

Aramlástechnikai gép minden olyan gép, amelynél az energiaátalakítás során a folyadékokban, gázokban, gőzökben létrejövő állapotváltozások alapvető feladatot játszanak

Csoportosításuk:

Felhasználás célja szerint

- munkagépek
- erőgépek
- hidraulikus hajtások
- egyéb rendeltetésű gépek

Működési elv szerint

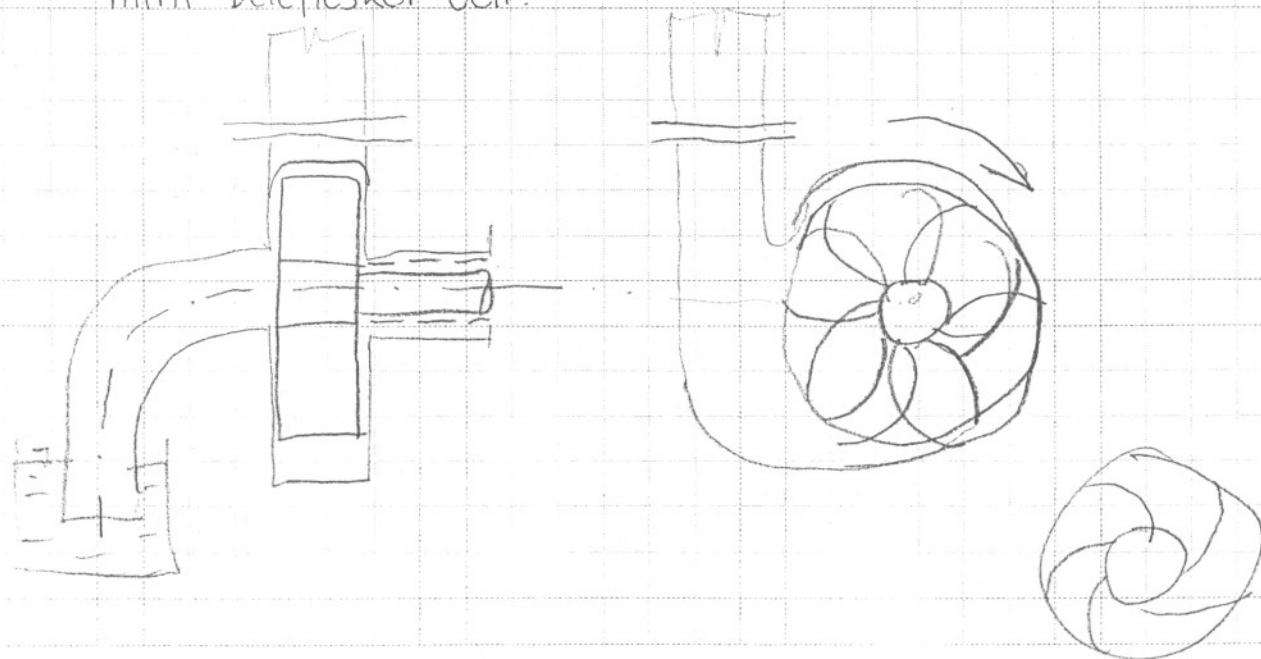
- térfogatkiszorítás elven működő (volometrikus)
- örvénygépek csoportja (Euler-elven működő)

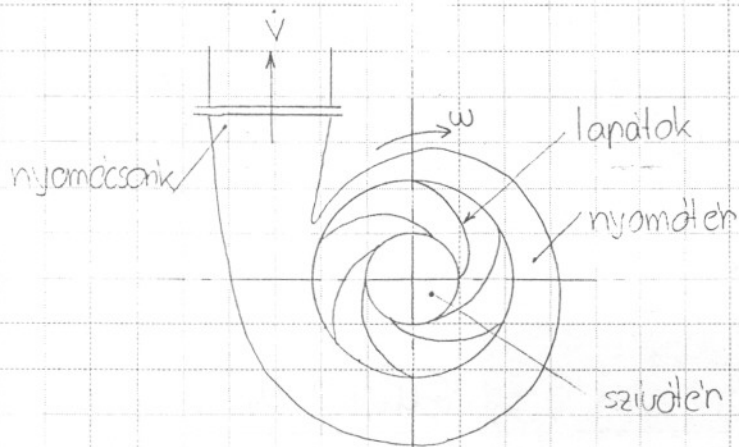
Volometrikus gépek (pl. dugattyús szivattyú):

- a gép konstrukciójából fakadóan a gép szivattyútére fokozatosan nő illetve csökken. A szivattyútér szelepei váltakozva nyílnak ill. záródnak.
- A szivattyútér növekedésekor a növekedő térfogatot a kinyíló szívószelepen beáramló folyadék tölti ki. A szivattyútér csökkenésekor a kiszorított folyadék a szívószelep lezárása miatt a kinyíló nyomószelepen át távozik.

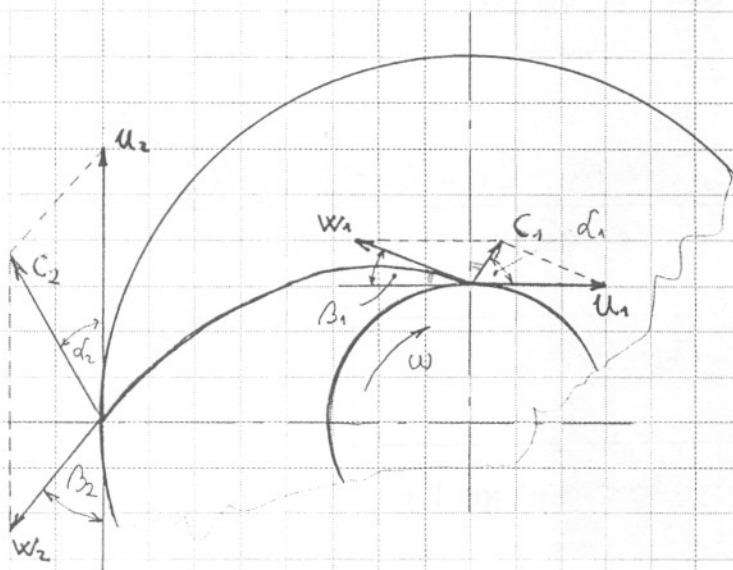
Örvénygépek:

- A bevezetett villamos energia során a rajta átáramló folyadék kinetikus energiáját növeli meg. A megnövekedett kinetikus energiát a gép részben nyomási, illetve helyzeti energiává alakítja, ezzel a belőle kilepő folyadék nyomása nagyobb mint belépéskor volt.





β_1, β_2 : kilepő és belepő lapátszögek
 b_1, b_2 : kilepő és belepő lapátszélesség



\bar{u} : kerületi sebesség
 \bar{w} : relatív sebesség
 \bar{c} : abszolút sebesség

- A szállítómagasság elméleti értékét az Euler-féle turbinaegyenlettel számolhatjuk, ha feltételezzük, hogy az áramlás veszteségmentes és valamennyi relatív áramvonal egybevágó görbe (végtelen lapátszám)
- A szállítómagasság

$$H_{ew} = H_c + H_r$$

- Kinetikus szállítómagasság:

$$H_c = \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g}$$

- a kinetikai energia növekménye

- Potenciális szállítómagasság:

$$H_r = \frac{r_2 - r_1}{g \cdot g} = \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + \frac{w_1^2 - w_2^2}{2g}$$

- a nyoma smagasság növekedése

B/9-2.

- Mivel:

$$C_{2u} = C_2 \cdot \cos \alpha_2$$

$$C_{1u} = C_1 \cdot \cos \alpha_1$$

$$w_1^2 = C_1^2 + u_1^2 - 2 \cdot u_1 \cdot C_{1u}$$

$$w_2^2 = C_2^2 + u_2^2 - 2 \cdot u_2 \cdot C_{2u}$$

- Így:

$$H_p = \frac{u_2^2 - u_1^2 + C_1^2 + u_1^2 - 2 \cdot u_1 \cdot C_{1u} - C_2^2 + u_2^2 + 2 \cdot u_2 \cdot C_{2u}}{2g} =$$

$$H_p = \frac{C_1^2 - C_2^2 + 2 \cdot u_2 \cdot C_{2u} - 2 \cdot u_1 \cdot C_{1u}}{2g}$$

- Tehát:

$$H_{\infty} = H_c + H_p = \frac{C_2^2 - C_1^2 + C_1^2 - C_2^2 + 2 \cdot C_{2u} \cdot u_2 - 2 \cdot C_{1u} \cdot u_1}{2g}$$

$$H_{\infty} = \frac{C_{2u} \cdot u_2 - C_{1u} \cdot u_1}{g}$$

Euler-Féle turbinaegyenlet

- Továbbá:

$$H_{\infty} = \frac{\omega}{g} (C_{2u} \cdot r_2 - C_{1u} \cdot r_1) = \frac{\omega}{g} (K_2 - K_1)$$

↑ ↑
perdület

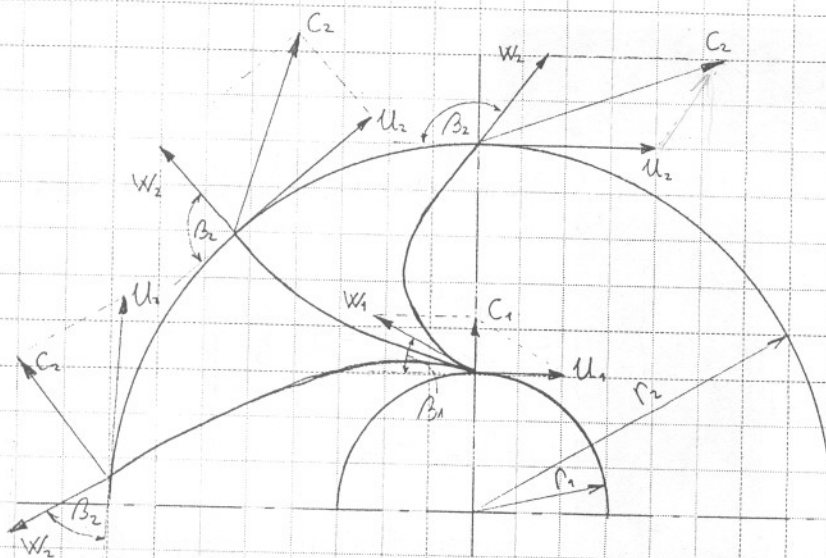
- perdületmentes belépés feltétele:

$K_1 = C_{1u} \cdot r_1 = 0$, akkor ha: $C_{1u} = 0$

ekkor:

$$H_{e\infty} = \frac{C_{2u} \cdot u_2}{g}$$

Lapátszög mint típusjellemző:



- $d_1, d_2, b_1, b_2, \beta_1, \beta_2, r_1, V, C_m$ azonosak
- a szállított térfogatáram:

$$V = 2r\pi \cdot b \cdot C_m$$

- az átítelési szám:

$$\xi = \frac{C_{2u}}{u_2}$$

Előrehajló

$\beta_2 > 90^\circ$

$\xi > 1$

Normal

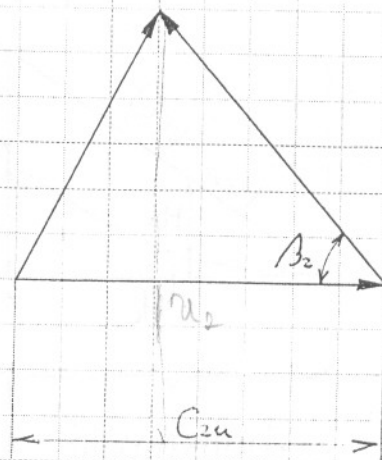
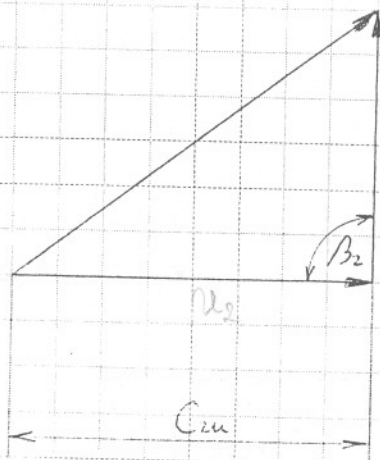
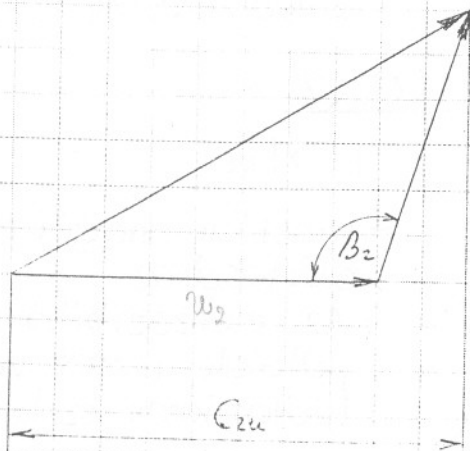
$\beta_2 = 90^\circ$

$\xi = 1$

Hátrahajló

$\beta_2 < 90^\circ$

$\xi < 1$



- Azt szeretnénk megtudni, hogy β_2 laptszögtől hogyan függ a szállítmagasság

$$H_{\text{eoo}} = f(\xi), H_c = f(\xi); H_p = f(\xi)$$

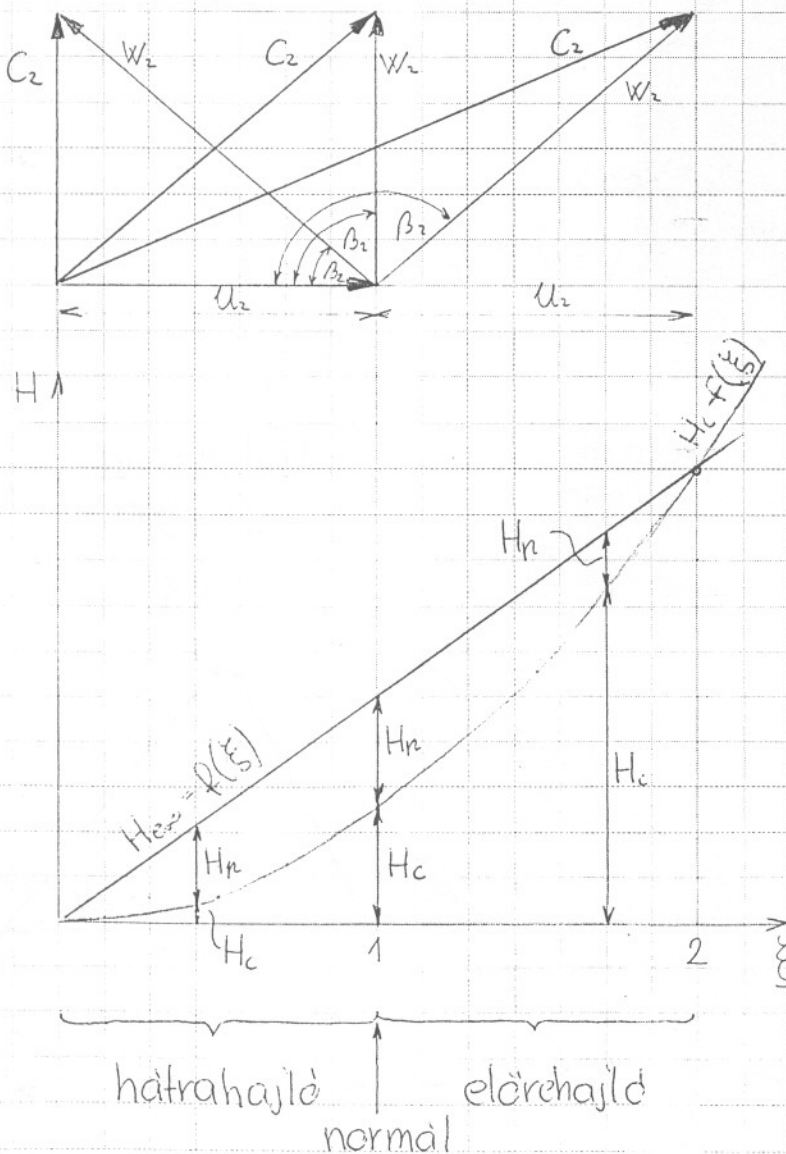
- perdületmentes beelés esetén:

$$H_{\text{eoo}} = \frac{C_{2u} \cdot u_2}{g} = \xi \cdot \frac{u_2^2}{g} = \boxed{2B \cdot \xi}$$

$$H_c = \frac{C_2^2 - C_1^2}{2g}; \quad C_2^2 = C_{2m}^2 + C_{2u}^2; \quad C_1 = C_{1m} \text{ (mert } C_{1u} = 0); \quad C_1 = C_{1m} \approx C_{2m}$$

$$H_c = \frac{C_{2m}^2 + C_{2u}^2 - C_{2m}^2}{2g} = \frac{C_{2u}^2}{2g} \quad \left. \begin{array}{l} \\ C_{2u}^2 = \xi^2 \cdot u_2^2 \end{array} \right\} H_c = \frac{u_2^2}{2g} \cdot \xi^2 = \boxed{B \cdot \xi^2}$$

$$H_p = H_{\text{eoo}} - H_c$$



- szivattyúhoz csak $0 < \xi < 2$ értékek használhatók, mert ha $\xi > 2$ akkor a járókerekek nyomásemelkedést már nem okoz

$$0 < \xi < 1$$

$$H_p > H_c$$

- ha nyomásnövelés a cél, ezért folyadék-szállító szivattyúkban hátrahajlé laptozás

$$1 < \xi < 2$$

$$H_c > H_p$$

- kinetikai energia előállításához.
- Az előregörbített lapotabak inkább ventilátorokban szokásos

$$H_{\infty} = f(\dot{V}) = ?$$

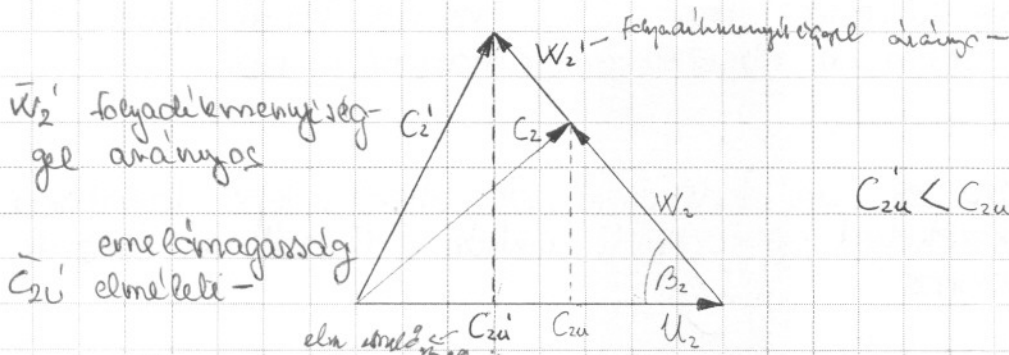
- a járókeréken áthaladó folyadékmennyiség

$$\dot{V} = 2r_2 \pi \cdot b_2 \cdot \psi_2 \cdot C_{2m} \quad \psi_2: \text{lapátok vastagságára jellemző tényező } (\psi_2 < 1)$$

- a végtelen lapátszámú járókerék elméleti emelőmagassága

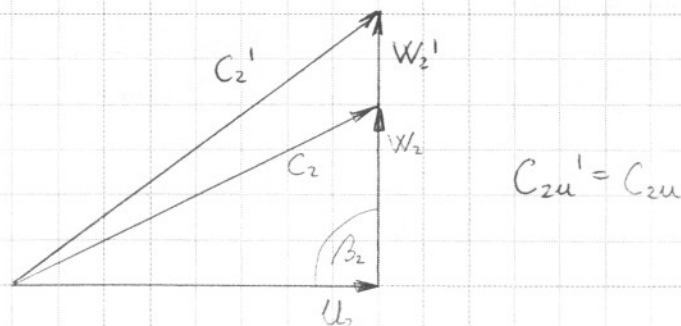
$$H_{\infty} = \frac{C_{2u} \cdot u_2}{g} = \xi \cdot \frac{u_2^2}{g} \quad \text{nyrdületmentes belépéssel}$$

Hátrahajló lapátozás:



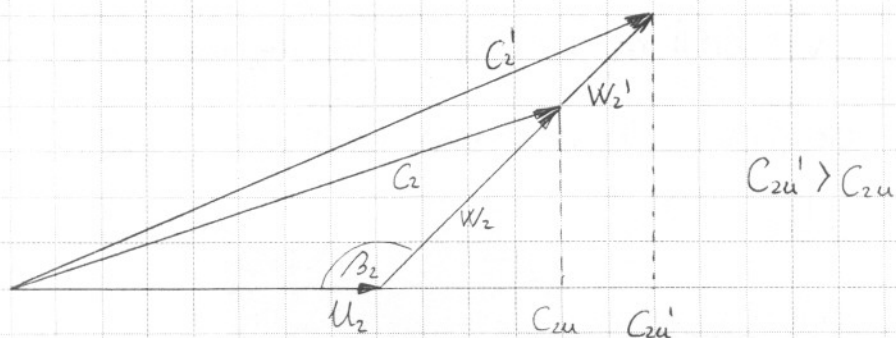
- Ha a gépen átáramló folyadékmennyiség nő, a lapátcsatoma sebessége nő, de a kerületi sebesség nem változik. Ha w_2 megnövekszik w_2' -re a C_2 abszolút sebesség C_2' -re változik, és u irányú komponense C_{2u} C_{2u}' -re csökken. Mivel az Euler-egyenlet szerint az elméleti emelőmagasság C_{2u} -val arányos, láthatjuk, hogy a folyadékmennyiség növekedése az emelőmagasság csökkenését eredményezi. Az elméleti emelőmagasság és a szállítóteljesítmény közti összefüggés lineáris.

Normal lapátozás:



- a megnövekedő folyadékmennyiség hatására w_2 w_2' -re és így C_2 C_2' -re növekszik. C_{2u}' és C_{2u} értéke függetlenül mindig a-zonos.
- Tehát a térfogatáram változása az elméleti emelőmagasságra nincs hatással.

Eldre hajló lapátok:



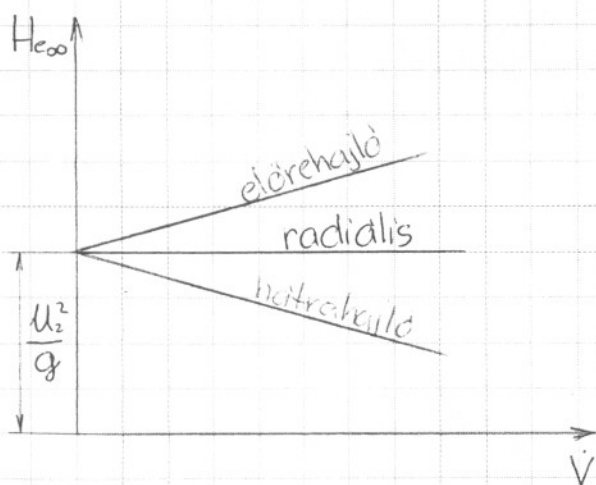
- növekvő folyadékmennyiség hatására w_2 , w_2' -re és így c_2 , c_2' -re változik. Ennek következtében C_{2u} , C_{2u}' -re nő. Tehát növekvő térfogatáram esetén az elméleti emelőmagasság nő.

- Ha azonos átmérőjű és fordulatszámú, de eltérő kilepő lapátszöggel készített járókerekeket vizsgálunk, akkor $\dot{V}=0$ -nál az elméleti emelőmagasság azonos.

$$H_0 = \frac{u_2^2}{g}$$

miel ekkor a relatív sebesség zérus, és így az abszolút sebesség megegyezik u_2 -vel

- Centrifugálszivattyú elméleti jelleggörbei különböző kilepő lapátszögeknel



e: kisebb méretek
h: H_p növelésére

$$H_{\infty} \sim C_{2u}$$

$$\dot{V} \sim C_{2m}$$

$$\tan \beta_2 = \frac{C_{2m}}{u_2 - C_{2u}} \Rightarrow C_{2u} = u_2 - \frac{C_{2m}}{\tan \beta_2} = u_2 - \frac{\dot{V}}{2r_2 \pi \cdot b_2 \psi_2 \cdot \tan \beta_2}$$

$$H_{\infty} = f(\dot{V}) = \frac{u_2^2}{g} - \frac{u_2}{2r_2 \pi \cdot b_2 \psi_2 \cdot \tan \beta_2 \cdot g} \cdot \dot{V}$$

- Vizsgáljuk meg egy hátrahajló lapátos centrifugálszivattyú veszteségeit:

Véges lapátszám:

- A PFLEIDERER elmélet szerint a véges lapátszámú járókerék emelőmagassága:

$$H_e = \lambda \cdot H_{e\infty}$$

- A λ -t perldületapadási tényezőnek nevezzük. Értéke mindig kisebb mint 1. A λ a kialakuló örvény erősségére jellemző szám, melynek értéke leginkább a lapátszámtól függ:

$$\lambda = \frac{z}{z+e}$$

ahol λ : perldületapadási tényező
 z : lapátszám
 e : a járókerék kialakításától függő szám.

- „e” értéke PFLEIDERER szerint:

$$e = \frac{2 \cdot \psi}{1 - \left(\frac{D_1}{D_2}\right)^2}$$

- a képletben szereplő ψ érték kísérlettel határozható meg. A PFLEIDERER által ajánlott értéke

$$\psi = 0,55 \dots 0,68 + 0,6 \cdot \sin \beta_2$$

- általában ψ értéke kevesebb 1 alatti érték.
 - A szokásos járókerék konstrukcióknál:

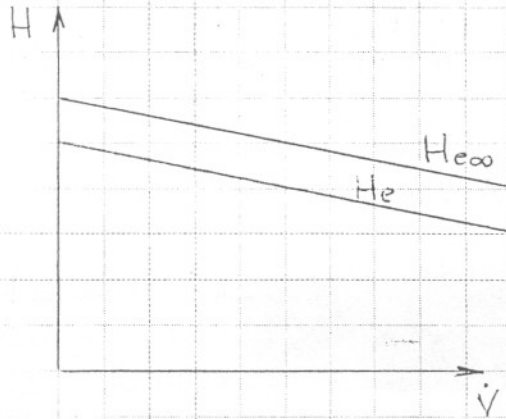
$$D_2 \approx 3D_1$$

- Ebből látható hogy az „e” érték 2 körül várható. Előzetes becslés jellegű számításokhoz tehát a perldületapadási tényezőt a

$$\lambda = \frac{z}{z+2}$$

összefüggéssel számolhatjuk.

- Ezt figyelembe véve, a véges laptszám hatásával csökkentett elméleti jelleggörbe hátrahajló laptozással:



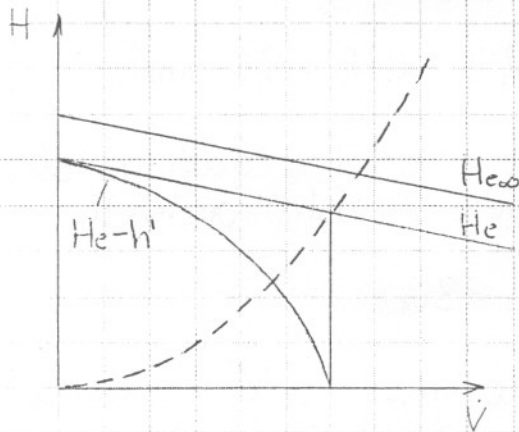
Súrlódási veszteség:

- A járókerék laptozatánálva érvényes az áramlástanból ismert összefüggés

$$h' = \zeta \cdot \frac{w^2}{2g}$$

ahol h' : veszteségmagasság
 ζ : veszteségtényező
 w : relatív sebesség

- Mivel $w \sim \dot{V}$, így $h' \sim \dot{V}^2$
- A laptozatokban és a hűzban jelentkező súrlódási veszteségmagasság (h') csökkentő hatása az elméleti jelleggörbére:



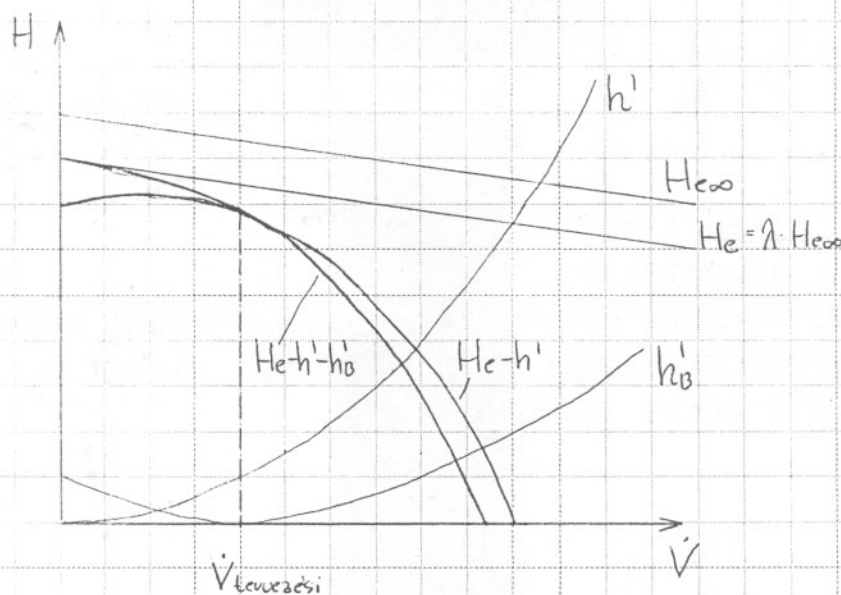
Belelési veszteség:

- Az Euler-turbinaegyenlet számlálójában levonandóként szerepel a beelő abszolút sebesség perdületével arányos tag.
- A méretezés alapját képező szállított folyadékmennyiség-nél a lapto beelő szögét úgy határozzuk meg, hogy az abszolút sebesség sugárirányú legyen ($C_{1u} = 0 \Rightarrow$ perdületmentes beelő). Ez a feltétel azonban csak egy szállított folyadékmennyiség-nél teljesül.

- Ha a gépet más mennyiséggel terheljük - ez szokásos - a lapát belehő szöge nem változhat, így a belehős nem lesz perdületmentes.
- Tehát a tervezési térfogatáramtól eltérő térfogatáramoknál újabb veszteség, az iránytörésből eredő veszteség csökkenteni fogja a jelleggörbét

$$h_B^i = \zeta_B \cdot \frac{u_i^2}{2g} \quad \zeta_B: \text{iránytörési veszteségtényező}$$

- A valóságos jelleggörbe:



Hidraulikai hatásfok:

$$\eta_H = \frac{H}{H_{\infty}}$$

Volometrikus veszteségek:

- A járókerék nem illeszkedik a házban tökéletesen, sőt szennyező anyagokat szállító gépeknel számottevő rés van a ház és a járókerék között. A folyadék egy része a járókerék körülvevő esigaházból a nyomdácsébe áramlik, más része viszont a ház és a járókerék közötti résen át visszaáramlik a szívócsőkhöz. A járókeréknek mindkét mennyiséget fedeznie kell, de hasznos szállított mennyiségként csak a nyomdácsőben ténylegesen eltávozó eltávozó folyadékmennyiség fogható fel.

$$\dot{V}_{\text{tervezési}} = \dot{V}_{\text{hasznos}} + \dot{V}_{\text{rés}}$$

$$\eta_{wl} = \frac{\dot{V}_{\text{hasznos}}}{\dot{V}_{\text{hasznos}} + \dot{V}_{\text{rés}}}$$

Mechanikai veszteségek:

$$\eta_m = \frac{P_o - P_m}{P_o} \longrightarrow P_m = P_o (1 - \eta_m)$$

Összeteljesítmény:

$$P_o = \dot{V}_{\text{mértékelt}} \cdot H \cdot \rho \cdot g + P_m = \frac{\dot{V}_{\text{hasznos}}}{\eta_{\text{vel}}} \cdot \frac{H}{\eta_H} \cdot \rho \cdot g + P_m = \frac{\dot{V}_{\text{hasznos}}}{\eta_{\text{vel}}} \cdot \frac{H}{\eta_H} \cdot \rho \cdot g + P_o (1 - \eta_m)$$

$$P_o = \frac{\dot{V}_n \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta_v \cdot \eta_H \cdot \eta_m} \cdot \frac{P_{\text{hasznos}}}{P_o}$$

$$\eta_o = \eta_{\text{vel}} \cdot \eta_H \cdot \eta_m$$

Jellemző fordulatszám

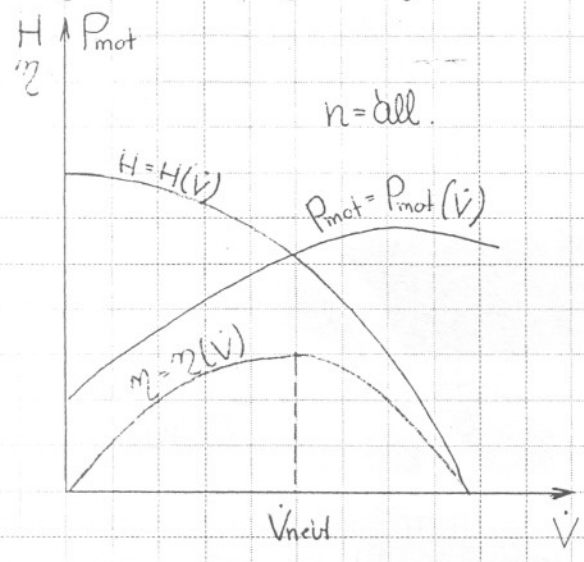
- járókerék jellemzése
- a jellemző fordulatszám az a fordulatszám, mellyel a gép 1m emelőmagasságra emel $1 \text{ m}^3/\text{s}$ folyadékot a legjobb hatásfokú jelleggörbe pontban.

$$n_q = n \cdot \dot{V}^{\frac{1}{2}} \cdot H^{-\frac{3}{4}}$$

\downarrow \downarrow \downarrow
 1/min m^3/s m

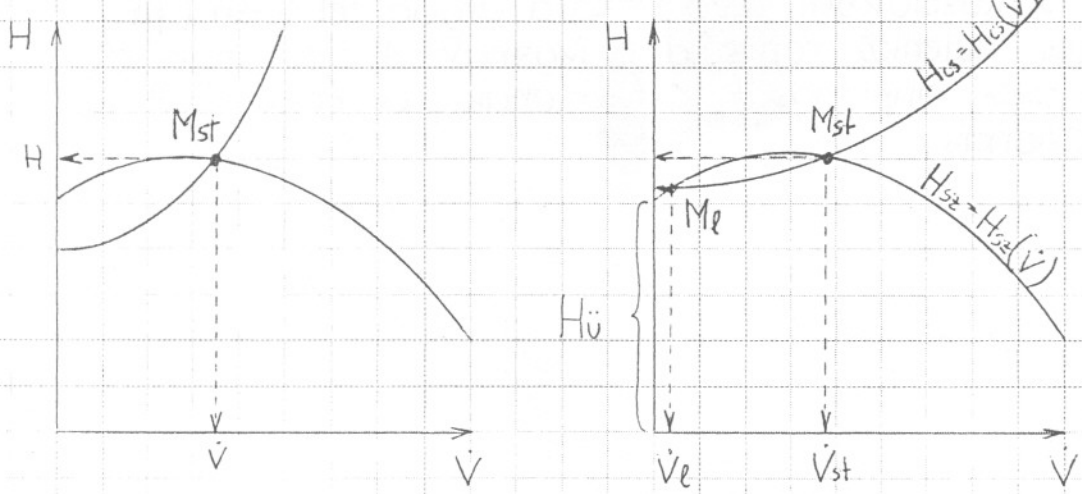
radialis : 10-38
 axialis : 100-400

- Az üzemi jellemzők (H, η, P_{mot}) változását rendszerint a folyadék szállítás (\dot{V}) függvényében ábrázoljuk állandó fordulatszám (n) mellett.
- A $H = H(\dot{V})$ görbe a fojtási görbe.



- Ha a térfogatáram $\pm 10\%$ -os változáshoz csak 1-2% szállítómagasság változás tartozik akkor lapos fojtásgörbéről beszélünk. Ha mindez fordítva van, akkor a jelleggörbe meredek

Szivattyúk stabilis és labilis üzeme:



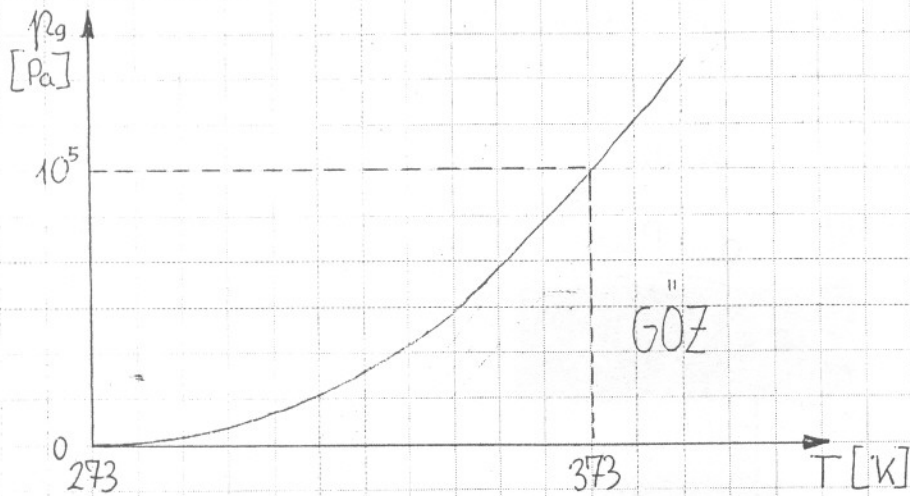
- stabilitás feltétele:

$$\frac{\partial H_{sz}}{\partial \dot{V}} < \frac{\partial H_{cs}}{\partial \dot{V}}$$

- Labilitásról beszélünk, ha a csővezeték jelleggörbéje a szivattyú jelleggörbéjét két pontban metszi. A labilitás káros lengéseket okozhat és megnehezíti, gyakran lehetetlenné teszi az indítást és a szabályozást.

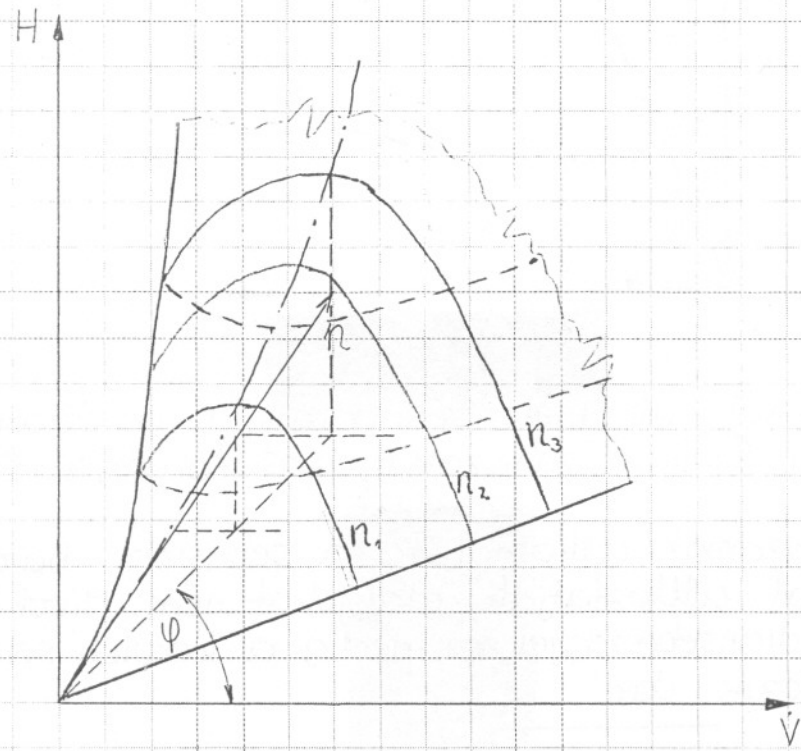
itáció ←

- Rajzoljuk fel a vízre vonatkozó $T-p_g$ ún. tenziógörbét:



- A diagramból látható, hogy kis hőmérsékleten is létrejöhet gőzfúvás (azaz a folyadék forrásba jöhet), ha elegendően kicsiny a nyomás. A nyomás csökkenését okozhatja pl. az áramlási sebesség megnövekedése. Előfordulhat tehát, hogy az áramló folyadékban a nyomás a telített gőznyomásig csökken, ezért gőzbuborékok keletkeznek. Amikor e buborékok nagyobb nyomású helyre kerülnek a gőz kondenzálódik, a buborékok összeroppannak és a közelükben lévő szilárd anyag felületén (pl. szivattyú lapátján) jelentős roncsolást okoznak. A gőzbuborékok képződését és összeroppanását kavitációnak, a roncsolást kavitációs erózióknak nevezzük.

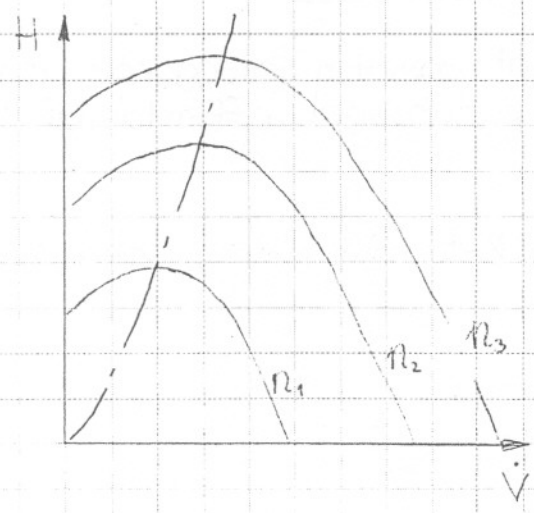
Fordulatszám változásának hatása:



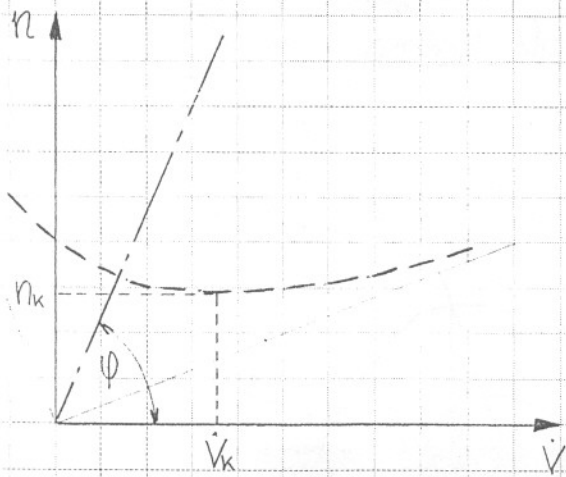
- A szállítómagasság megközelítő értéke:

$$H = K_1 \cdot n^2 + 2K_2 \cdot n \cdot \dot{V} - K_3 \cdot \dot{V}^2$$

- ez egy hiperbolikus paraboloid egyenlete, amelynek főtengelye a H-n-V derékszögű koordinátarendszerben a H tengely, tengelypontja a kezdőpont, és szimmetria-síkjá a H-V síkkal φ szöveget zár be
- Ennek a felületnek az n=const. síkokkal való metszése adja a különböző fordulatszámokhoz tartozó $H=H(\dot{V})_n$ görbékét:



- A H=const. síkokkal való metszés a $\dot{V}=\dot{V}(n)_H$ hiperbolákat eredményezi. Ezeknek a fordulatszám szabályozásos üzemszállítási szabályozásnál van jelentőségük.



- A $\dot{V} = \text{const.}$ síkokkal való metszések parabolái az állandó vízszállításra való fordulatszám szabályozás törvényszerűségeit adják.
- Ha a fordulatszámot változtatjuk, a sebességi háromszögek csak nagyságukat változtatják, alakjukat nem. Mivel a vízszállítás a meridiánsebességgel, ez pedig a kerületi sebességgel arányosan változik, így:

$$\frac{\dot{V}_1}{\dot{V}_2} = \frac{n_1}{n_2}$$

- Mivel

$$H_{\infty} = \xi \cdot \frac{u_2^2}{g} \rightarrow \frac{H_1}{H_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^2$$

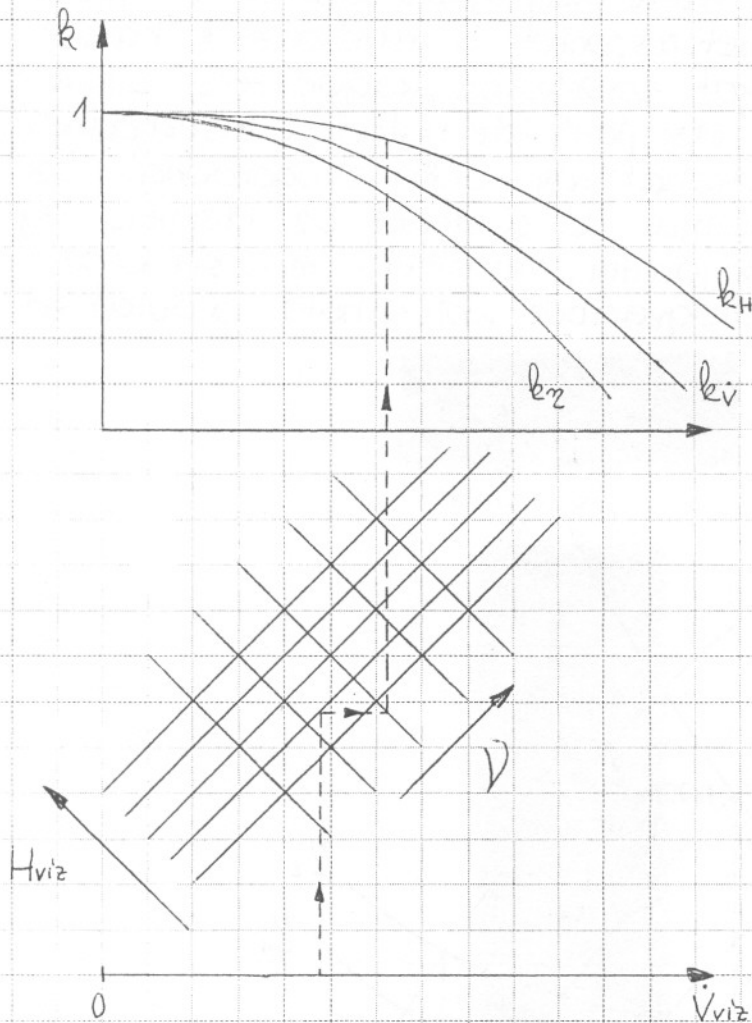
$$P_0 = \frac{\dot{V} \cdot H \cdot \rho \cdot g}{\eta} \rightarrow \frac{P_1}{P_2} = \left(\frac{n_1}{n_2} \right)^3$$

- az ideális jelleggörbe-sorozat egyetlen jelleggörbe ismeretében megszerkeszthető. Ezt a tulajdonságot affinitásnak hívjuk.

Sűrűségváltozás hatása:
 Vízszállítás hatása:

- a sűrűségváltozás a H, \dot{V}, η -t nem befolyásolja, hanem csak a teljesítményfelvételt
- víztől eltérő közeg esetén:

$$P_0 = \frac{\rho}{1000} \cdot P_{\text{víz}}$$

Viszkozitás növekedése:

$$\dot{V}_D = k_v \cdot \dot{V}_{viz}$$

$$H_D = k_H \cdot H_{viz}$$

$$\Sigma_D = k_z \cdot \Sigma_{viz}$$

Kagylódiagram szerkesztése:

- Egy elkészült gépet próbatereiben felállítva méri ki. A mérés elsősorban a \dot{V} - H összefüggés meghatározására irányul. Megméri még a gép hajtásához szükséges nyomatékokat. Ebből, valamint a gép fordulatszámából meghatározható a gép felvett teljesítménye. A hasznos teljesítmény a \dot{V} - H értékekből pontonként számítható. Mindezekből pontonként meghatározható az összhatafok egy állandó fordulatszámmal.
- Különböző fordulatszámoknál is felveszik az előbb leírt módon a jelleggörbét és az összhatafok görbét.
- A görbékét közös diagramba rajzolva könnyen megszerkeszthetők a \dot{V} - H diagram azonos hatafokhoz tartozó pontjai