – gáz, gőz, villamos energiát – használ fel. A szivattyú üzemi jellemzői azok az üzemi adatok, az üzemi tulajdonságokat jelzik.

A centrifugál szivattyúkat csoportosíthatjuk:

- a járókerekek kialakítása (radiális, félaxiális, axiális),
- a járókerekek száma (egyfokozatú, két-, illetve többfokozatú),
- a tengely elhelyezése (vízszintes, függőleges),
- a nyomótér kialakítása (gyűrű alakú, csigaházas, ferde és álló köpenyes kivitelű) szerint.³



1. ábra. Örvényszivattyú üzemi jellemzői

Az 1. ábra jelölései:

- H_g [m] – geodetikus emelőmagasság,
- v [m/s] – áramlási sebesség,
- $\dot{V}$ [m³/s] – az áramló közeg térfogatárama,

³dr. Ujhelyi Jánosné–Haszmann Iván: Mérés és szabályozás Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

- d [m] – a csővezeték átmérője,
- ξ_{sz} – a szelep alaki ellenállási tényezője,
- $\xi_{ív}$ – az ív alaki ellenállási tényezője,
- λ – a csővezeték súrlódási tényezője,
- η – a szivattyú összes hatásfoka.

A szivattyú berendezés szállítómagasságát a következő összefüggéssel számíthatjuk:

$$H_{sziv} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt} \text{ [m] (energiamegmaradás törvényéből)}$$

- az első tag a szívó-, illetve nyomócsőben lévő sebességkülönbségből adódó veszteség, ami az épületgépészeti gyakorlatban elhanyagolható,
- a második tag a tartályokban lévő (lehetnek nyitott tartályok is) nyomáskülönbségből adódó emelőmagasság,
- a harmadik tag a geodetikus emelőmagasság,
- a negyedik tag a csővezetékben áramló közeg alaki és súrlódási ellenállásából adódó veszteségmagasság, melynek kiszámítása a következő összefüggéssel történik:

$$H_{veszt} = \left(\lambda \cdot \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g} \text{ [m]}$$

Adathiány esetén a csősúrlódási tényező értékét a Reynolds szám segítségével tudjuk meghatározni.

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$$

Ahol:

- v [m/s] – áramlási sebesség,
- d [m] – a csővezeték átmérője,
- ν [m²/s] – kinematikai viszkozitás.

A kinematikai viszkozitás a dinamikai viszkozitásból a:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho} \text{ összefüggéssel számoljuk}$$

Ahol:

- η [sPa] – dinamikai viszkozitás,
- ρ [kg/m³] – sűrűség.

Ha a $Re < 2230$, akkor az áramlás lamináris, a súrlódási tényezőt a:

$$\lambda = \frac{64}{Re} \text{ összefüggéssel számítjuk.}$$

Ha a $Re > 2230$, akkor az áramlás turbulens, a súrlódási tényezőt a:

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{Re}} \text{ összefüggéssel számítjuk.}$$

Az üzemi adatokból képzett összetartozó értékek adják a jelleggörbéket. A 2. ábra jelölései szerint:

- Szivattyú jelleggörbe: $H - \dot{V}$,
- Csővezetéki jelleggörbe: $H - \dot{V}$,
- Hatásfokgörbe: $\eta - \dot{V}$,
- Teljesítménygörbe: $P - \dot{V}$

A szivattyú jelleggörbe és a csővezetéki jelleggörbe adja rendszer munkapontját. A munkapont szállítómagasságának megfelelő térfogatárammal áramlik a közeg a rendszerben. A szivattyú teljesítménygörbéje önmagával párhuzamosan, felfelé tolódik el növekvő fordulatszámok esetén. Az üzemi jellemzők és a fordulatszám (n [1/s]) között a következő összefüggések írhatók fel, ha $n_2 > n_1$:

- $\dot{V}_2 = \dot{V}_1 \frac{n_2}{n_1}$ [m³/s],
- $H_2 = H_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^2$ [m],
- $P_2 = P_1 \left(\frac{n_2}{n_1}\right)^3$ [W].

A szivattyú hasznos teljesítménye a következő összefüggéssel számolható:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H_{sziv} \cdot \dot{V} \text{ [W]}$$

Ahol:

- ρ [kg/m³] a folyadék sűrűsége,
- g [m/s²] nehézségi gyorsulás,
- H_{sziv} [m] a szivattyú emelőmagassága,
- $\dot{V}$ [m³/s] a folyadék térfogatárama.

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

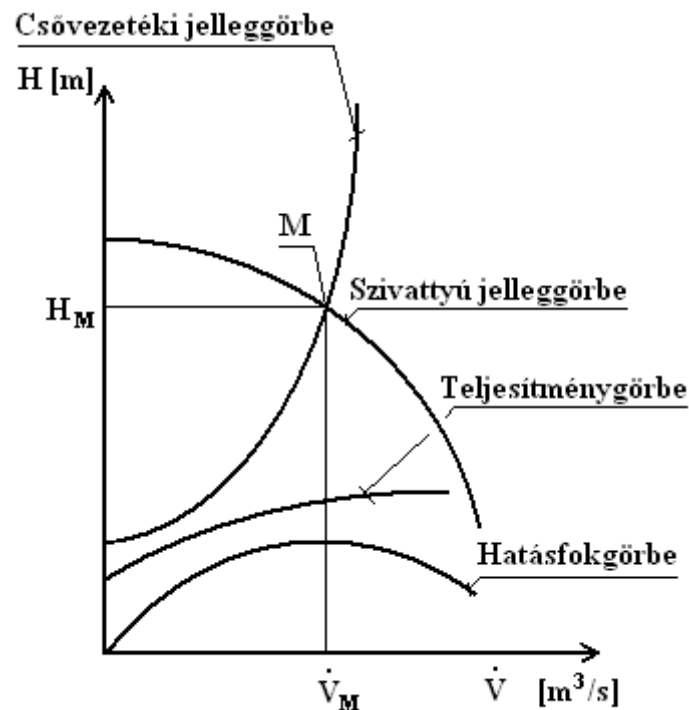
A szivattyúmotor teljesítménye:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} \text{ [W]}.$$

A folyadék térfogatárama kontinuitási (anyagmegmaradás) tételből a következő összefüggéssel számolható:

$$\dot{V} = v \cdot A \text{ [m}^3\text{/s]},$$

Ahol: v [m/s] az áramló folyadék sebessége, $A = \frac{d^2 \cdot \pi}{4}$ [m²] a csővezeték keresztmetszete (kör keresztmetszet esetén).

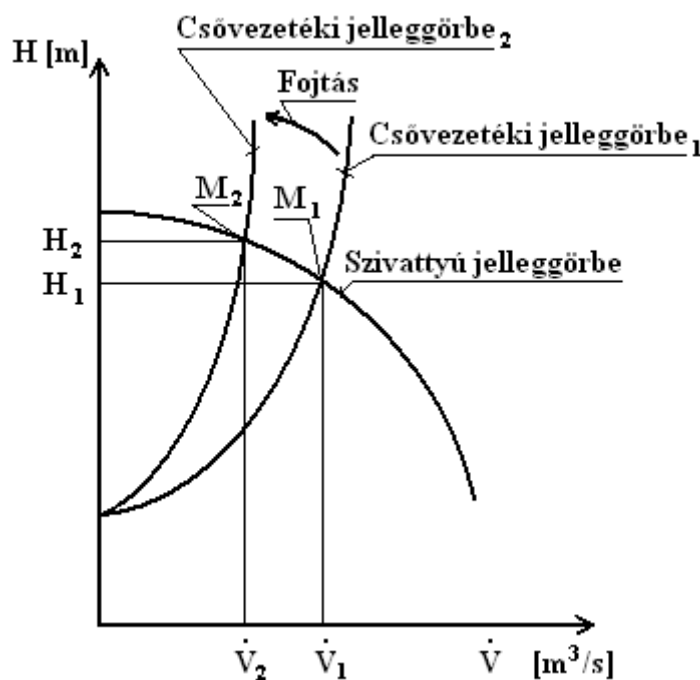


2. ábra. Szivattyú munkapontja

NPSH (nettó pozitív szívómagasság)

A szívócsonkban mért nyomás és a szivattyú belsejében mérhető legalacsonyabb nyomás közötti különbség az NPSH (nettó pozitív szívómagasság) érték. Az NPSH érték tehát a szivattyúház első szakaszában keletkező nyomásvesztésért fejezi ki. A szivattyú belsejében a szívócsonk és a nyomócsonk között változó nyomás uralkodik. A szivattyú első szakaszában a nyomás először csökken, majd a nyomóoldalon a szívóoldali nyomásnál nagyobb értéket vesz fel.

A szívócsonkban mért nyomás és a szivattyú belsejében mérhető legalacsonyabb nyomás közötti különbség az NPSH (nettó pozitív szívómagasság) érték. Az NPSH érték tehát a szivattyúház első szakaszában keletkező nyomásvesztéseket fejezi ki. Az NPSH mértékét a 3. ábra szemlélteti. Túlzottan alacsony szívócsonk-nyomás esetén a nettó pozitív szívómagasság a szivattyú belsejében a nyomást az áramoltatott közeg telítési gőznyomása alá csökkenti. Ennek következtében a szivattyúban kavitáció lép fel, ami zajjal és a berendezés meghibásodásával jár. Az NPSHR (a nettó pozitív szívómagasság elvárt értéke) valamennyi szivattyú adatlapján megtalálható. Az NPSHR érték azt a legkisebb szívócsonk-nyomást jelzi, amelyre az adott szivattyúnak a kavitáció elkerüléséhez szüksége van.



3. ábra. Szivattyú NPSH értelmezése

1. Szívócsonk-nyomás; 2. Nyomásváltozás; 3. Légköri nyomás; 4. A szivattyú szívócsonkjá;
5. Telítési gőznyomás; 6. A szivattyú nyomócsonkjá; 7. Vákuum; 8. NPSH; 9. NPSHR⁴

2. Centrifugál szivattyúk szabályozása

A szivattyúk csak bizonyos határok között tudják az üzemi feladatokat teljesíteni. A nyomás vagy a vízszállítási igény változása szabályozást igényel.

A vízmennyiségi szabályozások két csoportba sorolhatók:

⁴ http://cbs.grundfos.com/GHU_Hungary/lexica/HEA_NPSH.html (2010. 05. 02)

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

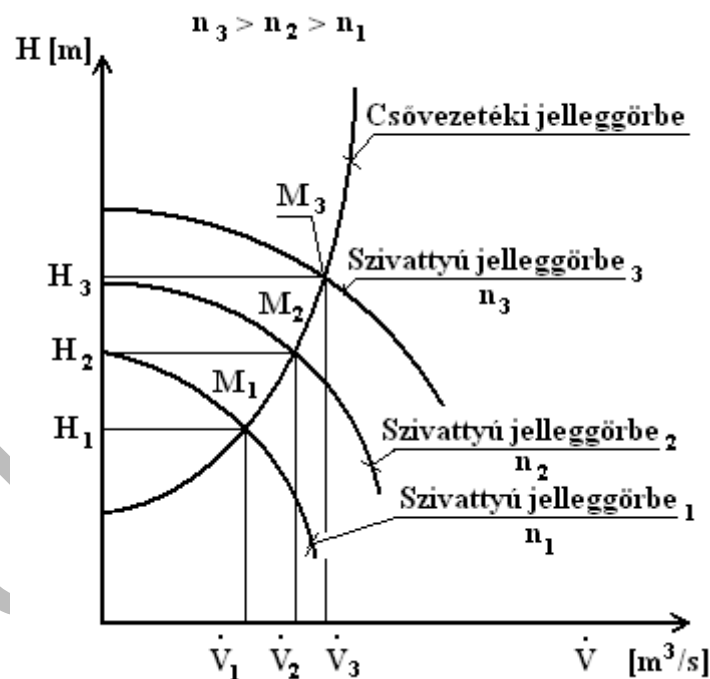
- a gépegység szabályozása: fojtás, megcsapolás, fordulatszám-változtatás, lapátszög-állítás;
- a gépegységek be- és kikapcsolása: üzemidő-szabályozás, szivattyúk párhuzamos kapcsolása, gépváltás.

A nyomás változásával kapcsolatban alkalmazott szabályozási módok is kétfélek:

- a gépegység szabályozása: fordulatszám-változtatás, járókerékátmérő-változtatás;
- a gépegységek be- és kikapcsolása: szivattyúk sorba kapcsolása, gépváltás.

Fojtásos szabályozás

A fojtásos szabályozás, esetén a nyomóvezetékbe épített szelep zárásával (fojtásával), illetve nyitásával változtatjuk az alaki ellenállást.



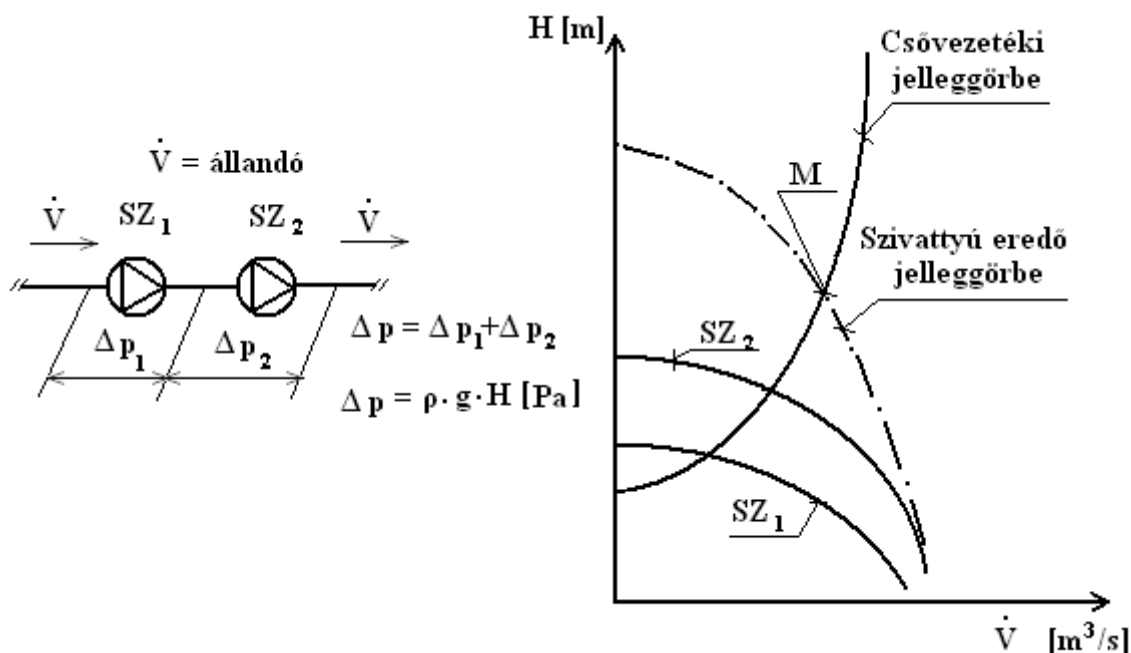
4. ábra. Szivattyú fojtásos szabályozása

Az alaki ellenállás változásának hatására változik a csővezeteki jelleggörbe és az áramló közeg térfogatárama.⁵ (4. ábra)

⁵ Cséki István: Épületek vízellátása, csatornázása Skandi-Wald Könyvkiadó Kft., Budapest, 1998

Fordulatszám szabályozás

A másik mód a fordulatszám szabályozás. Ha a szivattyú fordulatszáma megváltozik, akkor a jelleggörbéje, mintegy önmagával párhuzamosan eltolódik. Ezzel a munkapont is megváltozik, ami a térfogatáram és az emelőmagasság változását vonja maga után (5. ábra)



5. ábra. Szivattyú fordulatszám szabályozása

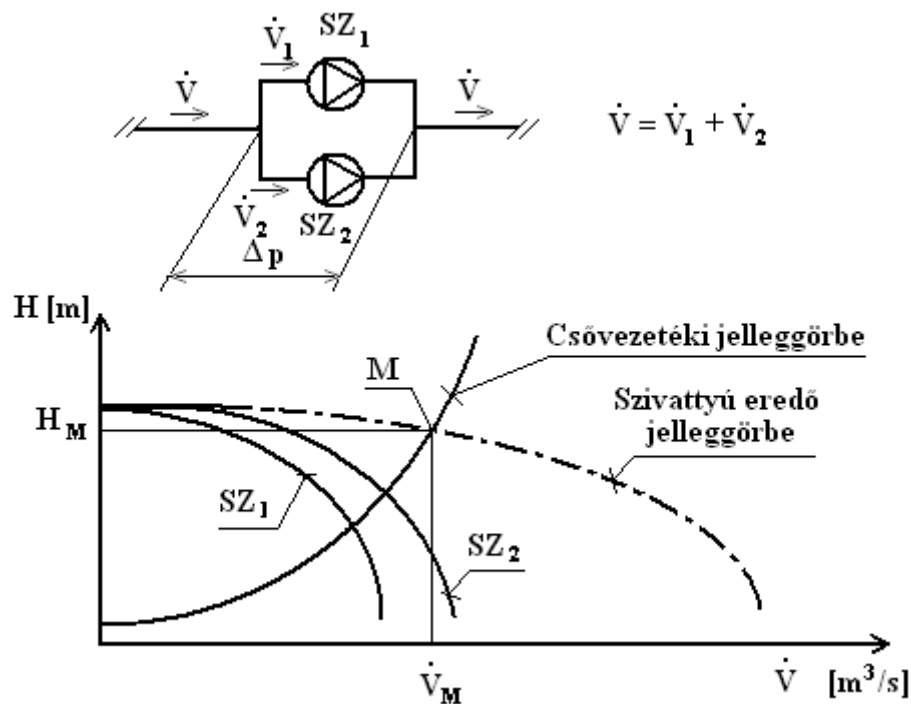
3. Centrifugál szivattyúk kapcsolása

A centrifugál szivattyúkat köthetjük sorosan és párhuzamosan.

Soros kapcsolás

A soros kapcsolás esetén ugyanaz a térfogatáram halad át mindkét szivattyún, az első szivattyú megemeli a folyadék nyomását, a második szivattyú ezt a megemelt nyomást fokozza még tovább.

Az eredő jelleggörbét adott térfogatáramnál az emelőmagasságok összegzésével kapjuk. Ezt a kapcsolást akkor használjuk, ha nagy emelőmagasságra van szükségünk a rendszerben kis térfogatáram mellett, és azt egy szivattyúval nem tudjuk biztosítani. A kapcsolást a 6. ábrán láthatjuk.



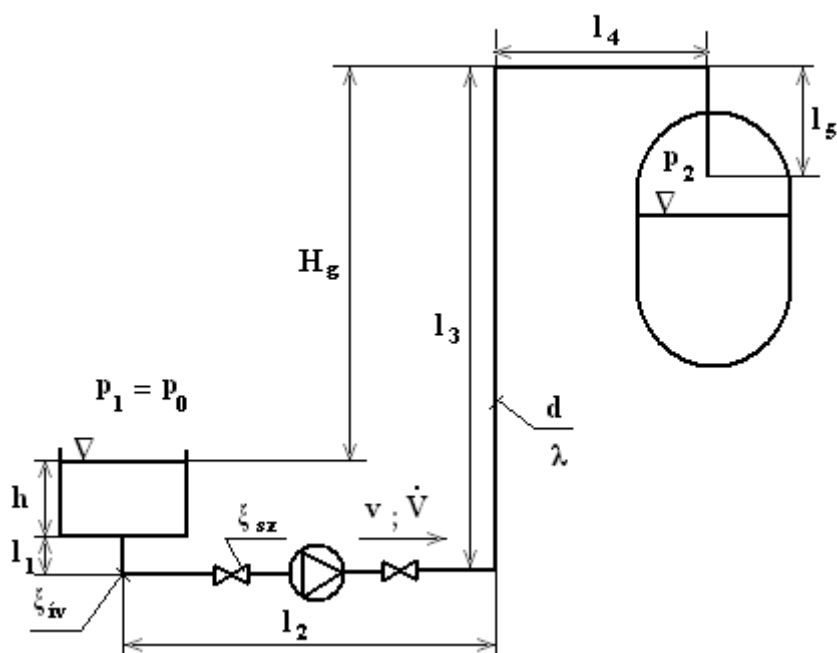
6. ábra. Szivattyúk soros kapcsolása

Párhuzamos kapcsolás

A szivattyúkapcsolások másik módja a párhuzamos kapcsolás. Ekkor a szivattyúk elágazás előtti, illetve elágazás utáni csomópontjában tekinthető azonosnak a nyomás, a köztük lévő nyomáskülönbség, (Δp) mentén adódnak össze a térfogatáramok. Az így kialakuló pontok összessége adja az eredő jelleggörbét. A nyomáskülönbség értékéből az emelőmagasság a következő összefüggéssel számolható:

$$H = \frac{\Delta p}{\rho \cdot g} \text{ [m]}.$$

Párhuzamos kapcsolást akkor alkalmazunk, ha nagy térfogatáramú folyadék szállítása szükséges kis emelőmagassággal, és ezt egy szivattyú nem tudja biztosítani. A szivattyúk párhuzamos kapcsolását a 7. ábrán láthatjuk. Az eredő jelleggörbét ebben az esetben az állandó emelőmagasságok melletti térfogatáramok összegzésével kapjuk.



7. ábra. Szivattyúk párhuzamos kapcsolása

4. Üzemeltetése

A szivattyúkat gazdaságossági és környezetvédelmi okokból a maximális hatásfok környékén célszerű üzemeltetni. A 2. ábrán látható, hogy a hatásfokgörbe maximuma a szivattyú jelleggörbe harmadik harmadára esik. Adott szállítási feladat esetén érdemes a szivattyút úgy választani, hogy a munkapontja erre a területre essen.

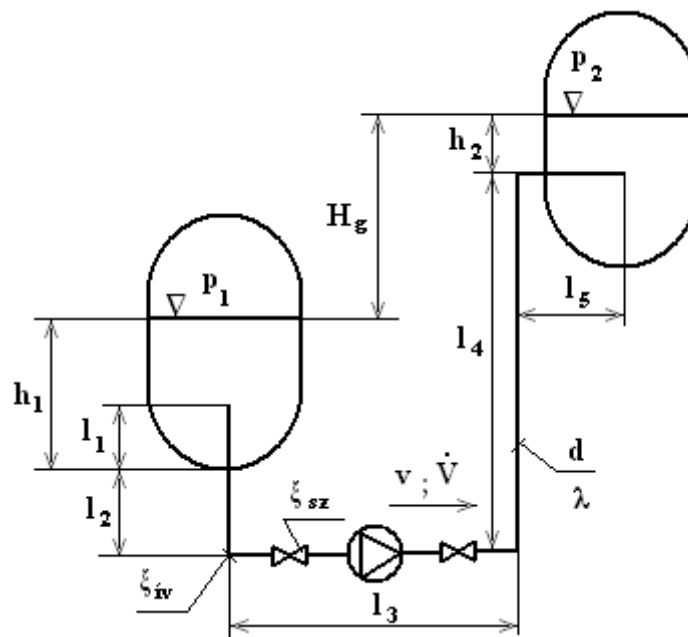
TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Példa

Egy nyitott, állandó a vízutánpótlású tartályból szeretnénk a 8. ábra szerinti zárt tartályba vizet szállítani. A szükséges térfogatáram 12 [l/min], a zárt tartályban uralkodó nyomás 1,4 [bar], az áramló vízsebessége nem lépheti túl az 1,5 [m/s] értéket, a szelep alaki ellenállási tényezője 1,4, az ívé 1,2, a csővezeték súrlódási tényezője 0,02, szivattyú összes hatásfoka 42 %.

- Számítsa ki az acélcsővezeték minimálisan szükséges átmérőjét!
- Válasszon csővezeték méretet a rendszerhez!
- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?



8. ábra. 1. Példa

Adatok:

- Térfogatáram: $\dot{V} = 12 \text{ [l/min]} = \frac{12}{60} \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{s]} = 0,2 \cdot 10^{-3} \text{ [m}^3/\text{s]} = 2 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3/\text{s]}$;
- Nyomás a második tartályban: $p_2 = 1,6 \text{ [bar]} = 1,6 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}$;
- Nyomás a nyitott tartály fölött: $p_1 = 1 \text{ [bar]} = 1 \cdot 10^5 \text{ [Pa]}$;
- Szelep alak ellenállási tényezője: $\xi_{sz} = 1,4$;
- Ív alak ellenállási tényezője: $\xi_{iv} = 1,2$;
- Csősúrlódási tényező: $\lambda = 0,02$;
- Szivattyú összes hatásfoka: $\eta = 42 \text{ [%]}$;
- Nyitott tartály vízszintje: $h = 4 \text{ [m]}$;
- Vezeték hosszak: $l_1 = 2 \text{ [m]}$; $l_2 = 9 \text{ [m]}$; $l_3 = 14 \text{ [m]}$; $l_4 = 5 \text{ [m]}$; $l_5 = 4 \text{ [m]}$;
- Maximális sebesség: $v = 1,5 \text{ [m/s]}$.

A csővezeték minimális átmérője:

A kontinuitás tétele szerint:

$$\dot{V} = v \cdot A;$$

amiből a szükséges keresztmetszet:

$$A_{\min} = \frac{\dot{V}}{v_{\max}} = \frac{2 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^3/\text{s]}}{1,5 \text{ [m/s]}} = 1,33 \cdot 10^{-4} \text{ [m}^2\text{]};$$

ebből pedig a minimális átmérő:

$$d_{\min} = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{\min}}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,33 \cdot 10^{-4} [m^2]}{3,14}} = 1,3 \cdot 10^{-2} [m] = 13 [mm]$$

Csővezeték kiválasztása:

Az acélcsonvek mérettáblázatából választunk szabványos vezetékot.

Névleges átmérő ["]	Névleges átmérő (NA)	Külső átmérő [mm]	Belső átmérő [mm]
3/8	10	17,00	12,30
1/2	15	21,25	15,95
3/4	20	26,75	21,45
1	25	33,50	27,00
1 1/4	32	42,25	35,75
1 1/2	40	48,25	41,75
2	50	60,00	52,70
2 1/2	80	76,1	68,1
3	100	108	100
4	125	133	123
5	150	159	144,8
6	200	193,7	177,7
	250	273	257

1. táblázat⁶

Mivel a feladatban adott sebesség értékén nem léphetjük túl, a belső átmérőnek nagyobbnek kell lennie a kiszámított 13 mm-nél.

Tehát a $d_b = 15,95$ mm-es, azaz NA 15-ös (1/2") méretű vezetékot kell alkalmazni.

A választott vezetékátmérővel a valóságos keresztmetszet:

$$A = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = \frac{1,595^2 \cdot 10^{-4} [m^2] \cdot 3,14}{4} = 1,997 \cdot 10^{-4} [m^2];$$

ezzel az átmérővel a tényleges sebesség:

⁶ Völgyes István: Fűtéstechnikai adatok Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCŐSŐVES SZERELÉS ESETÉN?

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{2 \cdot 10^{-4} [m^3 / s]}{1,997 \cdot 10^{-4} [m^2]} = 1 [m/s]$$

ami valóban nem lépi túl az 1,5 [m/s] értéket.

A szivattyú emelőmagassága:

A szivattyú emelőmagasságát a következő összefüggés segítségével számíthatjuk.

$$H_{sziv} = \frac{v_2^2 - v_1^2}{2 \cdot g} + \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt}$$

Mivel az épületgépészeti gyakorlatban az első tag elhanyagolható, így marad a következő összefüggés:

$$H_{sziv} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt}$$

A nehézségi gyorsulás értéke $g=9,81 [m/s^2]$, és vizet szállítunk, tehát a sűrűség értéke $\rho=1000 [kg/m^3]$. Az egyenletet kifejtve, és az adatokat behelyettesítve:

$$H_{sziv} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + \left(\frac{\lambda \cdot l}{d} + \Sigma \xi + 1 \right) \frac{v^2}{2 \cdot g}$$

Az egyenlet veszteségmagasság számítási tagjában a +1 érték azért szerepel, mert nyitott rendszer esetén a szállított folyadék meg kell, hogy tartsa a mozgási energiáját a kifolyás helyén is. Az egyenlet tagjait külön-külön számolva:

A nyomásmagasság:

$$H_p = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} = \frac{(1,6 - 1) \cdot 10^5 [Pa]}{1000 [kg / m^3] \cdot 9,81 [m / s^2]} = 6,12 [m]$$

A geodetikus emelőmagasság az alsó, nyitott tartály vízszintje és a rendszer legmagasabban lévő pontja közötti szintkülönbség, azaz:

$$H_g = l_3 - h - l_1 = (14 - 4 - 2) [m] = 8 [m]$$

A veszteségmagasság:

$$H_{veszt} = \left(\frac{0,02 \cdot (2 + 9 + 14 + 5 + 4) [m]}{1,595 \cdot 10^{-2} [m]} + 4 \cdot 1,2 + 2 \cdot 1,4 + 1 \right) \frac{1^2 [m / s]^2}{1000 [kg / m^3] \cdot 9,81 [m / s^2]}$$

$$H_{veszt} = 0,0052 [m]$$

A szivattyú emelőmagassága:

Az emelőmagasságot az előző három érték összegzésével kapjuk.

$$H_{sziv} = H_p + H_g + H_{veszt} = (6,12 + 8 + 0,0052) [m] = 14,13 [m] \cong 14,1 [m]$$

A szivattyú hasznos teljesítménye:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H_{sziv} \cdot \dot{V} = 1000 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 14,1 [m] \cdot 2 \cdot 10^{-4} [m^3/s] = 27,7 [W] \cong 30 [W]$$

$$P_h = 30 [W]$$

A szivattyúmotor teljesítménye:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} = \frac{30 [W]}{0,42} = 71 [W]$$

Szivattyúválasztás:

A szivattyú szükséges emelőmagassága: $H_{sziv} = 14,1 [m]$;

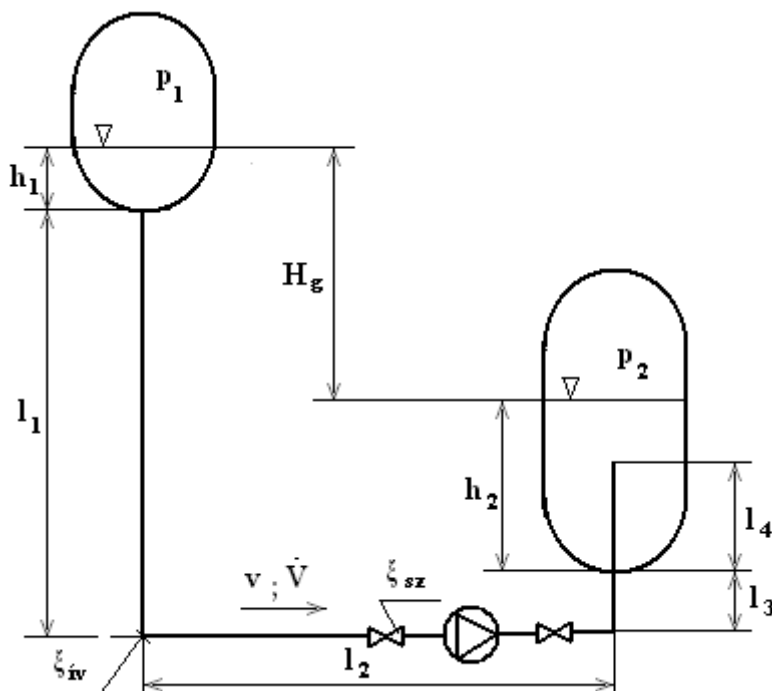
A szivattyú vízszállítása: $\dot{V} = 2 \cdot 10^{-4} [m^3/s] = 0,72 [m^3/h]$;

A két adathoz, amik a szivattyú munkapontját határozzák meg, a 9. ábra alapján választhatunk szivattyút.

Az ábrán piros vonal jelöli ki a térfogatáram és szivattyú emelőmagasságának metszéspontjában az "M" munkapontot.

A közvetlenül felette lévő jelleggörbe a Wilo-Economy MHIL 102 típusú szivattyúhoz tartozik, ez a szivattyú el tudja látni az előírt szállítási feladatot.

A rendszerben elhelyezett szivattyút az NPSH (nettó pozitív szívómagasság) szempontjából is ellenőrizni kell. Az ábra szerint ez az érték 5 [m], a feladatban a szivattyú szívó csukaja fölött a $h + l_1 = (4 + 2) [m] > 5 [m]$, a vízoszlop magassága, tehát ebből a szempontból is megfelel a rendszer, elkerülhető a kavitációból eredő meghibásodás, illetve a zajos üzemeltetés.



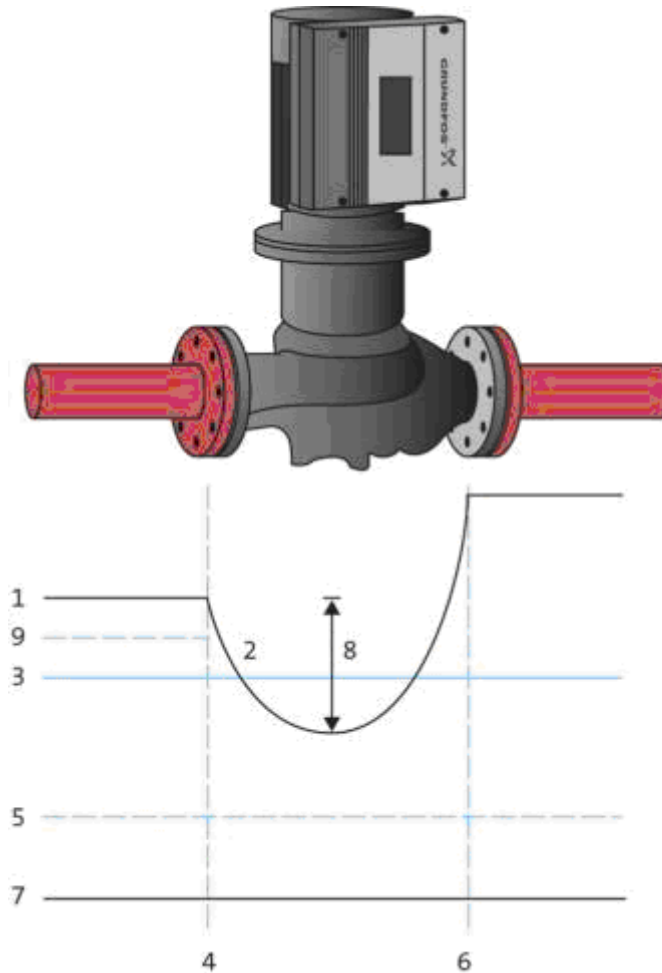
9. ábra. Wilo szivattyú jelleggörbe⁷

2. Példa

A 10. ábra szerinti elrendezésben kell az első tartályból folyadékot szállítanunk a második tartályba. A szállított közeg olaj, melynek a sűrűsége $890 \text{ [kg/m}^3\text{]}$, áramlási sebessége $1,7 \text{ [m/s]}$, a csővezeték NA 40-es méretű acélcső. A csővezeték súrlódási tényezője $0,02$, a szelepek alaki ellenállási tényezője $1,6$, az íveké $1,4$. Az első tartály nyomása $2,9 \text{ [bar]}$, a második tartályé $4,6 \text{ [bar]}$, az első és a második tartály vízszintje 6 [m] . A vezeték hosszak a következők: $l_1=4 \text{ [m]}$; $l_2=4 \text{ [m]}$; $l_3=10 \text{ [m]}$; $l_4=22 \text{ [m]}$; $l_5=6 \text{ [m]}$; $l_6= 5 \text{ [m]}$, a szivattyú hatásfoka 47 [%] .

- Számítsa ki az olaj térfogatáramát!
- A kapott értéket számítsa át $\text{[m}^3/\text{h]}$ mértékegységre!
- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!
- Vizsgálja meg a rendszert kavitáció szempontjából!

⁷Wilo újdonság katalógus, Vízellátás, 2005



10. ábra 2. Példa

Adatok:

- Az áramló közeg sebessége: $v = 1,7$ [m/s];
- Nyomás a második tartályban: $p_2 = 4,6$ [bar] = $4,6 \cdot 10^5$ [Pa];
- Nyomás az első tartályban: $p_1 = 2,9$ [bar] = $2,9 \cdot 10^5$ [Pa];
- Szelep alaki ellenállási tényezője: $\xi_{sz} = 1,6$;
- Ív alaki ellenállási tényezője: $\xi_{iv} = 1,4$;
- Cső súrlódási tényező: $\lambda = 0,02$;
- Szivattyú összes hatásfoka: $\eta = 47$ [%];
- Az első tartály vízszintje: $h_1 = 6$ [m];
- A második tartály vízszintje: $h_2 = 6$ [m];
- Vezeték hosszak: $l_1 = 4$ [m]; $l_2 = 4$ [m]; $l_3 = 10$ [m]; $l_4 = 22$ [m]; $l_5 = 6$ [m]; $l_6 = 5$ [m];
- A vezeték átmérője az 1.-es táblázatból $d_b = 41,75$ [mm];
- Az olaj sűrűsége: $\rho = 890$ [kg/m³].

Az olaj térfogatárama:

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

$$\dot{V} = v \cdot A = v \cdot \frac{d^2 \cdot \pi}{4} = 1,7[m/s] \cdot \frac{(4,175 \cdot 10^{-2})^2[m^2] \cdot 3,14}{4} = 2,33 \cdot 10^{-3}[m^3/s] = 8,4[m^3/h]$$

A szivattyú emelőmagassága:

$$H_{sziv} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt}$$

A nyomásmagasság:

$$H_p = \frac{(4,6 - 2,9) \cdot 10^5[Pa]}{890[kg/m^3] \cdot 9,81[m/s^2]} = 19,47[m]$$

A geodetikus emelőmagasság az alsó tartály vízszintje és a rendszer legmagasabban lévő pontja közötti szintkülönbség, azaz:

$$H_g = l_4 - h_1 - l_2 = (22 - 6 - 4)[m] = 12 [m]$$

A veszteségmagasság:

$$H_{veszt} = \left(\frac{0,02 \cdot (4 + 4 + 10 + 22 + 6 + 5)[m]}{0,1448[m]} + 4 \cdot 1,4 + 2 \cdot 1,6 + 1 \right) \frac{1,7^2[m/s]^2}{890[kg/m^3] \cdot 9,81[m/s^2]}$$
$$H_{veszt} = 0,0056[m]$$

A szivattyú emelőmagassága:

Az emelőmagasságot az előző három érték összegzésével kapjuk.

$$H_{sziv} = H_p + H_g + H_{veszt} = (19,47 + 12 + 0,0056) [m] = 31,48 [m] \cong 31,5 [m]$$

A szivattyú hasznos teljesítménye:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H_{sziv} \cdot \dot{V} = 890[kg/m^3] \cdot 9,81[m/s^2] \cdot 31,5[m] \cdot 2,33 \cdot 10^{-3}[m^3/s] = 641 [W]$$

A szivattyúmotor teljesítménye:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} = \frac{641[W]}{0,47} = 1363[W] \cong 1370[W]$$

Szivattyúválasztás:

A szivattyú szükséges emelőmagassága: $H_{sziv} = 31,5[m]$;

A szivattyú vízszállítása: $\dot{V} = 2,33 \cdot 10^{-3}[m^3/s] = 8,4[m^3/h]$;

A két adathoz, amik a szivattyú munkapontját határozzák meg, a 9. ábra alapján választhatunk szivattyút.

Az ábrán zöld vonal jelöli ki a térfogatáram és szivattyú emelőmagasságának metszéspontjában az "M" munkapontot.

A közvetlenül felette lévő jelleggörbe a Wilo-Economy MHIL 904 típusú szivattyúhoz tartozik, ez a szivattyú el tudja látni az előírt szállítási feladatot.

A rendszerben elhelyezett szivattyút az NPSH (nettó pozitív szívómagasság) szempontjából is ellenőrizni kell. Az ábra szerint ez az érték 19 [m], a feladatban a szivattyú szívó csönkje fölött $h_{olaj} = h_1 + h_2 = (6 + 4)[m] = 10[m]$, az olajoszlop magassága, ami vízoszlopmagasságban csak

$$h_{víz} = h_{olaj} \cdot \frac{\rho_{olaj}}{\rho_{víz}} = 10[m] \cdot \frac{890[kg / m^3]}{1000[kg / m^3]} = 8,9[m]$$

De az első tartályban 2,9[bar] nyomás uralkodik az olajsínt felett, ami 1,9[bar] túlnyomást jelent, ami 19[m] vízoszlopmagasságnak felel meg. Így összesen $h_{összes} = (8,9 + 19)[m] = 27,9[m] > 19[m]$, tehát ebből a szempontból is megfelel a rendszer, elkerülhető a kavitációból eredő meghibásodás, illetve a zajos üzemeltetés.

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

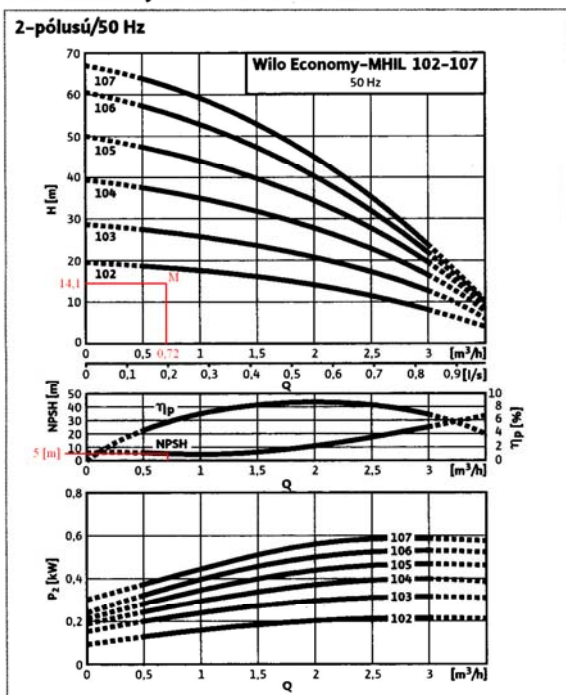
1. feladat

Egy zárt tartályból szeretnénk a 11. ábra szerinti zárt tartályba vizet szállítani. A víz áramlási sebessége $1,3 \text{ [m/s]}$, az első tartály nyomása $2,4 \text{ [bar]}$, a második tartályé $3,1 \text{ [bar]}$. A vezeték NA 40-es méretű acélcsőből készült, a szelep alaki ellenállási tényezője $1,5$, az ívé $1,1$, a csővezeték súrlódási tényezője $0,02$, szivattyú összes hatásfoka $34 \text{ \%}$.

- Hány m^3 vizet szállít a szivattyú óránként?
- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!

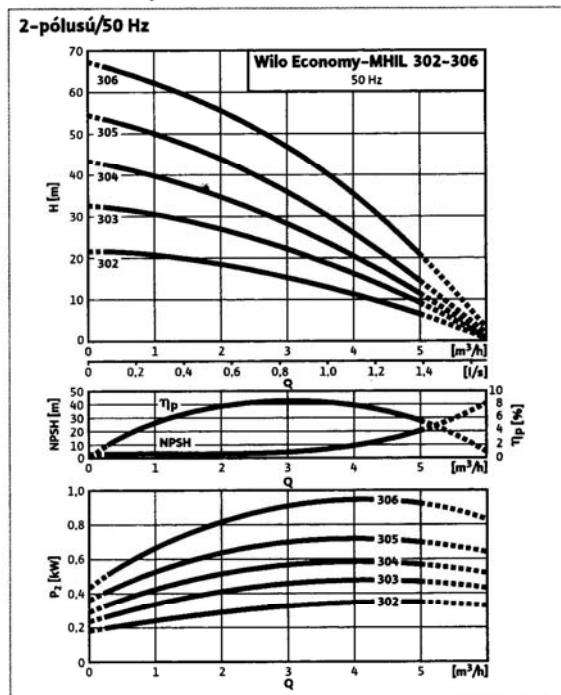
HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

Wilo-Economy MHIL 102 .. MHIL 107



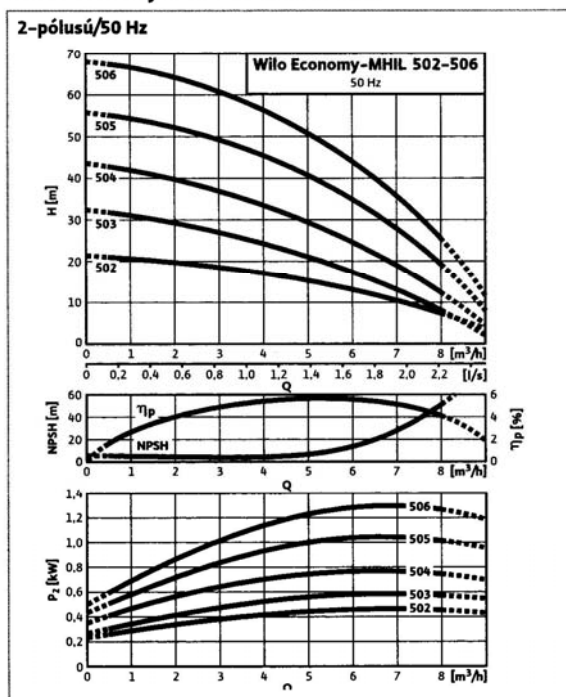
Jelleggörbék az ISO 9906, 2. osztály szerint

Wilo-Economy MHIL 302 .. MHIL 306

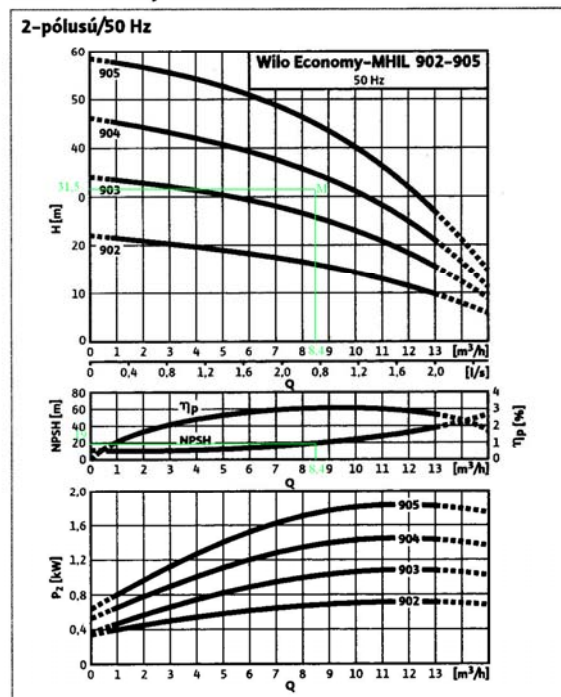


Jelleggörbék az ISO 9906, 2. osztály szerint

Wilo-Economy MHIL 502 .. MHIL 506



Wilo-Economy MHIL 902 .. MHIL 905



11. ábra. Kapcsolási rajz az 1. feladathoz

Adatok:

- Az első tartály vízszintje: $h_1 = 3$ [m];
- Vezetékhosszak: $l_1 = 1$, [m]; $l_2 = 2$ [m]; $l_3 = 5$ [m]; $l_4 = 8$ [m]; $l_5 = 3$ [m];

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI
FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

- Vízsint a csővezeték fölött a második tartályban: $h_2=1$ [m].

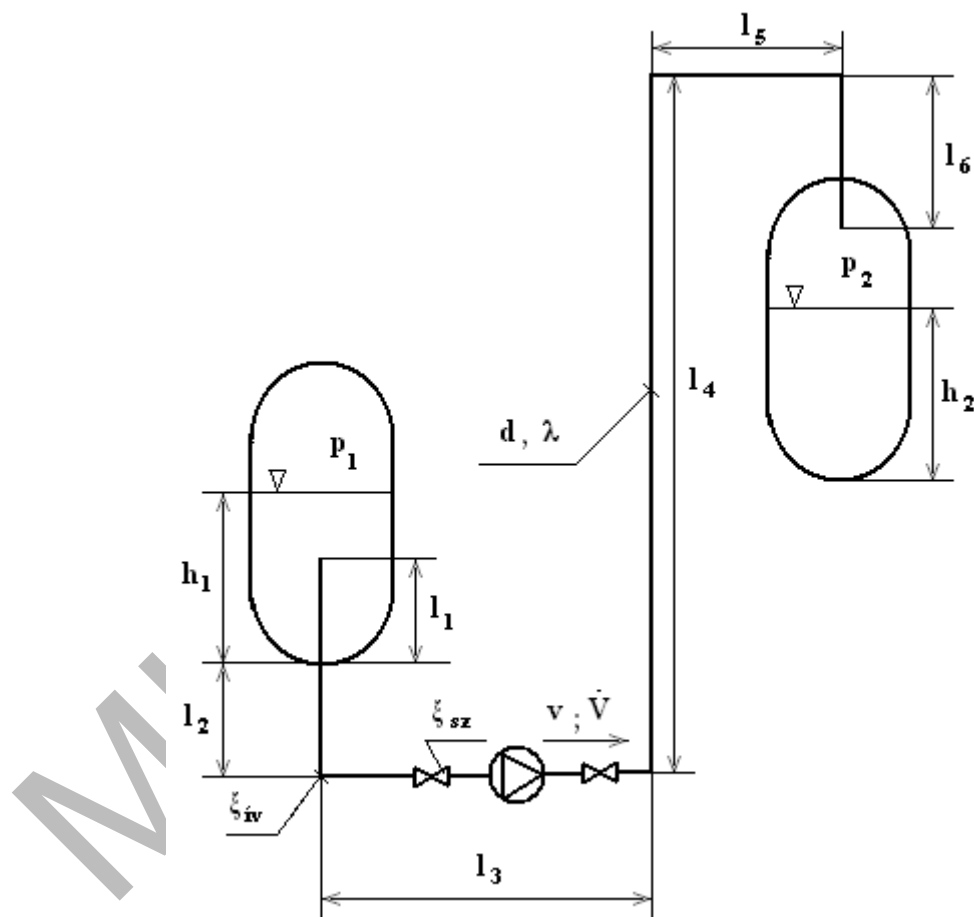
MUNKANYAG

MUNKANYAG

2. feladat

A 12. ábra szerinti elrendezésű nyitott tartályból szeretnénk vizet szállítani a második tartályba, NA 50-es acélcső vezetékben. A szelepek alak ellenállási tényezője 1,5, az íveké 1,2, a kinematikus viszkozitás $1,03 \cdot 10^{-6} \text{ [m}^2/\text{s]}$, a szállítandó víz térfogatárama 150 [l/perc] . A vezeték hosszak: $l_1 = 12 \text{ [m]}$, $l_2 = 12 \text{ [m]}$, $l_3 = 2 \text{ [m]}$, $l_4 = 4 \text{ [m]}$. A tartályokban lévő víz szintjei: $h_1 = 2 \text{ [m]}$, $h_2 = 6 \text{ [m]}$, a második tartály nyomása $6,5 \text{ [bar]}$, az első tartály $1,7 \text{ [bar]}$, a szivattyú összes hatásfoka 37 [%] .

- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!



12. ábra. Kapcsolási rajz a 2. feladathoz

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Egy zárt tartályból szeretnénk a 10. ábra szerinti zárt tartályba vizet szállítani. A víz áramlási sebessége 1,3 [m/s], az első tartály nyomása 2,4 [bar], a második tartályé 3,1 [bar]. A vezeték NA 40-es méretű acélcsőből készült, a szelep alaki ellenállási tényezője 1,5, az ívé 1,1, a csővezeték súrlódási tényezője 0,02, szivattyú összes hatásfoka 34 %.

- Hány m³ vizet szállít a szivattyú óránként?
- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!

Adatok:

- A víz áramlási sebessége $v=1,3$ [m/s];
- A csővezeték mérete: NA 40;
- Nyomás az első tartályban: $p_1=2,4$ [bar] $=2,4 \cdot 10^5$ [Pa];
- Nyomás a második tartályban: $p_2=3,1$ [bar] $=3,1 \cdot 10^5$ [Pa];
- Szelep alaki ellenállási tényezője: $\xi_{sz}=1,5$;
- Ív alaki ellenállási tényezője: $\xi_{iv}=1,1$;
- Csősúrlódási tényező: $\lambda=0,02$;
- Szivattyú összes hatásfoka: $\eta=34$ [%];
- Az első tartály vízszintje: $h_1=3$ [m];
- Vezetékhosszak: $l_1=1$, [m]; $l_2=2$ [m]; $l_3=5$ [m]; $l_4=8$ [m]; $l_5=3$ [m];
- Vízszint a csővezeték fölött a második tartályban: $h_2=1$ [m].

A szivattyú vízszállítása:

A szivattyú vízszállítását a kontinuitási törvény, más néven az anyagmegmaradás törvénye szerint számíthatjuk, tehát:

$\dot{V} = v \cdot A$, ahol a keresztmetszet számításához szükségünk van a csővezeték belső átmérőjére, amit a csővezetéki táblázatban (1. táblázat) tudunk megnézni, így az NA 40-es csővezetékhez a $d_b=41,75$ [mm] $= 4,175 \cdot 10^{-2}$ [m] érték tartozik.

$$A = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(4,175 \cdot 10^{-2})^2 [m]^2 \cdot 3,14}{4} = 1,37 \cdot 10^{-3} [m^2]$$

$$\dot{V} = v \cdot A = 1,3 [m/s] \cdot 1,37 \cdot 10^{-3} [m^2] = 1,781 \cdot 10^{-3} [m^3/s] = 6,41 [m^3/h]$$

A szivattyú emelőmagassága:

$$H_{sziv} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt}$$

A nehézségi gyorsulás értéke $g=9,81 \text{ [m/s}^2\text{]}$, és vizet szállítunk, tehát a sűrűség értéke $\rho=1000 \text{ [kg/m}^3\text{]}$. Az egyenletet kifejtve, és az adatokat behelyettesítve:

Az egyenlet tagjait külön-külön számolva:

A nyomásmagasság:

$$H_p = \frac{(3,1 - 2,4) \cdot 10^5 [\text{Pa}]}{1000 [\text{kg/m}^3] \cdot 9,81 [\text{m/s}^2]} = 7,14 [\text{m}]$$

A geodetikus emelőmagasság az alsó, nyitott tartály vízszintje és a rendszer legmagasabban lévő pontja közötti szintkülönbség, azaz:

$$H_g = l_4 + h_2 - (h_1 + l_1 + l_2) = \{8 + 1 - (3 + 1 + 2)\} [\text{m}] = 3 [\text{m}]$$

A veszteségmagasság:

$$H_{veszt} = \left(\frac{0,02 \cdot (1 + 2 + 5 + 8 + 3) [\text{m}]}{4,175 \cdot 10^{-2} [\text{m}]} + 3 \cdot 1,1 + 2 \cdot 1,5 + 1 \right) \frac{1,3^2 [\text{m/s}]^2}{1000 [\text{kg/m}^3] \cdot 9,81 [\text{m/s}^2]} = 0,003 [\text{m}]$$

A szivattyú emelőmagassága:

Az emelőmagasságot az előző három érték összegzésével kapjuk.

$$H_{sziv} = H_p + H_g + H_{veszt} = (7,14 + 3 + 0,003) [\text{m}] = 10,143 [\text{m}]$$

A szivattyú hasznos teljesítménye:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H_{sziv} \cdot \dot{V} = 1000 [\text{kg/m}^3] \cdot 9,81 [\text{m/s}^2] \cdot 10,143 [\text{m}] \cdot 1,78 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3/\text{s}] = 17,8 [\text{W}] \cong 20 [\text{W}]$$

A szivattyúmotor teljesítménye:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} = \frac{20 [\text{W}]}{0,34} = 58 [\text{W}] \cong 60 [\text{W}]$$

Szivattyúválasztás:

A szükséges emelőmagasság: $H_{sziv} = 10,143 [\text{m}]$

A szükséges térfogatáram: $\dot{V} = 1,78 \cdot 10^{-4} [\text{m}^3/\text{s}] = 0,65 [\text{m}^3/\text{h}]$

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

A 9. ábra alapján választhatunk, mely szerint a WILO Economy–MHIL 102 típus megfelel.

Ennek a szivattyúnak az NPSH értéke 5 [m]. A feladatban a szivattyú feletti vízoszlopmagasság 5 [m], ami önmagában is elegendő lenne, a szivattyú előtti, első tartályban még 1,4 [bar] túlnyomás is van, ami 14 méter vízoszlopmagasságnak felel meg. Együtt 19 [m] a vízoszlopmagasság, tehát kavitáció szempontjából is megfelel a választott szivattyú.

2. feladat

A 11. ábra szerinti elrendezésű nyitott tartályból szeretnénk vizet szállítani a második tartályba, NA 50-es acélcső vezetékben. A szelepek alaki ellenállási tényezője 1,5, az íveké 1,2, a kinematikus viszkozitás $1,03 \cdot 10^{-6}$ [m²/s], a szállítandó víz térfogatárama 150 [l/perc]. A vezetékhozzak: $l_1=12$ [m], $l_2 = 12$ [m], $l_3 = 2$ [m], $l_4 = 4$ [m]. A tartályokban lévő víz szintjei: $h_1 = 2$ [m], $h_2 = 6$ [m], a második tartály nyomása 6,8 [bar], az első tartályé 1,7 [bar], a szivattyú összes hatásfoka 37 [%].

- Számítsa ki a szivattyú emelőmagasságát!
- Számítsa ki a szivattyú hasznos teljesítményét!
- Számítsa ki a szivattyúmotor teljesítményét!
- Válasszon szivattyút a rendszerhez!

Adatok:

- A víz áramlási térfogatárama $\dot{V} = 150$ [l/perc] = $2,5 \cdot 10^{-3}$ [m³/s];
- A csővezeték mérete: NA 50;
- A kinematikus viszkozitás: $\nu = 1,03 \cdot 10^{-6}$ [m²/s];
- A második tartály nyomása: $p_2=6,5$ [bar]= $6,5 \cdot 10^5$ [Pa];
- Az első tartály nyomása: $p_1=1,7$ [bar]= $1,7 \cdot 10^5$ [Pa];
- Szelep alaki ellenállási tényezője: $\xi_{sz}=1,5$;
- Ív alaki ellenállási tényezője: $\xi_{iv}=1,2$;
- Szivattyú összes hatásfoka: $\eta=37$ [%];
- A nyitott tartály vízszintje: $h_1=2$ [m];
- A zárt tartály vízszintje: $h_2=6$ [m];
- Vezetékhozzak: $l_1=12$ [m]; $l_2=12$ [m]; $l_3=2$ [m]; $l_4=4$ [m].

A szivattyú emelőmagassága:

$$H_{sziv} = \frac{p_2 - p_1}{\rho \cdot g} + H_g + H_{veszt}$$

A nehézségi gyorsulás értéke $g=9,81$ [m/s²], és vizet szállítunk, tehát a sűrűség értéke $\rho=1000$ [kg/m³]. A nyitott tartály fölött a légköri nyomás értékével, tehát $p_1=1$ [bar]= 10^5 [Pa] értékkel számolhatunk. Az egyenletet kifejtve, és az adatokat behelyettesítve:

Az egyenlet tagjait külön-külön számolva:

A nyomásmagasság:

$$H_p = \frac{(6,5 - 1,7) \cdot 10^5 [Pa]}{1000 [kg / m^3] \cdot 9,81 [m / s^2]} = 48,93 [m]$$

A geodetikus emelőmagasság a felső, nyitott tartály vízszintje és a zárt tartály vízszintje közötti szintkülönbség, azaz:

$$H_g = l_3 + h_2 - (h_1 + l_1) = \{2 + 6 - (1,2 + 2)\} [m] = -6 [m]$$

A negatív érték nem tévedés, hiszen a nyitott tartályban lévő víz szinte magasabb, mint a zárt tartályban lévőé, ez pedig segíti, csökkenti a szivattyú szükséges emelőmagasságát.

A veszteségmagasság:

$$H_{veszt} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi + 1 \right) \cdot \frac{v^2}{2g} [m]$$

A számításhoz szükségünk van a súrlódási tényező, és az áramlási sebesség értékére, de a feladatból ezeket közvetlenül nem ismerjük, más úton kell kiszámítani.

Az áramlási sebességet a kontinuitási tétel segítségével számolhatjuk.

$$\dot{V} = v \cdot A [m^3 / s] \text{ összefüggésből}$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} [m / s]$$

A csővezeték belső átmérője az NA 50-es csővezetékhez a $d_b = 52,7 [mm] = 5,27 \cdot 10^{-2} [m]$ érték tartozik, amit a csővezetéki táblázatban (1. táblázat) tudunk megnézni.

$$A = \frac{d_b^2 \cdot \pi}{4} = \frac{(5,27 \cdot 10^{-2})^2 [m]^2 \cdot 3,14}{4} = 2,18 \cdot 10^{-3} [m^2]$$

$$v = \frac{\dot{V}}{A} = \frac{2,5 \cdot 10^{-3} [m^3 / s]}{2,18 \cdot 10^{-3} [m^2]} = 1,45 [m / s]$$

Súrlódási tényező számítása:

$$Re = \frac{v \cdot d}{\nu} = \frac{1,45 [m / s] \cdot 5,27 \cdot 10^{-2} [m]}{1,03 \cdot 10^{-6} [m^2 / s]} = 74100 > 2230$$

HOGYAN VÁLASSZUNK SZIVATTYÚT, ILLETVE KOMPRESSZORT ADOTT SZÁLLÍTÁSI FELADATHOZ ACÉLCSÖVES SZERELÉS ESETÉN?

$$\lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} = \frac{0,316}{\sqrt[4]{74100}} = 0,019$$

A számított értékeket behelyettesítve a csővezeték áramlási veszteségmagassága:

$$H_{\text{veszt}} = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \xi + 1 \right) \cdot \frac{v^2}{2g} = (0,019 \frac{(12+12+2+4)[m]}{5,27 \cdot 10^{-2}[m]} + 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,2 + 1) \cdot \frac{1,45^2 [m/s]^2}{2 \cdot 9,81 [m/s^2]} = 1,85 [m]$$

A szivattyú emelőmagassága:

$$H_{\text{sziv}} = H_p + H_g + H_{\text{veszt}} = (48,93 - 6 + 1,85)[m] = 44,78[m]$$

A szivattyú hasznos teljesítménye:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot H_{\text{sziv}} \cdot \dot{V} = 1000 [kg/m^3] \cdot 9,81 [m/s^2] \cdot 44,78 [m] \cdot 2,5 \cdot 10^{-3} [m^3/s] = 1100 [W]$$

A szivattyúmotor teljesítménye:

$$P_m = \frac{P_h}{\eta} = \frac{1100 [W]}{0,37} = 2972 [W] \cong 3000 [W] = 3 [kW]$$

Szivattyúválasztás:

A szükséges emelőmagasság: $H_{\text{sziv}} = 44,78 [m]$

A szükséges térfogatáram: $\dot{V} = 2,5 \cdot 10^{-3} [m^3/s] = 9 [m^3/h]$

A 9. ábra alapján választhatunk, mely szerint a WILO Economy-MHIL 905 típus megfelel.

Ennek a szivattyúnak az NPSH értéke 20 [m]. A feladatban a szivattyú feletti vízoszlopmagasság 14 [m], ami önmagában nem elegendő de, a szivattyú előtti, első tartályban még 0,7 [bar] túlnyomás is van, ami 7 méter vízoszlopmagasságnak felel meg. Együtt 21 [m] a vízoszlopmagasság, tehát kavitáció szempontjából is megfelel a választott szivattyú.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Cséki István: Épületek vízellátása, csatornázása Skandi-Wald Könyvkiadó Kft., Budapest, 1998

dr. Újhelyi Jánosné-Haszmann Iván: Mérés és szabályozás Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1989

Völgyes István: Fűtéstechnikai adatok Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1978

A(z) 2699–06 modul 007–es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 544 02 0010 54 01	Fluidumkitermelő technikus
54 544 02 0010 54 02	Gázipari technikus
54 544 02 0010 54 03	Megújulóenergia-gazdálkodási technikus
54 544 02 0010 54 04	Mélyfúró technikus
54 544 02 0100 31 01	Cső-távvezeték üzemeltető (olaj, gáz)
54 544 02 0100 31 02	Fluidumkitermelő
54 544 02 0100 31 03	Mélyfúró

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
14 óra

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