

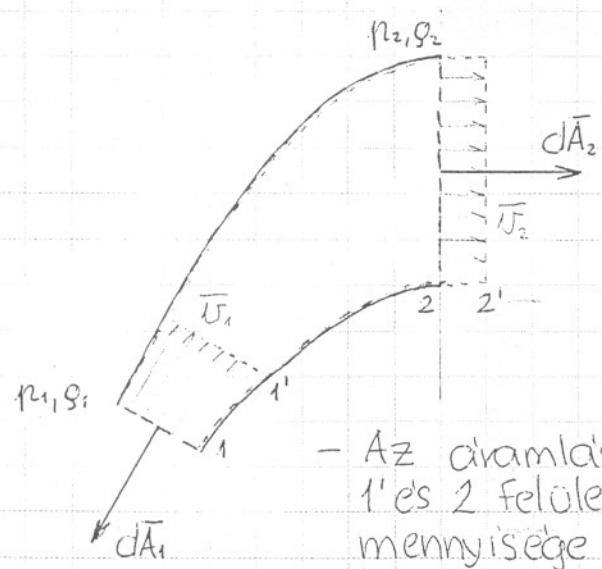
- összenyomható és sűrűdéses folyadéokra is érvényes, de csak stacionárius (időálló) vagy ún. kvázi-stacionárius (az áramlás időben változik, de jellemzőinek időbeli középértéke állandó) áramlás esetén
- A tétel segítségével a folyadék által a falnak vagy más szilárd testnek átadott erő kiszámítható akkor is, ha az áramlást csupán egy ún. ellenőrző felület mentén ismerjük.
- A szilárd testre vonatkozó impulzustétel:

$$\frac{d}{dt}(m \cdot \bar{v}) = \bar{F}$$

- azaz egy test mozgásmennyiségeinek (tömeg és sebesség szorzata) idő szerinti differenciálhányadosa egyenlő a testre ható erők eredőjével. Vagy az idő szerint integrálva:

$$\int_1^2 \frac{d}{dt}(m \cdot \bar{v}) dt = m \cdot \bar{v}_2 - m \cdot \bar{v}_1 = \int_1^2 \bar{F} dt$$

- a mozgásmennyiség megváltozása egyenlő az erő időintegráljával.
- Ahhoz, hogy ezt a tételt folyadéokra alkalmazhassuk, el kell határolnunk a folyadékter egy részét egy zárt felülettel. Legyen ez az ún. ellenőrző felület az egyszerűség kedvéért először egy áramcsőnek egy darabja.



- dt idő elteltével ez az ellenőrző felülettel bezárt folyadékresz 1'-2' helyzetbe kerül. Mozgásmennyiségének ez az idő alatt bekövetkezett megváltozását úgy számítjuk, hogy a t+dt időben érvényes mozgásmennyiségből kivonjuk a t időben érvényes mozgásmennyiséget.

- Az áramlás mivel stacionárius, így az 1' és 2 felületek közé eső folyadék mozgásmennyisége a dt idő alatt nem változott, bár ezen ter egyes pontjaiban más-más folyadékreszek kerültek.

- Az 1' és 2 felületek közé eső rész mozgásmennyiségét J0-lal jelölve, a vizsgált folyadékresz mozgásmennyisége:

$$\begin{aligned} t \text{ időpontban} &: \bar{v}_1 \cdot dm_1 + J_0 \\ t+dt \text{ időpontban} &: J_0 + \bar{v}_2 \cdot dm_2 \end{aligned}$$



- Az eröket az elemi elmozdulás alatt állandónak tekinthetjük.
- A folyadékrészre, <sup>6/2</sup>illetve a térben cülő ellenczö felületre háromféle erö hat:

• Térerö:

- a vizsgált folyadékrészre ható térerö:

$$\int_V \rho \cdot \vec{g} dV$$

• A zárt ellenczöfelületre ható, nyomásból származó nyomóerök eredöje:

- A nyomás eredöjét rendszerint két részböl számítjuk ki:
  - azokra a felületekre ható nyomás eredöje, amelyeken a folyadék áthalad
  - az áramcsöfal vagy szilárd fal mentén fellejö nyomás - sokszor ismeretlen - eredöje.

$$-\int_A p \cdot d\vec{A}$$

- Azért negatív elöjelü, mert a segédfelületböl kifele mutató  $d\vec{A}$  felületelemnek és a  $p$  nyomásnak a szorzata a környezetre ható elemi nyomóeröt adja, holott a segédfelületen belüli közegre ható eröket kell összegeznünk.

• Felületen fellejö súrlódás eredöje:

$$\int_A d\vec{F}_s$$

• Segédfelületen belüli szilárd test által az áramló közegre kifejtett erö.

$$-F_R$$

- Elhagyható, ha a segédfelülettel szemben kikötjük, hogy az szilárd testet nem tartalmazhat.

- Tetszős szerinti ellenőrző felületre vonatkozólag az impulzustétel a következőképpen írható fel:

$$\int_A \overline{v} \rho (\overline{v} d\overline{A}) = \int_V \rho \overline{g} dV - \int_A p d\overline{A} + \int_A d\overline{F}_s - \overline{F}_R$$

$$\Sigma \overline{J} = \Sigma \overline{F}$$

- Az impulzustétel főleg akkor alkalmazzuk, ha olyan jelenségről, vagy folyamatról van szó, amelynek sokszor bonyolult részleteit nem ismerjük, azonban ezek együttes hatásának ismeretére van szükségünk. Alkalmass az áramlás irányát, nagyságát megváltoztató szilárd testre ható erő, továbbá az egymással keveredő áramlások hatására kialakult nyomásviszonyok meghatározására és más hasonló feladatok megoldására.

### Lépések:

- legalkalmasabb ellenőrzőfelület felvétele
- elvégzzük az impulzustételben szereplő műveleteket, az ezekből adódó vektorok irányítását, és nagyságát meghatározzuk.
- a vektorokat a  $\Sigma \overline{J} = \Sigma \overline{F}$  egyenlet szerint összegezzük
- a  $\Sigma \overline{J} = \Sigma \overline{F}$  követelményt kielégítő vektort irány, és nagyság szerint meghatározzuk.

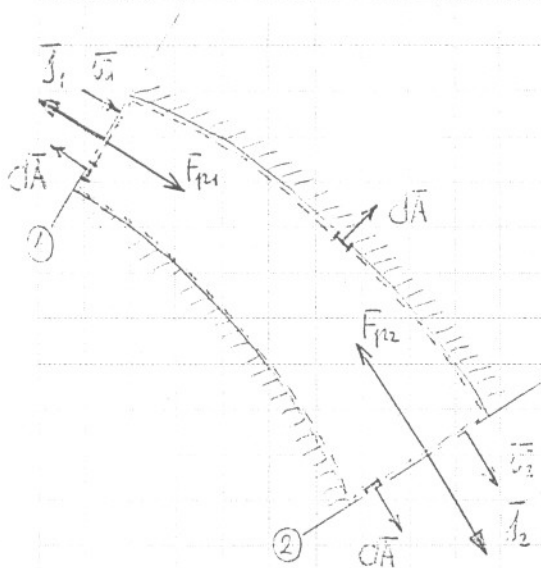
### Elterített folyadéksugar:

- az áramlás vízszintes síkban történik:

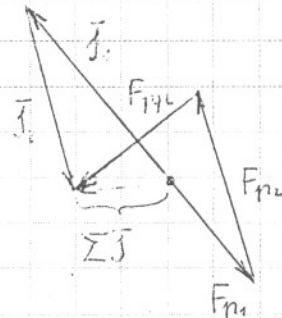
$$\int \rho \cdot \overline{g} dV = \overline{0}$$

- ideális közeg:  $\int_A d\overline{F}_s = \overline{0}$

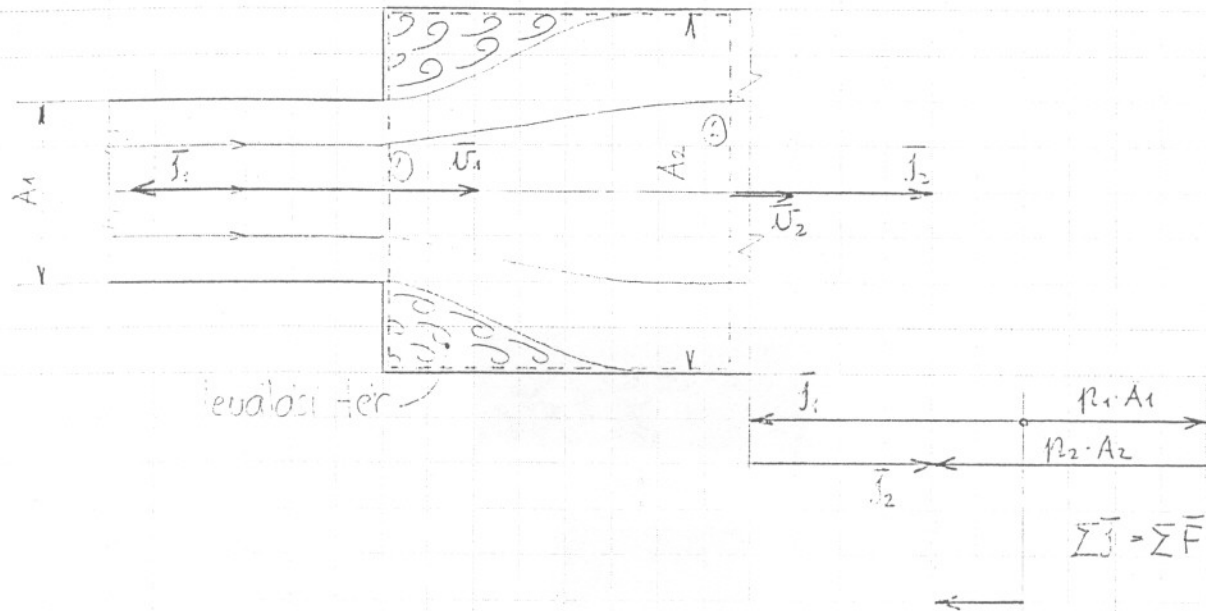
- szilárd test nincs az ellenőrző felületen belül:  $\overline{F}_R = \overline{0}$



$$\begin{aligned} \overline{J}_1 &= \rho \cdot v_1^2 \cdot A_1 \\ \overline{J}_2 &= \rho \cdot v_2^2 \cdot A_2 \\ \overline{F}_{p1} &= p_1 \cdot A_1 \\ \overline{F}_{p2} &= p_2 \cdot A_2 \end{aligned}$$



- $\overline{F}_{p2}$  az áramló közegre ható erő (pontosan kialakult nyomáseloszlásból adódó erő)  $\overline{F}_{p2} = -\overline{F}_{p21}$

Borda-Carnot veszteség:

- A szűk torkolatból kilepő sugár a surlódás következtében lassan a bővebb keresztmetszetet is kitölti. Az ekközben fellépő surlódás a surlódásmentes áramláshoz képest nyomásvesztést okoz. Ez a nyomásvesztés az impulzustétel segítségével a surlódási és keveredési folyamat ismerete nélkül is kiszámítható.
- Írjuk fel az impulzustételt a felvett ellenőrző felületre, melynek jobb oldali lapja olyan távol van a hirtelen keresztmetszetbővülettől, hogy ott a sebességet egyenletes eloszlásúnak lehet tekinteni. A tapasztalatnak megfelelően feltételezzük, hogy az 1 keresztmetszetben a nyomás még mindenütt azonos a kilepés előtti nyomással.
- Az impulzustétel vízszintes irányban

$$-\rho \cdot A \cdot u_1^2 + \rho \cdot A_2 \cdot u_2^2 = p_1 \cdot A_2 - p_2 \cdot A_2$$

- folytonosság tetele szerint:  $A_1 u_1 = A_2 u_2$
- Ezzel

$$p_2 - p_1 = \rho \cdot u_2 \cdot (u_1 - u_2)$$

- Ideális (surlódásmentes) esetben a Bernoulli-egyenlet szerint:

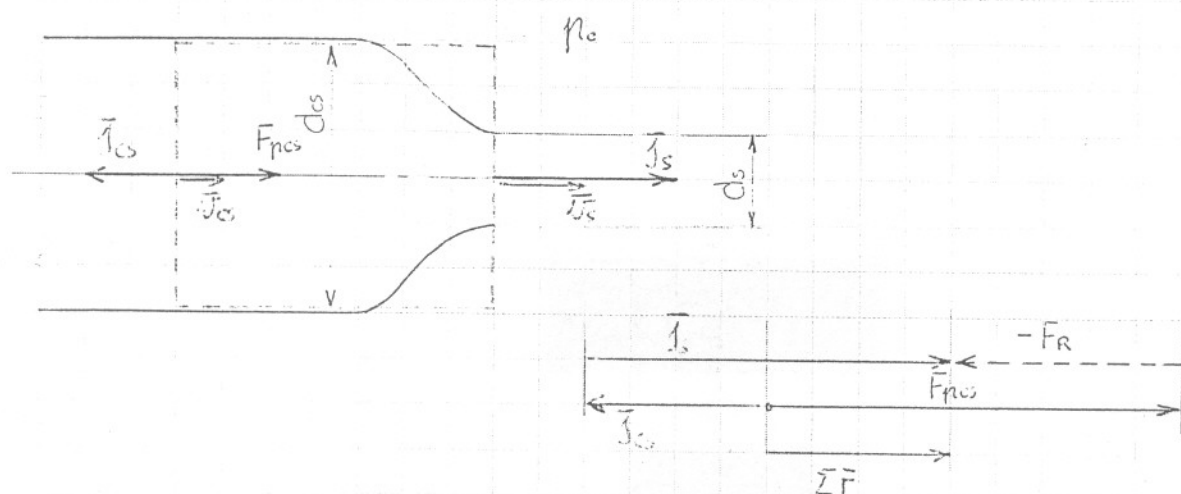
$$(p_2 - p_1)_d = \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2)$$

- A Borda-Carnot veszteség:

$$\Delta p_v = (p_2 - p_1)_d - (p_2 - p_1) = \frac{\rho}{2} (u_1^2 - u_2^2 - 2u_1 u_2 + 2u_2^2) = \frac{\rho}{2} (u_1^2 - 2u_1 u_2 + u_2^2)$$

$$\Delta p_v = \frac{\rho}{2} (u_1 - u_2)^2$$

Konfúzióra ható erők:



- Felírva a folytonosság tételét:

$$v_{cs} \cdot \frac{dcs^2}{4} = v_s \cdot \frac{ds^2}{4}$$

- Ebből

$$v_{cs} = v_s \left( \frac{ds}{dcs} \right)^2$$

- A Bernoulli-egyenlet vízszintes síkra:

$$\frac{p_{cs}}{\rho} + \frac{v_s^2}{2} \left( \frac{ds}{dcs} \right)^4 = \frac{p_0}{\rho} + \frac{v_s^2}{2}$$

$$2 \cdot \frac{p_{cs} - p_0}{\rho} = v_s^2 \left[ 1 - \left( \frac{ds}{dcs} \right)^4 \right]$$

$$v_s^2 = \frac{2}{\rho} \cdot \frac{p_{cs} - p_0}{1 - \left( \frac{ds}{dcs} \right)^4}$$

- Az impulzusvektorok nagysága:

$$J_s = \rho \cdot \frac{ds^2}{4} \cdot v_s^2$$

$$J_{cs} = \rho \cdot \frac{dcs^2}{4} \cdot v_{cs}^2$$

- A vizsgált folyadék részre a tekeréből származó erők zérus, mert vízszintes síkban áramlik

$$\int_V \rho \cdot \vec{g} dV = \vec{0}$$

- A nyomásból származó erők:

- Ha a túlnyomás értékeivel számoljuk az ellenőrző felületre ható, nyomásból származó erőt, akkor ezek eredője megegyezik azzal, ha az abszolút nyomás értékeivel összegeznénk az ellenőrző felületre ható erőt.
- Viszont, ha a túlnyomás értékekkel számolunk, akkor csak a csőben keletkezik nyomásból származó erő.

$$F_{p_{csi}} = (p_{csi} - p_0) \frac{d_{cs}^2 \tilde{\Pi}}{4}$$

- Tehát, összegezve:

$$\bar{J}_s - \bar{J}_{cs} = \bar{F}_{p_{csi}} - \bar{F}_R$$

(baloldali) ható erő

- A konfúzióra ható erő:

$$F_k = -F_R$$

- Így:

$$F_k = \bar{J}_s - \bar{J}_{cs} - \bar{F}_{p_{csi}}$$

$$F_k = \rho \cdot \frac{d_s^2 \tilde{\Pi}}{4} \cdot v_s^2 - \rho \cdot \frac{d_{cs}^2 \tilde{\Pi}}{4} \cdot v_{cs}^2 - (p_{cs} - p_0) \cdot \frac{d_{cs}^2 \tilde{\Pi}}{4}$$

- Az áramlás következtében a testre ható erőt általában két összetevőre bontjuk:

- Áramlás irányára merőleges összetevő:

$F_f$ -felhajtóerő

- Áramlás irányával párhuzamos összetevő:

$F_e$ -ellenállás-erő

- Az ellenállás-erőt több összetevő eredjének tekintjük:

- A test felületén az áramló közeg súrlódása következtében súrlódási ellenállás keletkezik.

- A testen kialakuló nyomáskülönbség okozza az ún. alakellenállást. Az alakellenállás egyik része közvetlenül függ a felhajtóerőtől, ezt a részt indukált ellenállásnak nevezik.

### Súrlódási ellenállás:

- A test felületén keletkező csúsztatófeszültségek áramlásirányú összetevőit összegezve adódik a test súrlódási ellenállása.

- A súrlódási ellenállás a körüláramlott test felületével és az áramlási sebesség dinamikus nyomásával arányos.

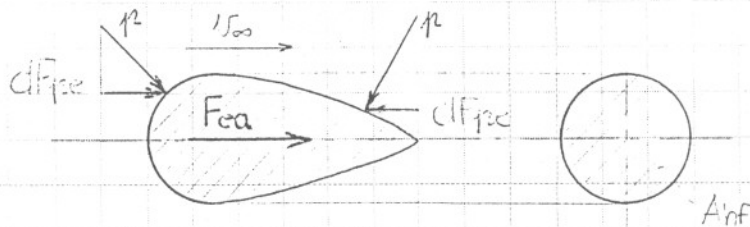
$$F_{es} = C_{es} \rho \cdot \text{din} \cdot A = C_{es} \frac{\rho}{2} u_{\infty}^2 \cdot A$$

- A  $C_{es}$  ellenállástényező a határreteg jellegétől (laminaris vagy turbulens), a  $Re$ -számtól és a felület érdességeitől is függ.

-  $u_{\infty}$  az áramlás sebessége a testtől távol.

### Alakellenállás:

- Az áramlásba helyezett testre ható, nyomásból adódó erőknek az áramlás irányú eredjéje képezi az ún. alakellenállást.



$$F_{ea} = \int_A p d\bar{A}$$

- A valóságos áramlásban a testek homlokfelületén mindig nagyobb erő keletkezik, mint annak végén. Ezért keletkezik alakellenállás.



- Az alakellenállás a következő módon is számítható:

$$F_{eu} = C_{ep} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_{\infty}^2 \cdot A_{hf}$$

- Az alakellenállást többnyire nem a test felszínére, hanem az áramlási irányra vetített  $A_{hf}$  homlokfelületre vonatkoztatjuk.
- Mivel az alakellenállás mindig a sűrűdési ellenállással együttesen lép fel, az  $F_{eu}$  ill.  $C_{ep}$  értékek pontos kísérleti meghatározása csak a nyomáeloszlás megmérése útján lehetséges.
- Az alakellenállás a test alakjának áramvonalazásával csökkenthető; ez akkor a legkisebb, ha a határreteg turbulens.

### Eredő ellenállás:

- Az áramlásban levő testekre ható eredő ellenállás általában az alakellenállás és a sűrűdési ellenállás eredője.

$$F_{er} = C_e \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_{\infty}^2 \cdot A_{hf}$$

- $C_e$  értékeit táblázatokból kapjuk

### Járművek légellenállása:

- A menetiránnyal ellentétesen ható légellenállás az alakellenállás és sűrűdési ellenállás összege. Az alakellenállás a túlnyomó, az összellenállás legnagyobb részét ez teszi ki.
- A légellenállás számítása nyugvó környezeti levegőben:

$$F_{er} = C_e \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_h^2 \cdot A_{hf}$$

- A dimenzió nélküli  $C_e$  ellenállástényező lényegében a jármű alakjától függ. A  $Re$ -számnak gyakorlatilag nincs befolyása.
- A  $v_h$  a jármű haladási sebessége és  $A_{hf}$  annak menetirányú vetülete.
- Különböző járművekhez különböző ellenállástényező tartozik.
- A légellenállás legyőzéséhez szükséges teljesítmény:

$$P_{le} = F_{er} \cdot v_h$$

$$P_{le} = C_e \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_h^2 \cdot A_{hf} \cdot v_h$$

$$P_{le} = C_e \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v_h^3 \cdot A_{hf}$$

## Csővezetékek jelleggörbéi: '75

A/18-1

- azt szeretnénk megtudni, hogy a térfogatáram változásának függvényeként hogyan változik a veszteségmagasság.

$$h_v = f(\dot{V}) = ?$$

### Lamináris áramlás

- Hagen-Poiseuille törvény:

$$\dot{V} = \frac{\pi \cdot r_0^4 \cdot (p_1 - p_2)}{8 \cdot \eta \cdot l}$$

- Ebből:

$$p_1 - p_2 = \frac{8 \cdot l \cdot \eta \cdot \dot{V}}{\pi \cdot r_0^4}$$

$$p_1 - p_2 = \frac{128 \cdot l \cdot \eta \cdot \dot{V}}{\pi \cdot d^4}$$

- kifejezve a veszteségmagasságot:

$$h_v = \frac{p_1 - p_2}{\rho \cdot g} = \frac{128 \cdot l \cdot \eta \cdot \dot{V}}{\rho \cdot g \cdot \pi \cdot d^4}$$

$$h_v = \frac{128 \cdot l \cdot \eta}{\pi \cdot g \cdot d^4} \cdot \dot{V} \Rightarrow \text{egyenes arányosság}$$

### Turbulens áramlás

- A nyomaávesztéséből kiindulva:

$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2$$

$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot \left( \frac{4 \cdot \dot{V}}{d^2 \cdot \pi} \right)^2$$

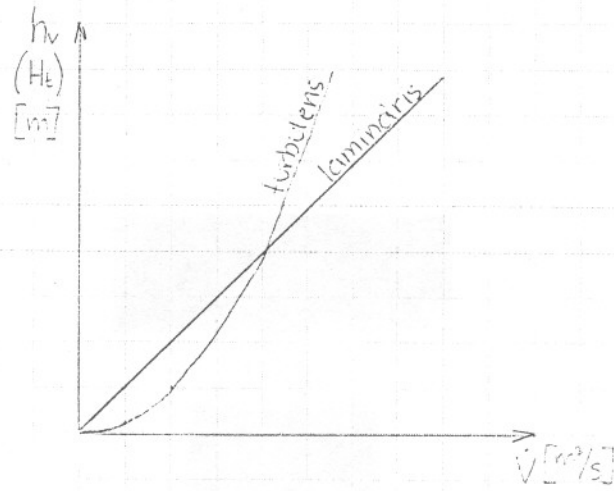
$$\Delta p_v = \lambda \cdot \frac{8 \cdot l \cdot \rho}{d^5 \cdot \pi} \cdot \dot{V}^2$$

$$h_v = \frac{\Delta p_v}{\rho \cdot g}$$

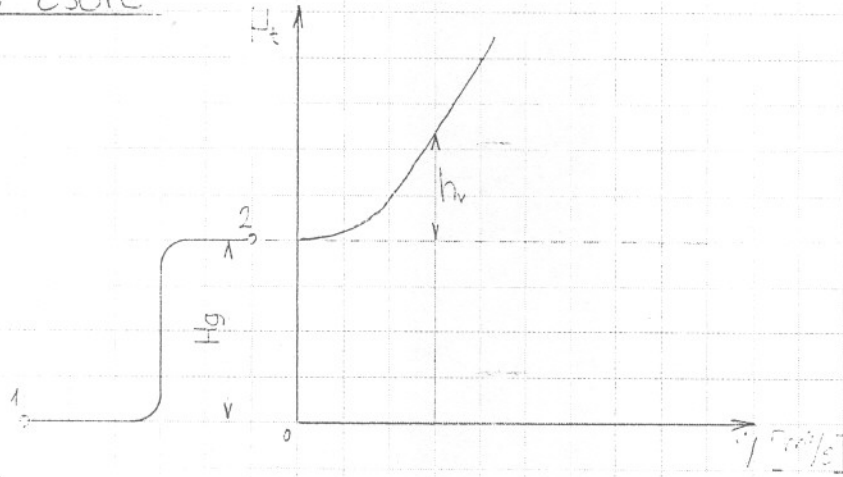
$$h_v = \lambda \cdot \frac{8 \cdot l}{g \cdot d^5 \cdot \pi} \cdot \dot{V}^2 \Rightarrow \text{négyzetes összefüggés}$$

Fellegörbék alakja:

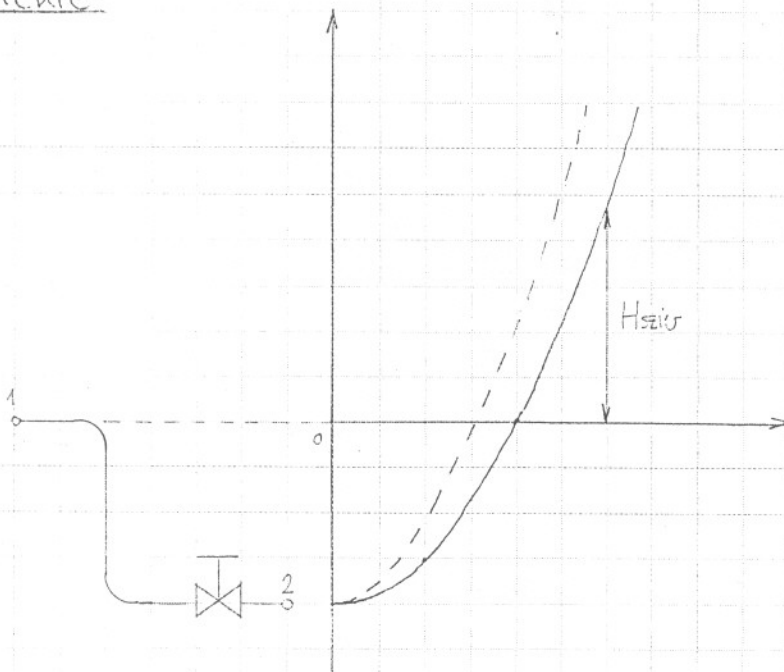
Vízszintes csőre



Függőleges csőre:



Ejtővezetekre:



Huroktörvény:

- Azt mondja ki, hogy az ágakból képzett zárt útvonalak, más szóval hurok mentén számított nyomás zérus.

$$\sum \Delta p_i = 0 \quad (4)$$

ahol az összegzést azokra az  $i$  ágakra kell elvégez-  
nünk, amelyek a hurokot alkotják, s ahol

$$\Delta p_i = p_m - p_n$$

ha  $m$  az  $i$ -edik ág előtt érintett csomópont száma,  $n$   
pedig az  $i$ -edik ág után érintett csomópont száma a  
körüljárás során, míg  $p$  a csomópontbeli nyomás.

- $\Delta p$  nagysága az ágáramtól függ. A következőben a

$$\Delta p_i = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{x_i |x_i|}{A_i^2} \left( \lambda_i \frac{l_i}{d_i} + \zeta_i \right)$$

képletet fogjuk használni, ahol

$$A_i = \frac{d_i^2 \pi}{4}$$

és így a

$$k_i = \frac{\rho}{2} \cdot \frac{l_i}{d_i^5} \cdot \frac{16}{\pi^2} \left( \lambda_i + \frac{d_i}{l_i} \zeta_i \right) \quad \text{jelöléssel}$$

$$\Delta p_i = k_i \cdot x_i |x_i|$$

- Az  $|x_i|$  bevezetése azt a célt szolgálja, hogy kifejezhes-  
sük  $\Delta p_i$  és  $x_i$  előjelének azonosságát.
- A (4) egyenlet alkalmazásakor az volna egyszerű, ha  
 $x_i$  akkor pozitív, ha az  $i$  ágban az áramlás iránya  
megegyezik az  $i$ -t tartalmazó hurok körüljárásának  
értelmével, ellenkező esetben negatív. Így érhető el  
ugyanis a legegyszerűbben

178

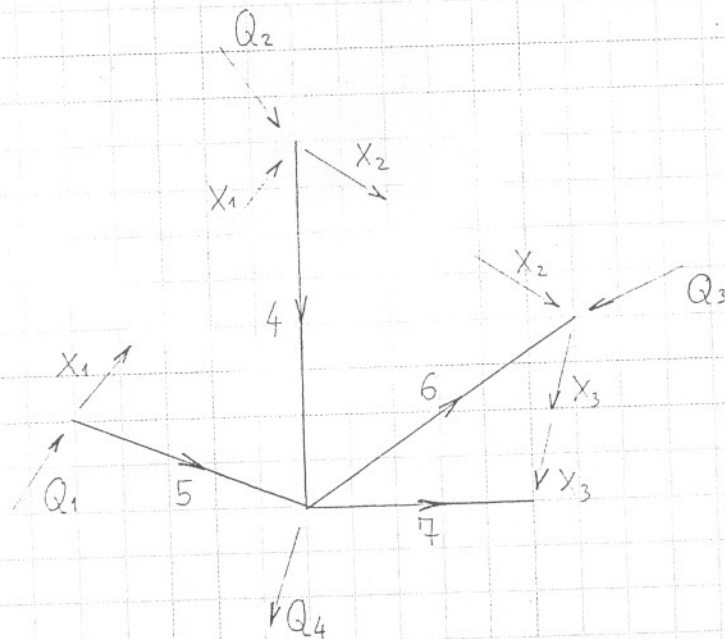
- A csomóponti törvényeket a fenti fogalmakkal A/19-5

$$\underline{A} \underline{x} = \underline{Q}$$

alakban fejezhetjük ki. Esetünkben:

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \end{bmatrix}$$

- Így annyi egyenletet kapunk, mint amennyi a csúcsok száma. Az egyenletek közül azonban egy már következménye a többinek. Ha az ábra szerinti 1, 2 és 3 jelű ágak - tehát hurkonként egyet - eltávolítjuk, egy sugaras hálózathoz - szaknyelven egy fahoz - jutunk, melyben az elvett ágak hatását átmenetileg ismertnek vett  $x_1, x_2$  és  $x_3$  árfogataáramokkal pótolhatjuk.



- A csomóponti törvényt sorra felírva az (1), (2), (3) és (4) csomópontokra egymás után meghatározhatjuk az  $x_5, x_4, x_6$  és  $x_7$  árfogataáramokat. Így a (4) csomópontban valamilyen árfogataáram - és  $Q_4$  is - ismert már, a (4)-re a csomóponti törvény felírni már szükségtelen. Az eltávolított ágak áramai ( $x_1, x_2, x_3$ ) természetesen ismeretlenek, ill. a megoldásban parameterként szerepelnek, ezért további egyenletek, a hurkotörvény felírása is szükséges lesz.

zitiv irány a csomópontból elfelé mutat,  $A_{ij} = -1$ , ha a pozitív irány a csomópont felé mutat, és  $A_{ij} = 0$ , ha az  $i$  sorszám csomópont nem csatlakozik közvetlenül a  $j$  sorszámú elhez.

- A csúcsmátrix segítségével a (2) egyenletet mátrixalgebrai úton is kifejezhetjük:

$$\underline{A} = \begin{matrix} & \begin{matrix} 1 & 2 & 3 & 4 & 5 & 6 & 7 \end{matrix} \\ \begin{matrix} (1) \\ (2) \\ (3) \\ (4) \\ (5) \end{matrix} & \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 1 & 0 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & -1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & -1 \end{bmatrix} \end{matrix} \quad \begin{matrix} \text{elek sorszáma} \\ \\ \\ \\ \end{matrix}$$

csúcsok sorszáma

- A csúcsmátrix segítségével a hálózat-módel visszafelé is megszerkeszthető.
- A  $x$  áramvektor összetevői az ágakban folyó terfogataram számértékével egyenlők, előjelük pozitív, ha az áramlás iránya az ág pozitív irányával egyező.

$$\underline{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \\ x_6 \\ x_7 \end{bmatrix}$$

- $Q$  betáplálási vektor összetevői a csúcsokon betáplált terfogataramok számértékével egyenlők, pozitívek, ha betáplálás, negatívek, ha elvétel történik.

$$\underline{Q} = \begin{bmatrix} Q_1 \\ Q_2 \\ Q_3 \\ Q_4 \\ Q_5 \end{bmatrix}$$

- Stacionárius áramlás es  $g = \text{dll}$ , esetén  $\sum Q_i = 0$

- 20
- A számítási eljárás alapvető feladatai tehát:
    - a) Az adott betáplálás és elvétel, valamint az adott méretek és veszteséglényezők alapján az ágakban keletkező ágak áramok kiszámítása.
    - b) Az ágak áramok ismeretében az ágakban keletkező nyomásvesztés és ebből a csomópontokban keletkező nyomás számítása.
  - Ha az így kapott eredmény akár a fogyasztók, akár pedig a betáplálás szempontjából nem megfelelő (pl. túlságosan kis nyomás, vagy pl. a szivattyú jellemzőibe nem megfelelő vagy nem megvalósítható nagyságú nyomás), akkor a hálózat méreteinek, vagy alájának, vagy a betáplálás adatainak változtatásával és a számítás megismétlésével kell (esetleges többszöri ismétlés útján) a célnak megfelelő változatot megkeresni.

### Csomóponti törvény:

- A csomóponti törvény tulajdonképpen a folytonossági tétel egyik alakja és azt fejezi, hogy egy csomópontba beáramló terfogatáramok összegeinek számaértéke azonos a csomópontból kiáramló terfogatáramok összegeivel.
- Jelöljük  $Q_i$ -vel az  $i$ -edik csomópontba való betáplálást vagy fogyasztást és legyen pozitív a betáplálás, negatív a fogyasztás. Jelöljük továbbá  $x_j$ -vel a  $j$  sorszámú ágakban áramló terfogatáramot és vegyük például pozitívnak az  $i$ -edik csomóponttal való eláramlás esetét. Így a

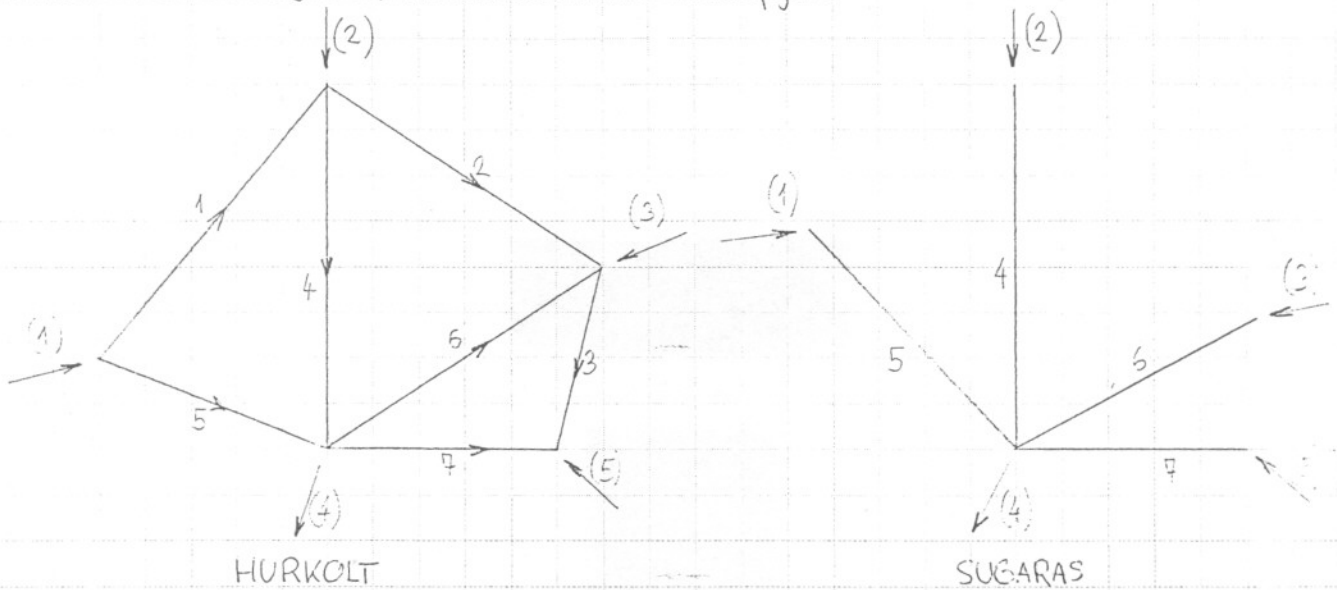
$$\sum_{j'} x_j = Q_i \quad (1)$$

egyenlettel fejezzük ki a csomóponti törvényt, ahol az összegzést azokra a  $j'$  ágakra kell elvégeznünk, amelyek az  $i$  jelű csomópontból erednek, vagy odaérkeznek.

- A fenti előjel szabály hátránya, hogy ugyanabban az ágakban egy adott értelmű  $x_j$  áram egyszer + egyszer pedig - előjelű aszerint, hogy az ág egyik, vagy másik végén lévő csomópontokra alkalmazzuk (1)-et. Ez különösen nagy csomópontszám esetén bonyolult és hibálvezető eljárás. Ezért az ágak áramok pozitív értelműt előre fel szokás venni. Ilyenkor (1) helyett

$$\sum_{j=1}^e A_{ij} x_j = Q_i \quad (2)$$

alakú a csomóponti törvény, ahol  $A_{ij} = 1$ , ha az  $i$ -edik csomópontból indul  $j$  sorszámú ágakban a  $y$

őhálózatok:Csőhálózatok fajtái, méretezésének alapjai:

- hurkolt hálózat esetén két-két pont között több áramlási út is lehetséges, míg sugaras hálózatnál a közeg csak egyetlen meghatározott úton áramolhat.
- Hurkolt hálózatok számításánál a valóságos problémák bonyolultsága folytán az alábbi feltevésekre kényszerülünk:

1. A hálózat csomópontokból (vagy csúcsokból) és ágakból (vagy elekből) áll.
2. A hálózat alakja (azaz a csomópontok és ágak elrendezése), valamint az ágakat képező csőszakaszok  $l$  hossza,  $d$  átmérője és veszteségtényezőik ( $\lambda, \xi$ ) adottak, pl. próbálkozásszerű felület, vagy az áramlásban szokásos módszerek (Blasius-formula, empirikus adatok, stb.) alkalmazása után. A tervezés tulajdonképpen több, különböző hálózatok vagy csőméret esetére megismételt számítás összehasonlításából és a legkedvezőbb változat kiválasztásából áll.
3. Betáplálás és elvétel csak a csomópontokban történik, a hálózat elei (a csomópontokat összekötő csőszakaszok) mentén nem. A valóságban fogyasztás az ágak mentén is lehet (pl. városi vízvezeték). Ilyenkor célszerű az ágak menti fogyasztást közelítően, a csomópontokra koncentrálni a figyelembe venni.
4. A hálózat passzív: nem tartalmaz olyan elemeket (pl. szivattyú) amelyek az áramlást okozzák. Ezek helyett a hálózat megfelelő csomópontján előírtnak, adótnak veszteség a betáplált, vagy kivett térfogatáramot.