



Hidrodinamikai
Rendszerek
Tanszék

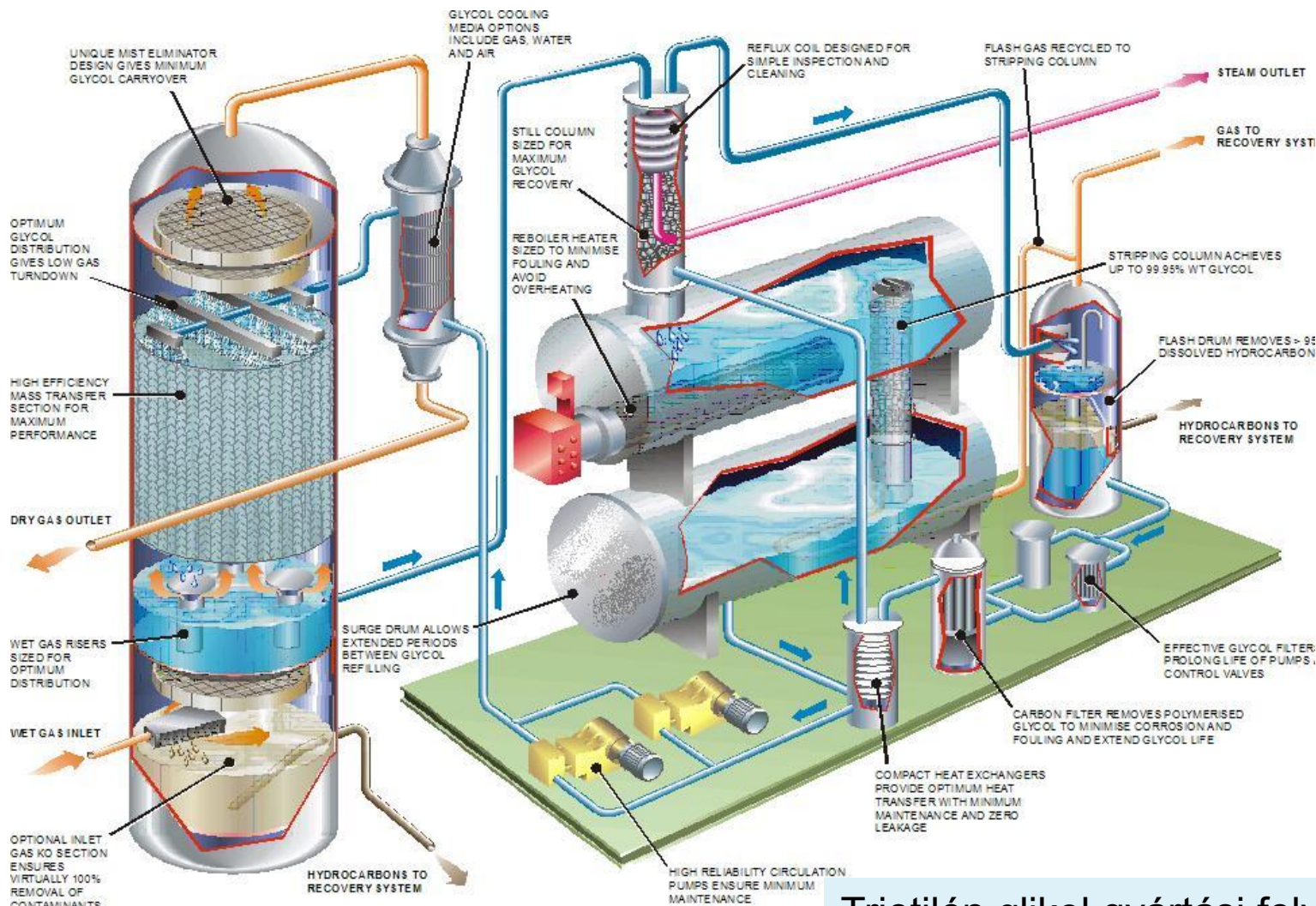


Vegyipari géptan 1.

Hidrodinamikai Rendszerek Tanszék

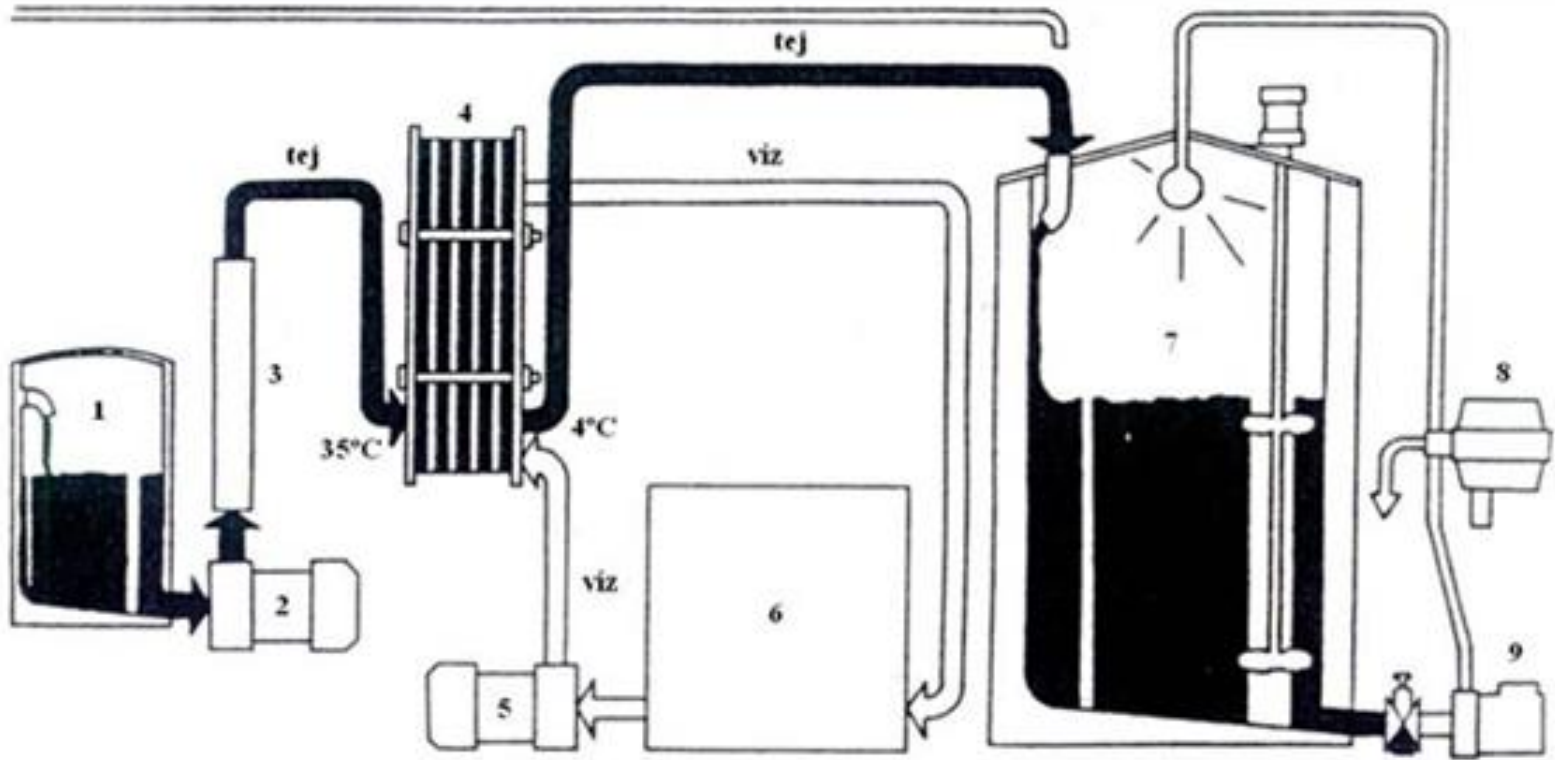


Bevezető



Trietilén glikol gyártási folyamat

Folyadék és gázszállító gépek

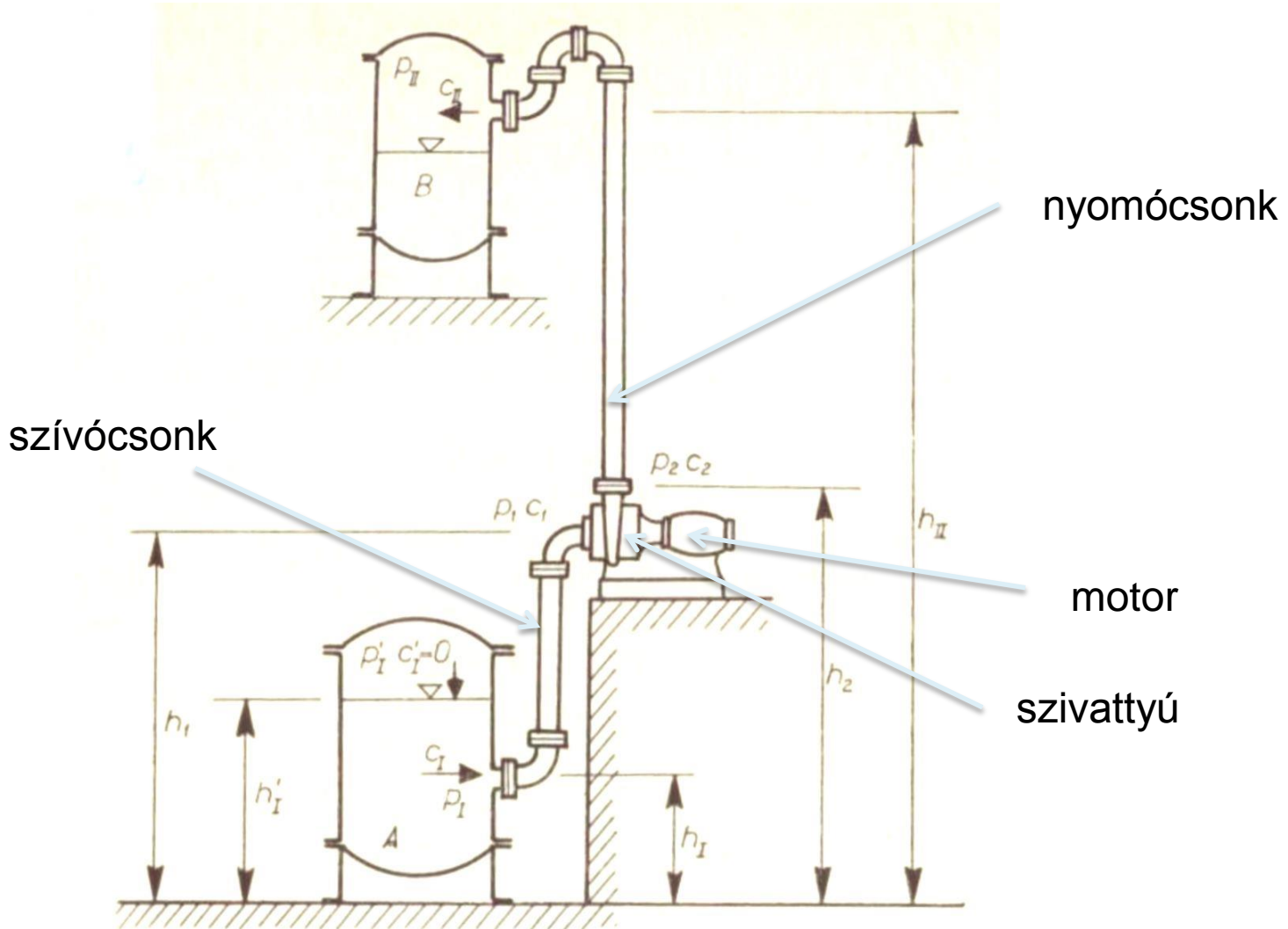


1. puffer-tartály, 2. tejszivattyú, 3. tejszűrő, 4. lemezes hűtő, 5. hűtőközeg szivattyú, 6. hűtőközeg tároló, 7. szigetelt tároló, 8. mosóautomata

Tejhűtés folyamata



Szivattyúzási feladat



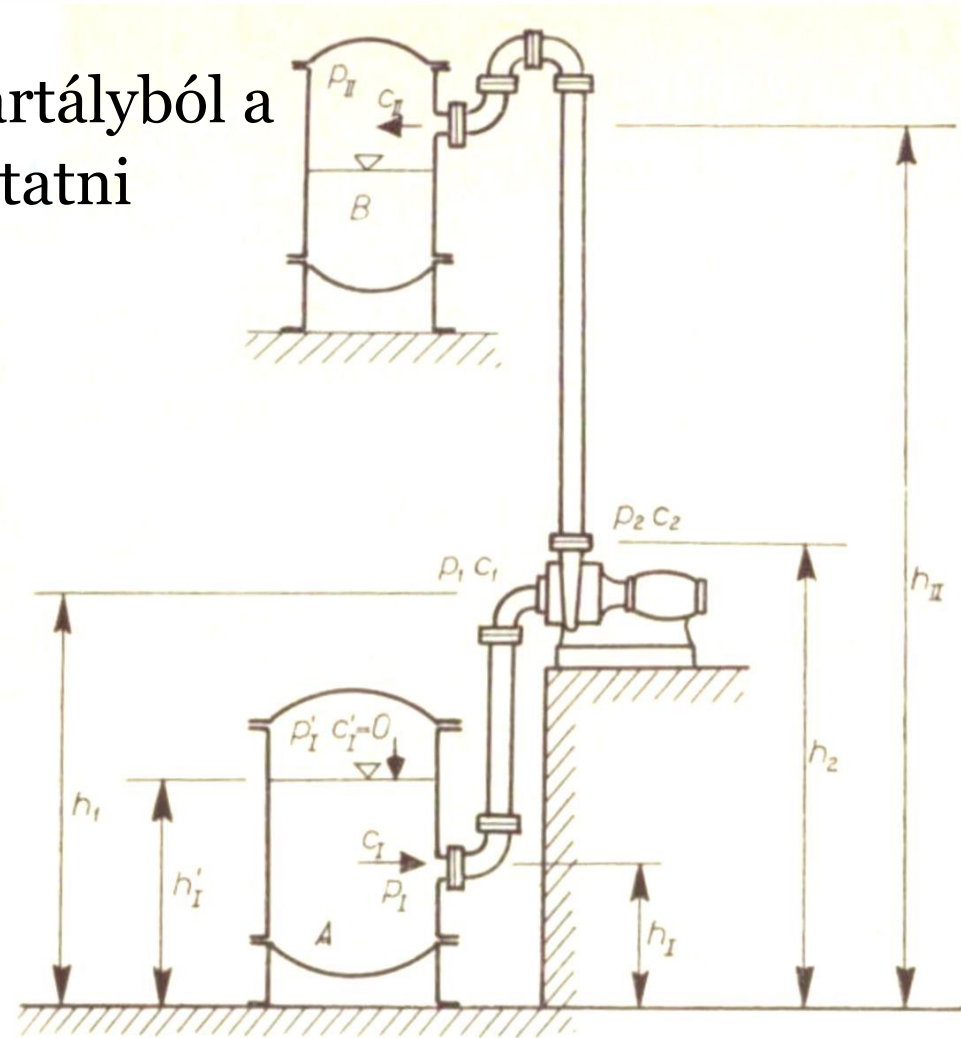


Szivattyúzási feladat

Cél: az alsó adott nyomású tartályból a folyadékot a felső tartályba juttatni

Bernoulli egyenlet írható föl

- I'. és 1. pontok között
- 2. és II. pontok között





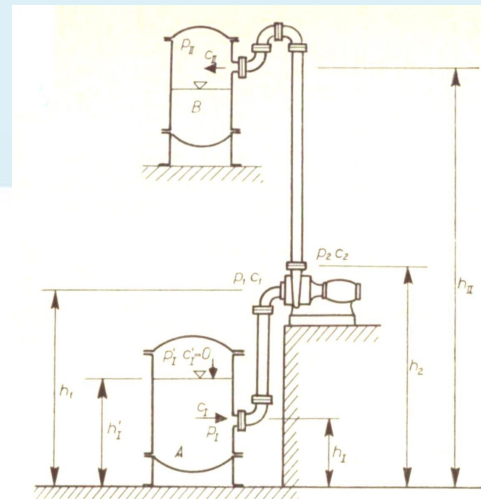
Szivattyúzási feladat

- I. és 1. között

$$\frac{p_{I'}}{\rho g} + \frac{v_{I'}^2}{2g} + h_{I'} = \frac{p_1}{\rho g} + \frac{v_1^2}{2g} + h_1 + \frac{\Delta p'_{I-1}}{\rho g}$$

- 2. és II. között

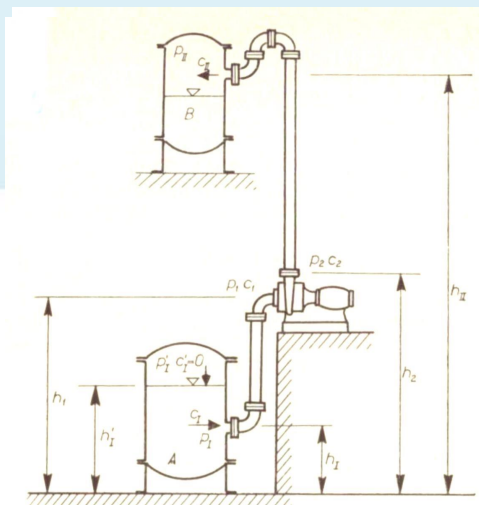
$$\frac{p_2}{\rho g} + \frac{v_2^2}{2g} + h_2 = \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g} + h_{II} + \frac{\Delta p'_{2-II}}{\rho g}$$





Szivattyúzási feladat

1. pont tipikus jelölése: s (szívó)
2. pont tipikus jelölése: n (nyomó)



Két előző egyenletből a fenti jelölést használva:

$$\frac{p_n}{\rho g} + \frac{v_n^2}{2g} + h_n - \frac{p_s}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - h_s - \frac{\Delta p'_s}{\rho g} = \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g} + h_{II} + \frac{\Delta p'_n}{\rho g} - \frac{p_{I'}}{\rho g} - \frac{v_{I'}^2}{2g} - h_{I'}$$



Szivattyúzási feladat

$$\frac{p_n}{\rho g} + \frac{v_n^2}{2g} + h_n - \frac{p_s}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - h_s - \frac{\Delta p'_s}{\rho g} = \frac{p_{II}}{\rho g} + \frac{v_{II}^2}{2g} + h_{II} + \frac{\Delta p'_n}{\rho g} - \frac{p_I}{\rho g} - \frac{v_I^2}{2g} - h_I$$

$$\frac{p_n - p_s}{\rho g} + \frac{v_n^2 - v_s^2}{2g} + h_n - h_s = \frac{p_{II} - p_I}{\rho g} + \frac{v_{II}^2 - v_I^2}{2g} + h_{II} - h_I + \frac{\Delta p'_{cső}}{\rho g}$$

Szivattyú szállítómagassága
H [m]

Berendezés szállítómagasság
igénye
H_B [m]



Szivattyúzási feladat

Berendezés szállítómagasság igénye:

$$H_B = \underbrace{\frac{p_{II} - p_{I'}}{\rho g} + h_{II} - h_{I'}}_{\text{Statikus szállítómagasság}} + \underbrace{\frac{v_{II}^2 - v_{I'}^2}{2g} + \left(f \frac{l}{d} + \sum \xi \right) \frac{v^2}{2g}}_{K \cdot q^2}$$

Statikus szállítómagasság
 H_{st} [m]

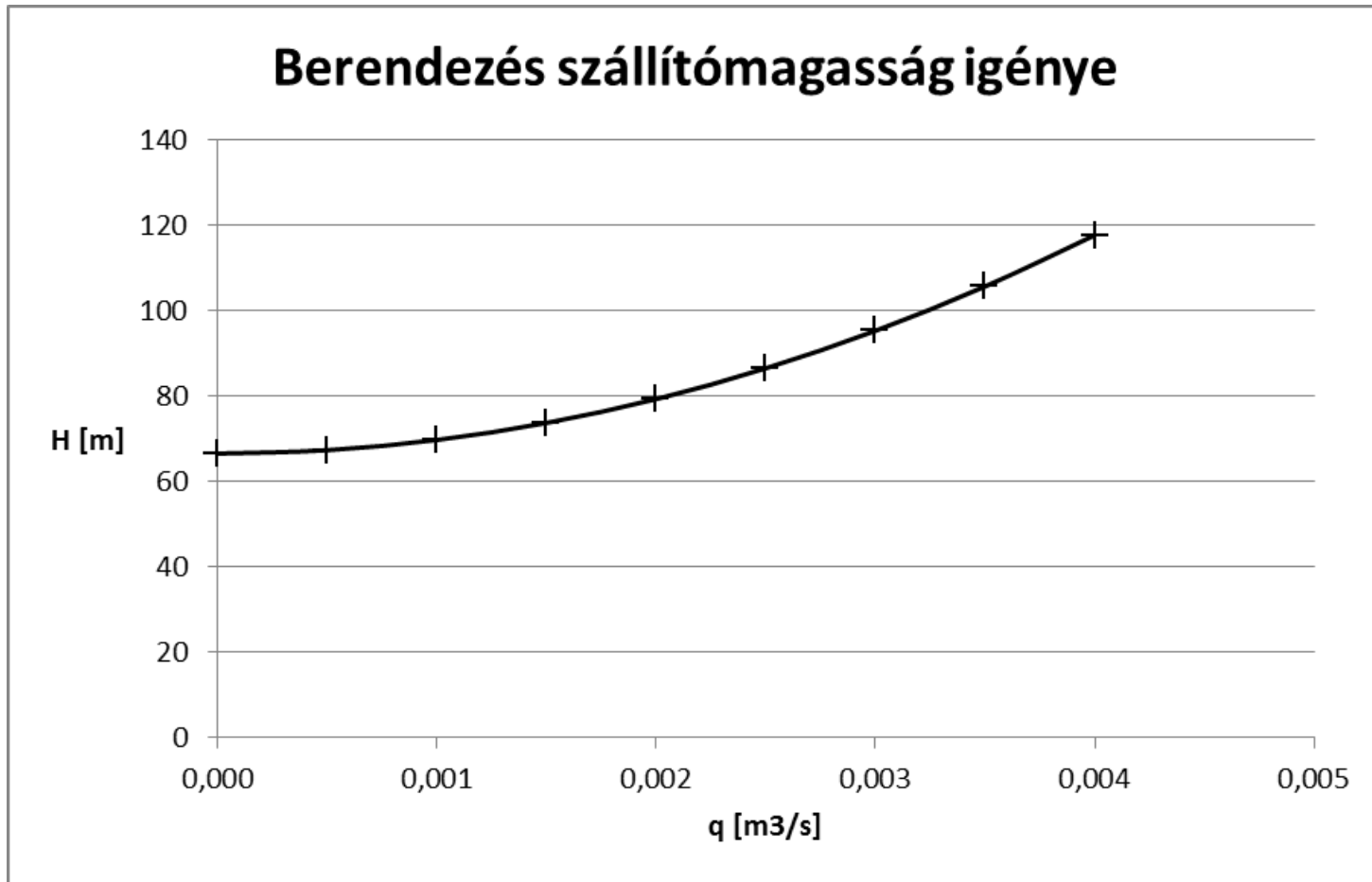
$K \cdot q^2$ [m]

$$H_B = H_{st} + Kq^2$$



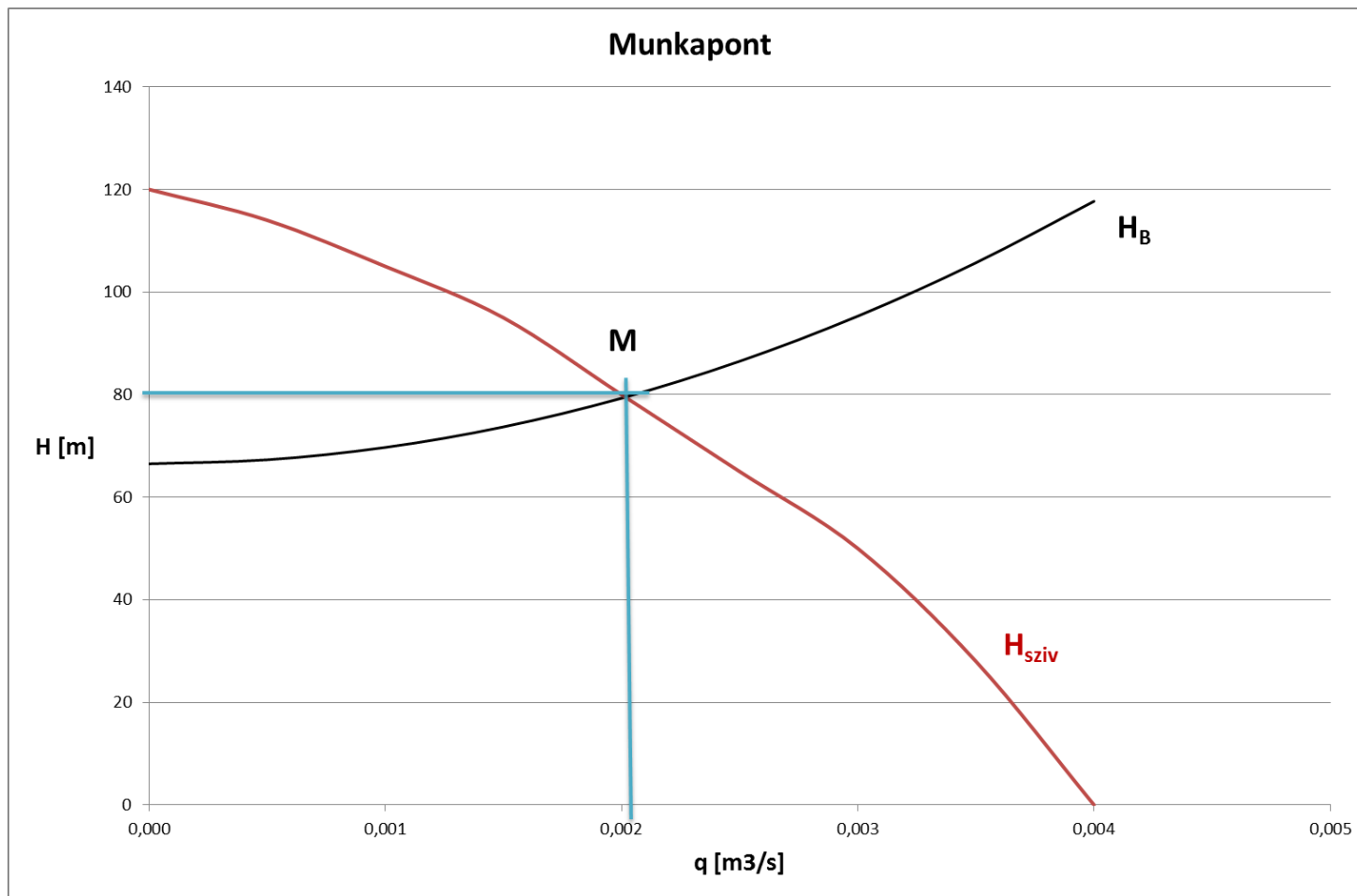
Szivattyúzási feladat

Berendezés szállítómagasság igénye: $H_B = H_{st} + Kq^2$





Szivattyúzási feladat





Csoportosítás 1.

Szállított közeg tulajdonsága alapján

- Állandó sűrűségű folyadékot szállít
 - Szivattyúk
- Változó sűrűségű folyadékot szállít
 - Ventilátorok
 - Fúvók
 - Kompresszorok



Csoportosítás 2.

Működési elv alapján

- Centrifugálgépek (örvénygépek)
Forgó járókerékkel együtt forgó közeg
- Térfogatkiszorítás elven működő (volumetrikus) gépek
Periodikusan csökkentett-növelt térfogat
- Egyéb gépek (injektor, montejus)

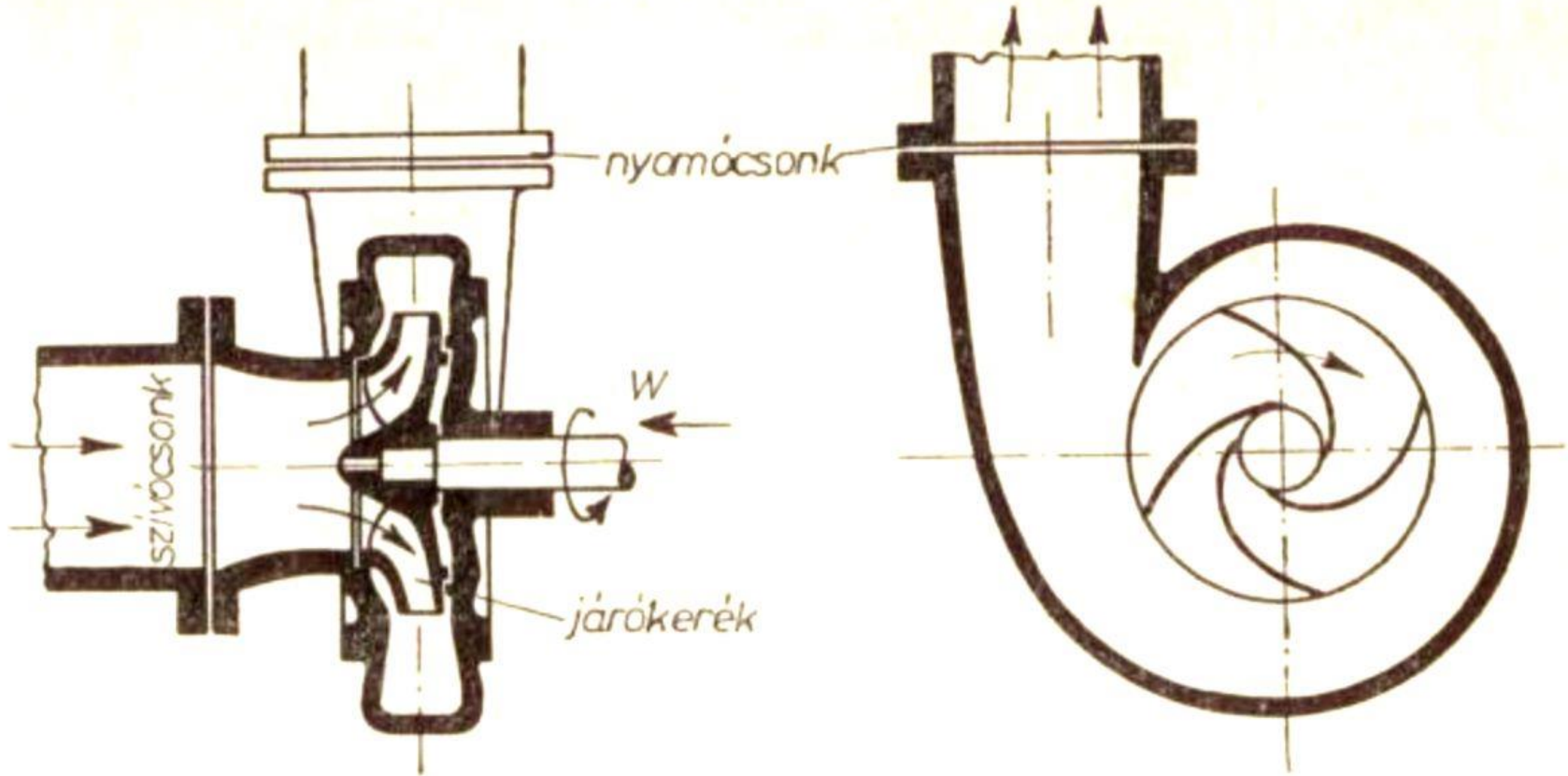


Üzemi jellemzők

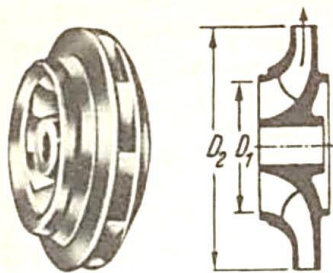
- Térfogatáram / tömegáram: q [m^3/s]
- Munkaképesség növekedés: H [m]
- Hajtáshoz szükséges teljesítmény: P [W]
- Hatásfok: η [%]
- Működési „sebesség”: n [$1/\text{s}$]
- Üzemet korlátozó körülmények: kavitáció, pumpálás



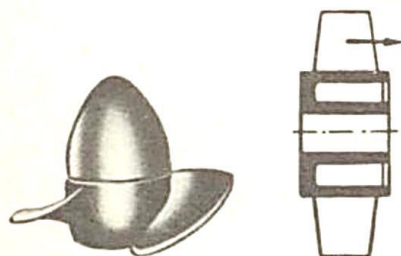
Örvényszivattyúk



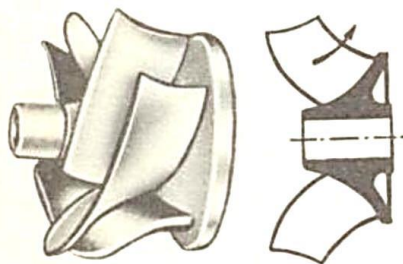
Örvényszivattyúk



Radiális járókerék



Axiális járókerék



Félaxiális járókerék



Örvényszivattyúk

Üzemi jellemzők:

- Bevezetett teljesítmény: $P_b = M\omega$
- Hasznos teljesítmény: $P_h = q\rho gH$
- Hatásfok: $\eta = \frac{q\rho gH}{M\omega}$
- Működési „sebesség” - fordulatszám: $n = \frac{\omega}{2\pi}$
- Működési korlát: NPSH



Örvényszivattyúk

Kavitáció: az abszolút nyomás az áramlás folyamán valahol az uralkodó hőmérsékleten a telített vízgőz nyomására süllyed, ekkor az áramló közeg homogenitása megszűnik, a folyadék belsejében gőzbuborékok keletkeznek. A buborékok újra nagyobb nyomású helyre kerülve szétroppannak.

Következményei:

- Nem kívánt rezgések, lengések
- Zaj
- A magasabb nyomásra kerülő buborékok összeroppanása nyomán szerkezeti roncsolódások



Örvényszivattyúk



Kavitáció elkerülésének feltétele:

$$p_{min} > p_{gőz}$$

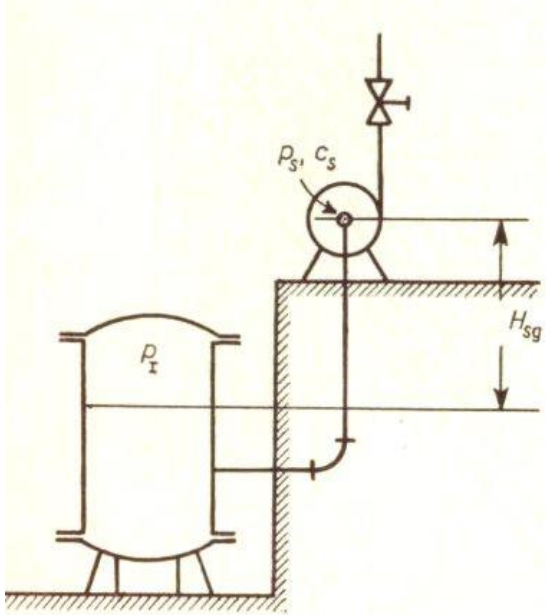
Minimális nyomás a belépésnél (szívó oldalon van), előzőből:

$$p_s - p_{min} < p_s - p_{gőz}$$

Biztonsági tartalékkal:

$$p_s - p_{min} + \Delta p_{bizt} < p_s - p_{gőz}$$

Örvényszivattyúk



Bernoulli egyenlet I és a szívócsonk (s) között

$$\frac{p_I}{\rho g} + \frac{v_I^2}{2g} + h_I = \frac{p_s}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + h_s + \frac{\Delta p'_s}{\rho g}$$

Kihasználva, hogy

$$H_{sg} = h_s - h_I \quad v_I = 0$$

Kapjuk:

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_I}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - H_{sg} + \frac{\Delta p'_s}{\rho g}$$



Örvényszivattyúk

Kavitáció elkerülésének feltétele:

$$p_s - p_{\min} + \Delta p_{\text{bizt}} < p_s - p_{\text{gőő}}$$

A szívócsonk Bernoulli egyenletéből:

$$\frac{p_s}{\rho g} = \frac{p_I}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - H_{sg} + \frac{\Delta p'_s}{\rho g}$$

Az előző kettőből:

$$\frac{p_s - p_{\min} + \Delta p_{\text{bizt}}}{\rho g} < \frac{p_I}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - H_{sg} + \frac{\Delta p'_s}{\rho g} - \frac{p_{\text{gőő}}}{\rho g}$$



Örvényszivattyúk

$$\frac{p_s - p_{\min} + \Delta p_{\text{bizt}}}{\rho g} < \frac{p_I}{\rho g} - \frac{v_s^2}{2g} - H_{sg} + \frac{\Delta p'_s}{\rho g} - \frac{p_{g\ddot{o}\ddot{o}}}{\rho g}$$

Átrendezve:

$$\underbrace{\frac{p_s - p_{\min}}{\rho g} + \frac{v_s^2}{2g} + \frac{\Delta p_{\text{bizt}}}{\rho g}}_{\text{NPSH szivattyú}} < \underbrace{\frac{p_I - p_{g\ddot{o}\ddot{o}}}{\rho g} - H_{sg} + \frac{\Delta p'_s}{\rho g}}_{\text{NPSH berendezés}}$$

NPSH szivattyú

- állandó fordulatszámon a térfogatáram függvénye
- kisebb NPSH jobb szívóképességet jelöl

NPSH berendezés

- csak a csővezeték és a tartály adataitól függ



Örvényszivattyúk

NPSH: Net Positive Suction Head („belső nyomásesés”)

Kavitációmentes az örvénygép, ha

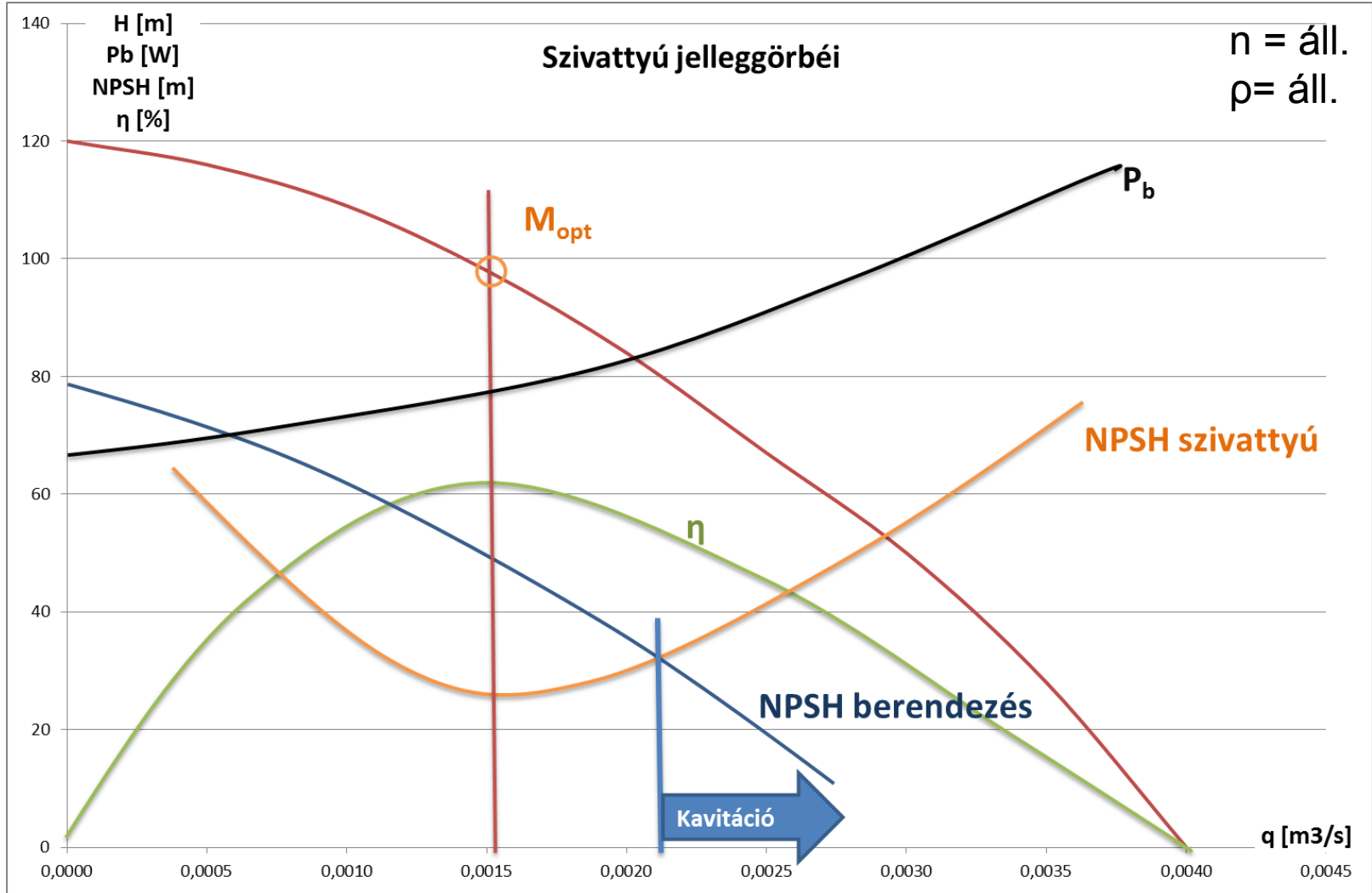
$$NPSH < NPSH_b$$

Optimális munkapont:

A szivattyú maximális hatásfokához tartozó munkapont (itt szeretnénk működtetni)



Örvényszivattyúk





Örvényszivattyúk

Jellemző fordulatszám (típusjellemző)

$$n_q = \frac{n\sqrt{q}}{\sqrt[4]{H^3}} = nq^{\frac{1}{2}} H^{-\frac{3}{4}}$$

Néhány példa:

Jellemző fordulatszám	Szivattyú típusa
12 → 25	Keskeny radiális átömlésű
35 → 80	Radiális átömlésű
80 → 100	Félaxiális
100 → 400	Axiális



Örvényszivattyúk

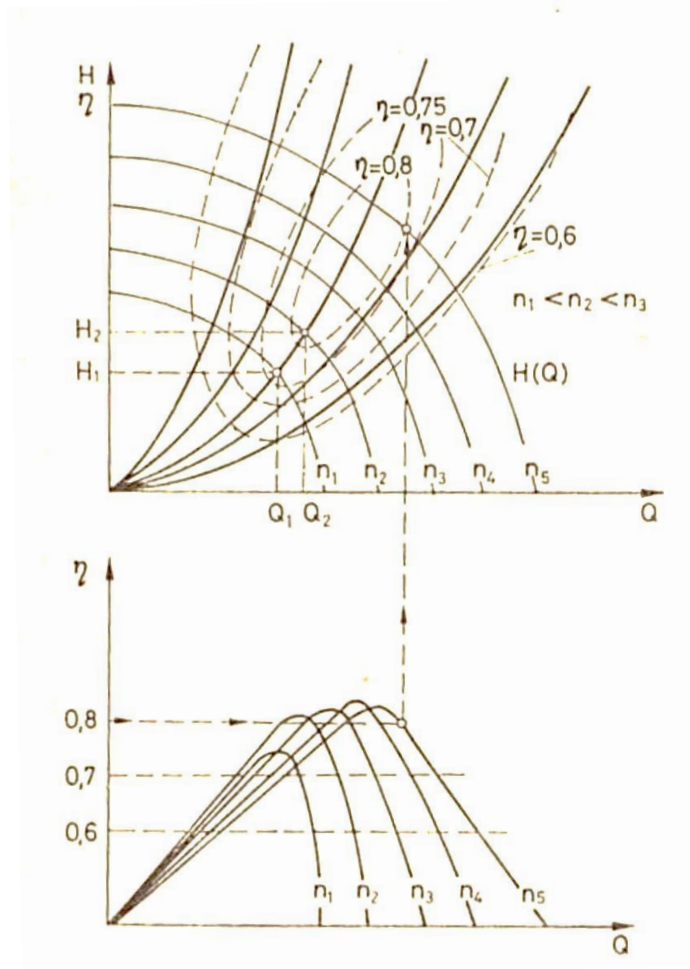
Szivattyúválasztás:

- Ismert: q_{\max} , csővezeték, H_{sg} , ρ , ν
- Felveszünk egy kívánt áramlási sebességet
- Berendezés szállítómagasság igényét számítjuk
- Jellemző fordulatszám; ehhez megfelelő típusú gép választása
- A meghatározott (előrelátható) munkapontban a szivattyú hatásfoka legyen maximális érték



Örvényszivattyúk

Különböző fordulatszámokhoz tartozó jelleggörbék:
Kagylódiagram





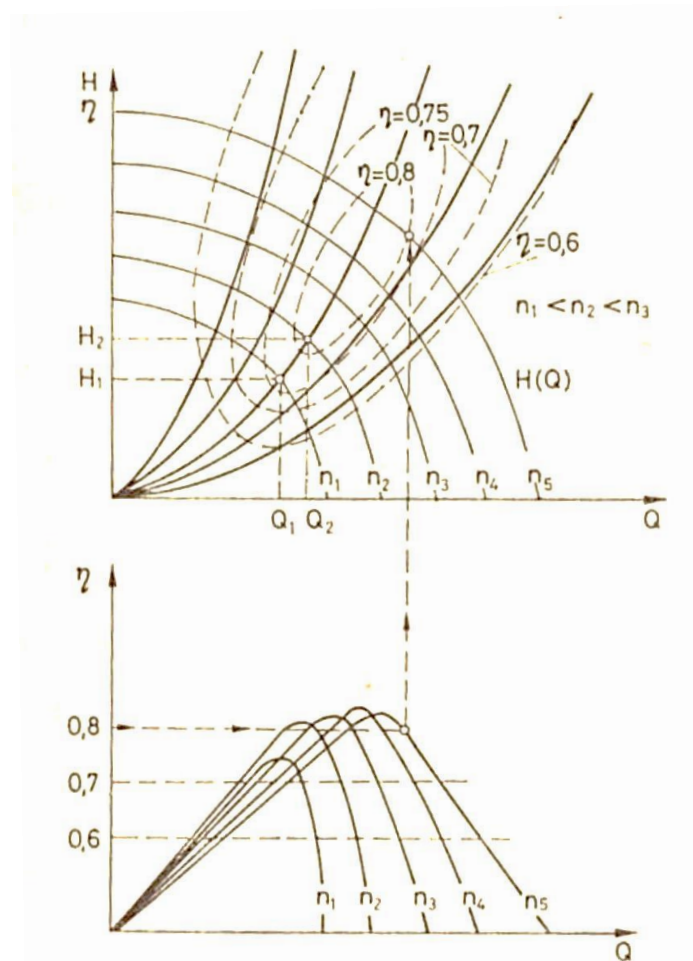
Örvényszivattyúk

A jelleggörbék az **Affinitás törvényével** számolhatók át egymásba

$$\frac{n_1}{n_2} = \frac{q_1}{q_2}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{H_1}{H_2}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \frac{P_{b1}}{P_{b2}}$$



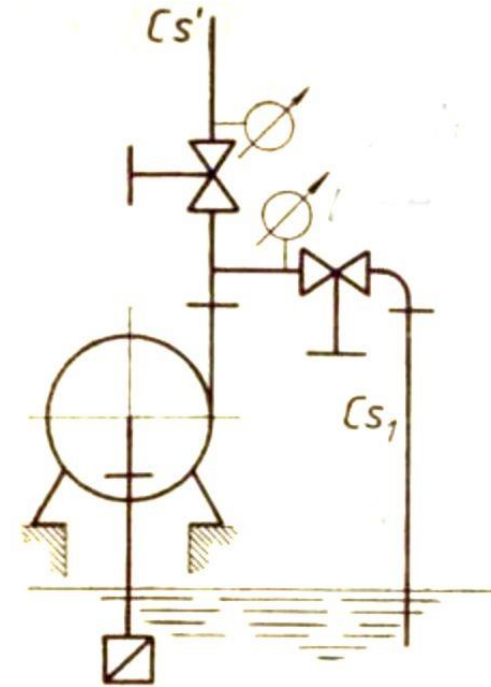


Örvényszivattyúk

Szivattyú indítás

Mivel az örvényszivattyú nem önfelszívó,

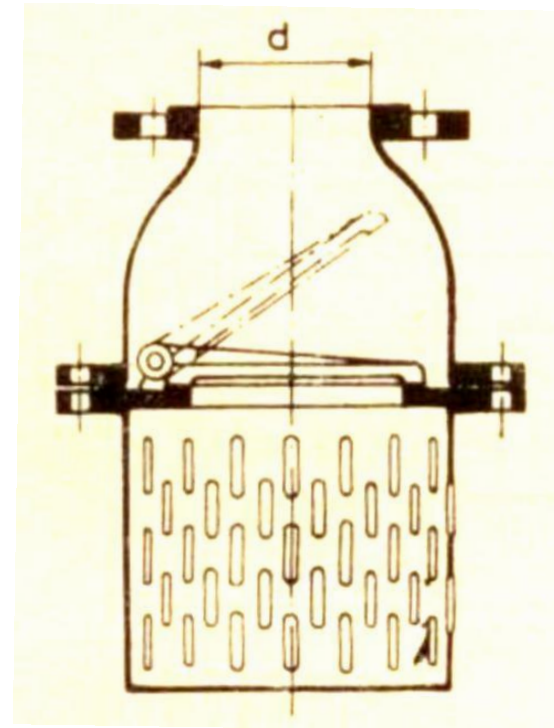
- indítás előtt fel kell tölteni a szívócsonkot és a szivattyút
- hozzáfojást kell kialakítani
- megkerülő vezetéket kell beépíteni, hogy a szivattyú először oda termeljen, majd az üzemi fordulatszám elérése után lehet nyitni a csőhálózat felé





Örvényszivattyúk

- A szívócsonk leürülésének megakadályozása érdekében szokás **lábszelepet** beépíteni a szívócsonk folyadékba merülő végére, ami egy lyukacsos harang kialakítású (szűrő) térből, és egy szeleptányérból áll, ami megakadályozza a fluidum visszaáramlását





Örvényszivattyúk

Szivattyú szabályozásának lehetőségei:

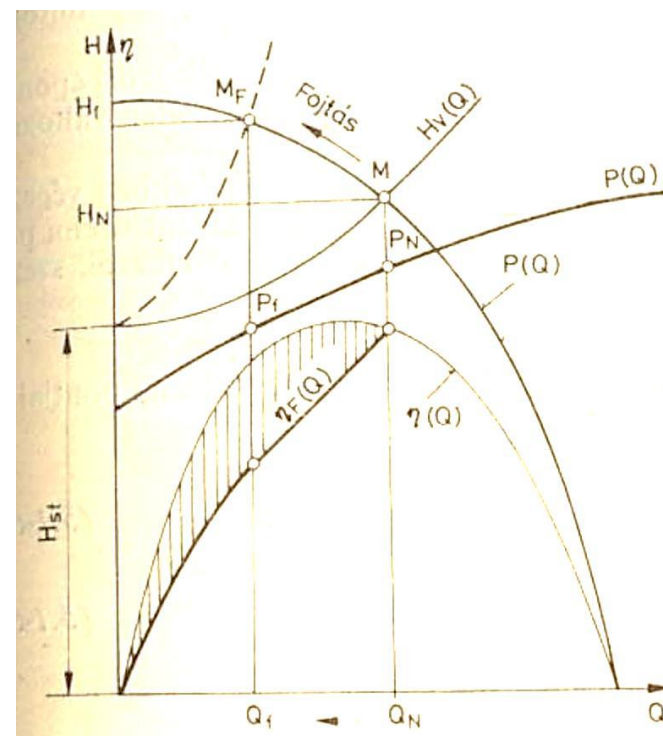
1. Fojtással
2. Megcsapoló vezetékkel
3. Fordulatszám szabályozással
4. Járókerék átmérő csökkentéssel
5. Lépcsőszabályozás

Szivattyú szabályozásának lehetőségei

1. Fojtással

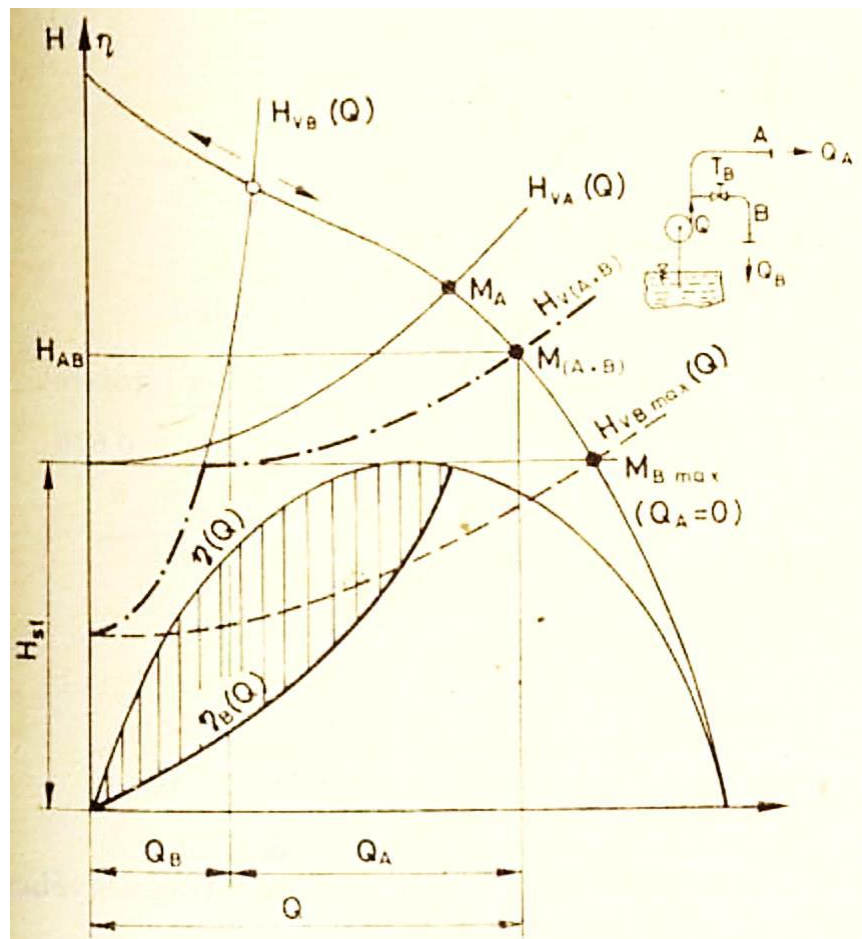
A nyomócsonkra elhelyezett tolózárrel zárunk (ez a rendszer jelleggörbéjének eltolódását eredményezi)

- A veszteség miatt drága
- A hatásfok rosszabb



Szivattyú szabályozásának lehetőségei

2. Megcsapoló vezetékkel

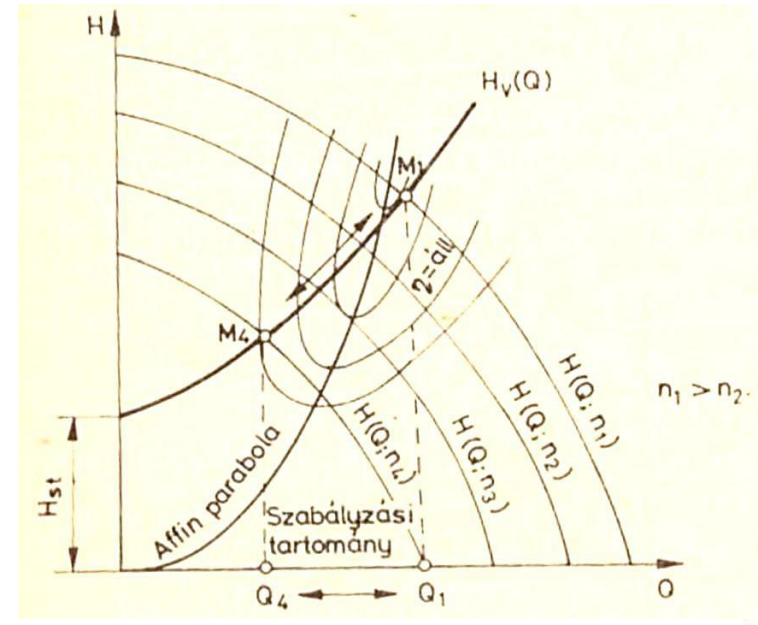


Szivattyú szabályozásának lehetőségei

3. Fordulatszám szabályozással

A hajtómotor fordulatszámának megváltoztatása; Affinitás törvénye alapján változik a szivattyú jelleggörbe, és így a munkapont

- Fordulatszám szabályzós motor kell hozzá
- Veszteségnövekedés nélküli szabályozás !

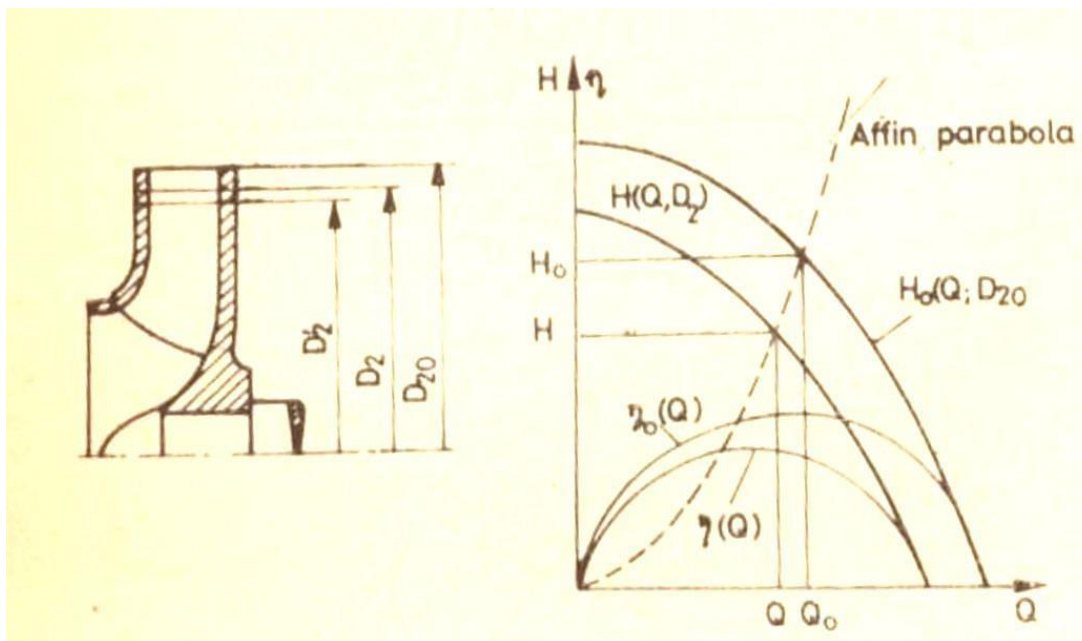


Szivattyú szabályozásának lehetőségei

4. Járókerék átmérő csökkentéssel

A szivattyú járókerekének visszaesztergálása

- Teljesítmény csökkenéssel jár
- Szállított mennyiség csökkenéssel jár



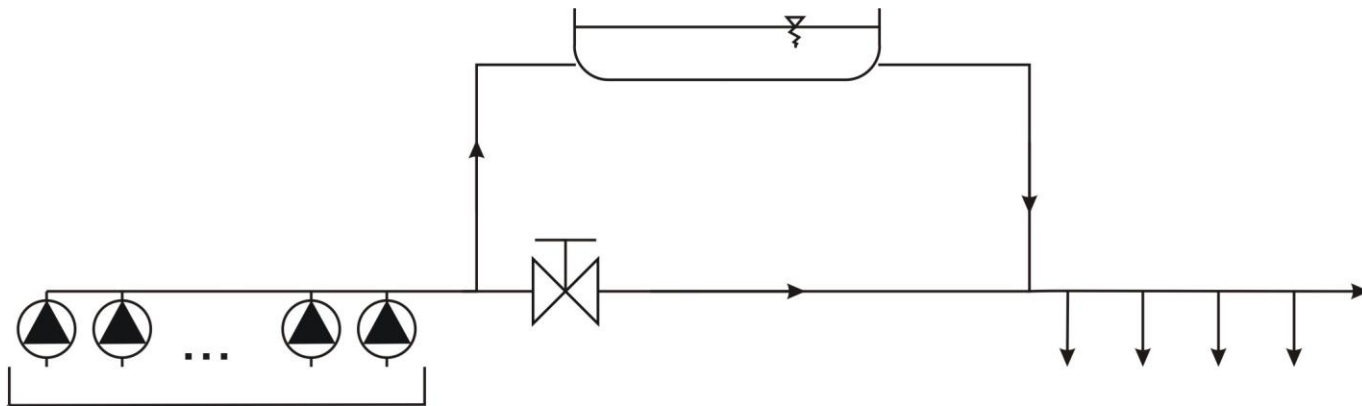


Örvényszivattyúk

Szivattyú szabályozásának lehetőségei

5. Lépcsőszabályozással

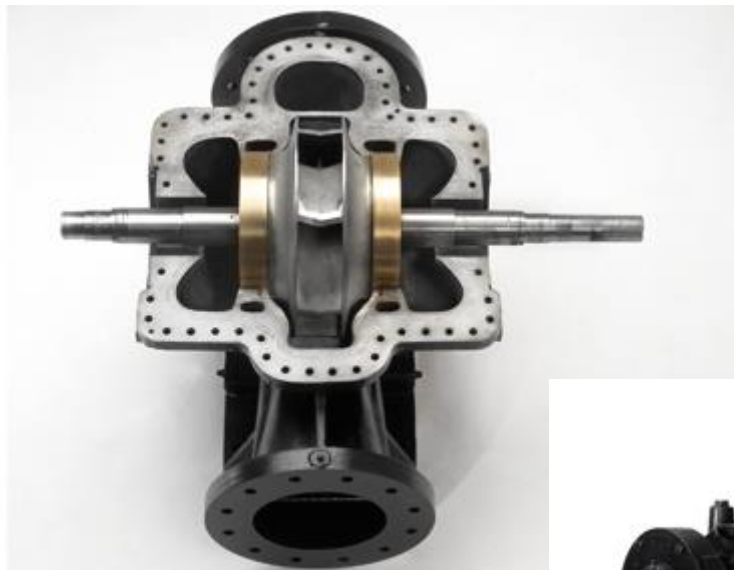
- Vízműveknél gyakori, több szivattyúból mindegyik a legjobb hatásfokú pontban jár, vagy nem jár
- Hatásfoka igen jó
- Fellép az indítás és leállítás miatti veszteség





Örvényszivattyúk

Példa (HS Grundfos sziv.)





Eddigiekben:

- szivattyúzási feladat (szállítómagasság levezetése, berendezés/szivattyú szállítómagassága (H), munkapont fogalma)
- szivattyúk csoportosítása
- örvénygépek (felépítés, jellemzők, berendezés/szivattyú szívóképessége (NPSH), típusok, választás, indítás, szabályozás)



Kérdések, észrevételek:
tillsara@hds.bme.hu