

Légtechnika

1. Természetes szellőzés:

a) A levegő sűrűségkülönbségéből származó nyomáskülönbség:

$$\Delta p = p_{1a} - p_{1i} = h \cdot g \cdot (\rho_a - \rho_i) \text{ [Pa]}$$

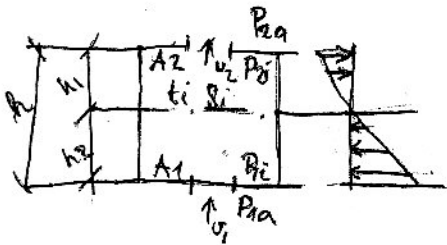
Nyomáskülönbség, levegőáramlás esetén, semleges vonal

$$p_{1a} > p_{1i}$$

$$\Delta p = \Delta p_1 + \Delta p_2$$

$$p_{2i} > p_{2a}$$

A semleges vonal helyét a nyílászárók mérete és kialakítása határozza meg, ha a belépő és kilépő nyílások ellenállása egyenlő, akkor a semleges vonal a „h” magasság felében van.



b) Szellőző levegő sebességének és mennyiségének meghatározása:

$$\Delta p_1 = \zeta_1 \cdot \rho_a \cdot \frac{v_1^2}{2}$$

és $\Delta p_1 + \Delta p_2 = h \cdot g \cdot (\rho_a - \rho_i)$ azaz

$$\Delta p_2 = \zeta_2 \cdot \rho_i \cdot \frac{v_2^2}{2}$$

$$h \cdot g \cdot (\rho_a - \rho_i) = \zeta_1 \cdot \rho_a \cdot \frac{v_1^2}{2} + \zeta_2 \cdot \rho_i \cdot \frac{v_2^2}{2} \text{ valamint } A_1 \cdot v_1 \cdot \rho_a = A_2 \cdot v_2 \cdot \rho_i \text{ -ből}$$

kifejezzük a v_2 -t: $v_2 = v_1 \cdot \frac{A_1}{A_2} \cdot \frac{\rho_a}{\rho_i} \rightarrow \frac{\rho_a}{\rho_i} = a$, a -t behelyettesítjük és ebből

$$\text{kifejezzük a } v_1 \text{-t: } v_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot h \cdot g \cdot (\rho_a - \rho_i)}{\zeta_1 \cdot \rho_a + \zeta_2 \cdot \rho_i \cdot a^2 \cdot \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^2}} \text{ ezután kiszámoljuk a}$$

$$v_2 \text{-t, és a tömegáramot: } \dot{m} = V_1 \cdot A_1 \cdot \rho_1 = V_2 \cdot A_2 \cdot \rho_2$$

a semleges vonal helye:

$$\frac{h_1}{h_2} = \frac{p_1}{p_2} \text{ és } h_2 = h - h_1 \cdot A \text{ és } h_1 = h \cdot \frac{\Delta p_1}{\Delta p_1 + \Delta p_2}$$

c) A szél hatása:

Bernoulli tétel alapján:

$$p_1 + \frac{\rho_1}{2} \cdot v_1^2 = p_2 + \frac{\rho_2}{2} \cdot v^2 = \text{állandó}$$

statikus-, dinamikus-, össznyomás értéke:

$$\Delta p_{stat} + \Delta p_{din} = \Delta p_0 \quad \Delta p_{din} = \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \text{ ebből egy adott pontban a levegő áramlási}$$

$$\text{sebessége: } v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta p_{din}}{\rho}}$$

2. A nedves levegő fizikai tulajdonságai:

- Abszolút nedvességtartalom: x [kg/kg], a számítások során mindig az x tömegű levegő és vízgőz keverékére vonatkozó adatokat kell figyelembe venni. A levegőben lévő vízgőz mennyiségét jelenti az „ x ”.
- Relatív nedvességtartalom: φ [%] a levegőben lévő vízgőz nyomásának és az ugyanahhoz a hőmérséklethez tartozó telített gőz nyomásának a hányadosa

$$\varphi = \frac{p_g}{p_{ig}} \cdot 100 [\%]$$

p_g – a levegőben lévő vízgőz nyomása

p_{ig} – az adott hőmérséklethez tartozó telítési gőznyomás

- Entalpia (hőtartalom): i [kJ/kg]

Száraz levegő hőtartalma: $i_{lev} = c_p \cdot t$ [kJ/kg]

Túlhevített gőz hőtartalma: $i_{göz} = x \cdot (r + c_{pg} \cdot t)$ [kJ/kg]

$$i_{1+x} = i_{lev} + i_{göz} = t + x \cdot (2500 + 1,93 \cdot t)$$

- Nedves levegő parciális nyomása

Vízgőz nyomása:

$$p_g = p \cdot \frac{x}{0,622 + x} [\text{Pa}]$$

Száraz levegő nyomása:

$$p_{lev} = p \cdot \frac{0,622}{x + 0,622} [\text{Pa}]$$

3. $h - x$ felépítése:

- a) a nedves levegő jellemzői:

szárazhőmérséklet:

t_{sz} [°C]

nedves hőmérséklet:

t_n [°C]

gőznyomás:

p_g [Pa]

hőtartalom:

i [kJ/kg]

abszolút nedvességtartalom:

x [kg/kg]

relatív nedvességtartalom:

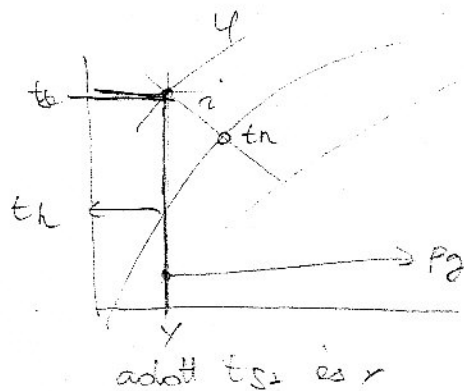
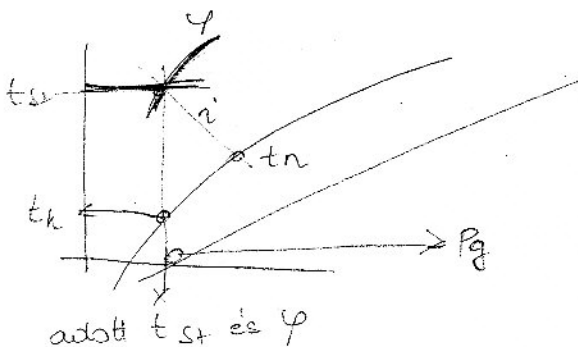
φ [%]

harmatponti hőmérséklet:

t_h [°C]

bármelyik kettő meghatároz egy pontot, és abból az összes többi meghatározható!

- b) $h - x$ diagramban a légállapot meghatározása:



t_n = nedves hőmérséklet

t_h = harmatpont

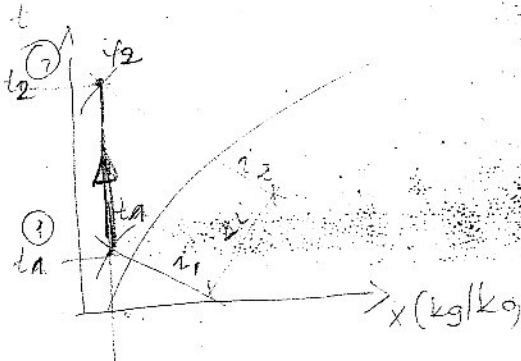
p_g = gőznyomás x = állandó mennyiségű fűtőegység
és jobbra kivételként

4. **Állapotváltozások a h - x diagrammban:**

- **Fűtés:** (kaloriferrel) $x = \text{állandó}$ mentén

Adott $t_a - \varphi_a$
 felmelegítés t_2 -re
 iránytangens: $\frac{\Delta i}{\Delta x} =$

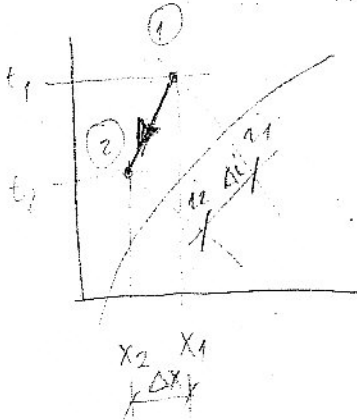
t_1 nő t_2
 φ_1 csökken φ_2
 $\Delta x = 0$ i_1 nő i_2



- **Hűtés:** hidegvíz beporlasztással, felületi hűtővel:

i_1 csökken i_2 -re, t_1 csökken t_2 , x_1 csökken x_2

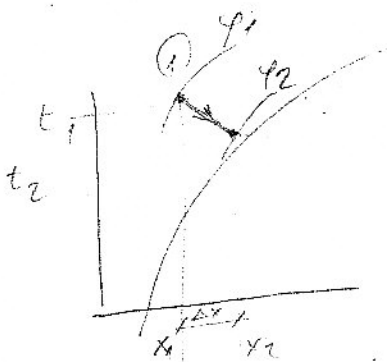
φ_1 nő φ_2 iránytangens: $\frac{\Delta i}{\Delta x} = \text{szám}$



- **Adiabatikus nedvesítés** (a levegő nedves hőmérsékletével azonos hőmérsékletű víz beporlasztása) $i = \text{állandó}$ mentén

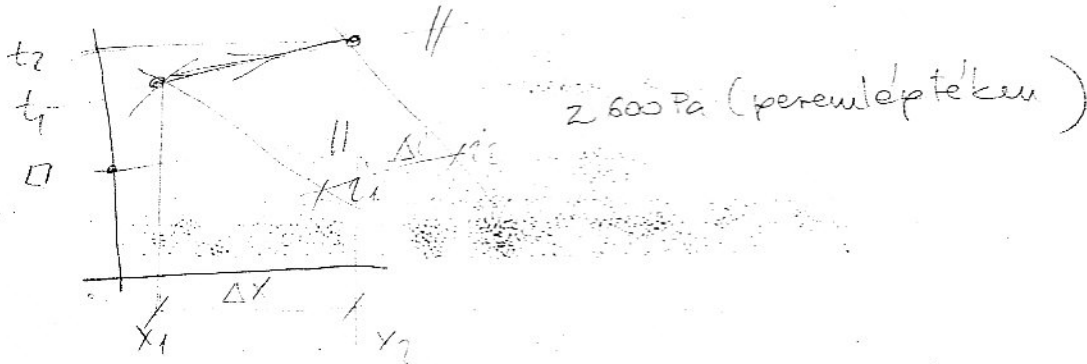
x_1 nő x_2 , φ_1 nő φ_2 , t_1 csökken t_2 , $i = \text{áll.}$

Iránytangens: $\frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{0}{\Delta x} = 0$

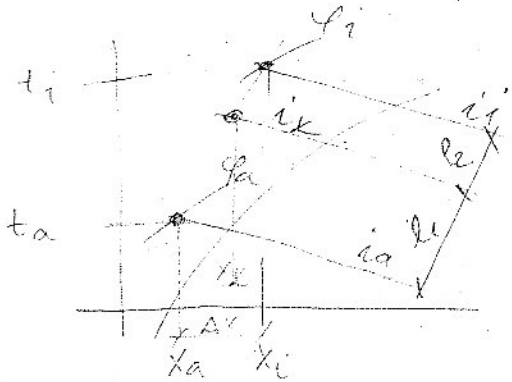


- Levegő nedvesítése gőzbefúvással:

$$\frac{\Delta i}{\Delta x} \cong 2600, \quad i_1 \text{ nő } i_2, \quad x_1 \text{ nő } x_2, \quad t_1 \text{ nő } t_2, \quad \varphi_1 \text{ nő } \varphi_2$$



- Levegő keverése: külső, belső levegő keverése



$$i_k = \frac{m_a \cdot i_a + m_i \cdot i_i}{m_a + m_i}$$

vagy

$$i_k = \frac{V_a \cdot \rho_a \cdot i_a + V_i \cdot \rho_i \cdot i_i}{V_a \cdot \rho_a + V_i \cdot \rho_i}$$

i_i mindig annak a levegőnek a hőtartalmához lesz közelebb, melynek nagyobb a tömege

$$\frac{l_1}{l_2} = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1} \quad \text{a távolság fordítottan arányos a légmennyiséggel}$$

- Az állapotváltozások során szükséges hőteljesítmény:

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot (i_2 - i_1) \quad [\text{W}] \quad \text{vagy} \quad \dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot (i_2 - i_1)$$

5. Szellőző levegő mennyiségének meghatározása:

Hőterhelés alapján:

a) Belső hőterhelés:

$$\dot{Q}_i = \dot{Q}_e + \dot{Q}_v + \dot{Q}_m + \dot{Q}_A + \dot{Q}_c$$

\dot{Q}_e → ember által leadott hő (áramlási, sugárzási → száraz;
párolgási, légzési → nedves)

$$Q_e = Z \cdot Q_{Ei} \text{ [W]}$$

Z – helyiségben tartózkodók száma

Q_{Ei} – 1 ember által leadott hő (táblázatból vagy megadják)

- **Világítási hőleadás (lámpák, világítótestek, stb.):**

$$\dot{Q}_v = P_v \cdot \nu \text{ [W]}$$

P_v – beépített világítótestek összes névleges villanyteljesítménye

ν – egyidejű tényező (bekapcsolt lámpatestek bekapcsolásának mértéke, megadják)

- **Gépek és berendezések hőleadása:**

$$\dot{Q}_m = m_1 \cdot \sum \frac{P_m}{\eta_m} \cdot m_2 \text{ [W]}$$

m_1 – egyidejűségi tényező (megadják)

η_m – közepes motorhatásfok

m_2 – motor terhelési foka (megadják)

- **Anyag és áruszállítás hőterhelése:**

$$\dot{Q}_A = 0,28 \cdot m \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \text{ [W]}$$

m – óránként be- és kiszállított anyag tömege [kg/h]

c – anyag közepes fajhője

t_1 – belépési hőmérséklet

- **Egyéb hőterhelés:**

$$\dot{Q}_e = \sum A \cdot \alpha \cdot (t_1 - t_2) \text{ [W]}$$

A – meleg felület nagysága

α – hőátadási tényező $[\frac{W}{m^2 \cdot K}]$

t_1 – helyiség hőmérséklete

t_2 – a test helyiség felőli síkjának hőmérséklete

- b) **Külső hőterhelés:**

- **Téli hőterhelés** → hőszükséglet számítás

- **Nyári hőterhelés:** a külső hőmérséklet ingadozása nem hanyagolható el (pl. nappal a falsík 50 °C-os, éjjel 10–20 °C).

Nyári legnagyobb külső hőterhelés meghatározása:

$$\dot{Q}_{any} = A \cdot (I_{SRG} \cdot N_u \cdot N_A \cdot V + 15) \text{ [W]}$$

A – az épület teljes külső felülete

I_{SRG} – 3 mm vastag normál üvegen keresztül behatoló napsugárzás intenzitása (táblázati érték)

N_u – az üvegezés naptényezője

N_A – az árnyékolás naptényezője

V – a felületi üvegezés aránya

c) Szellőző levegő mennyiségének meghatározása:

- Téli hőterhelésnél:

$$\dot{m} = \frac{\dot{Q}}{i_s - i_i} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right] \quad \text{vagy} \quad \dot{V} = \frac{\dot{Q}}{\rho \cdot (i_s - i_i)} \left[\frac{\text{m}^3}{\text{s}} \right]$$

$Q = \text{külső, belső}$
hőterhelés összege
(fűtés + ; hűtés -)

$i_s = t_s$ hőmérsékletű levegő hőtartalom
 $i_i =$ belső levegő hőtartalom

- Nyáron ugyan úgy számítandó:

- Ha az eltérés nem túl nagy, akkor a szellőző levegő nagyobb mennyiségét vesszük alapul (ez általában a nyári)

- Ha nagy az eltérés $\left(\frac{\dot{V}_i}{\dot{V}_{ny}} < 0,5 \right)$ akkor nem gazdaságos, a nagyobb

A lépcsőn befűt levegő hőmérsékletére képest felm 15-
nyáron 5-
hűtésre lehet megengedni

levegőmennyiséget kell figyelembe venni, ilyenkor csökkenteni kell a szellőző levegő mennyiségét.

6. Szellőző levegő mennyiségének meghatározása:

A helyiség hőterhelését az egyéb hőterhelés alapján, a vízgőz hőtartalmával kell növelni!

$$\dot{Q}_s = A \cdot \alpha \cdot (t_{fi} - t_1) + 0,28 \cdot x \cdot i_{göz} \text{ [W]}$$

x - a levegőben lévő vízgőz mennyisége

$i_{göz}$ - a gőz hőtartalma

a) A felszabaduló nedvesség számítása:

- Az emberek által leadott nedvesség:

$$X = Z \cdot x_1 \left[\frac{\text{g}}{\text{h}} \right]$$

Z - emberek száma

x_1 - az emberek által leadott nedvesség (táblázati adat)

- Nedves felületek párologtatása:

$$X = \beta \cdot A \cdot (p_{rw} - p_g) \cdot 2,8 \cdot 10^{-7} \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

$$\beta = 0,17 + 0,13v \left[\frac{\text{g}}{\text{m}^2 \cdot \text{h}} \right] \quad - \text{ levegő áramlási sebessége a víztükör felett}$$

(megadják)

A - felület [m^2]

p_{rw} - telítési nyomás [Pa]

p_g - parciális nyomás

b) Szellőző levegő mennyiségének számítása:

- Téli állapotban:

- a szellőző levegő teljesítménye:

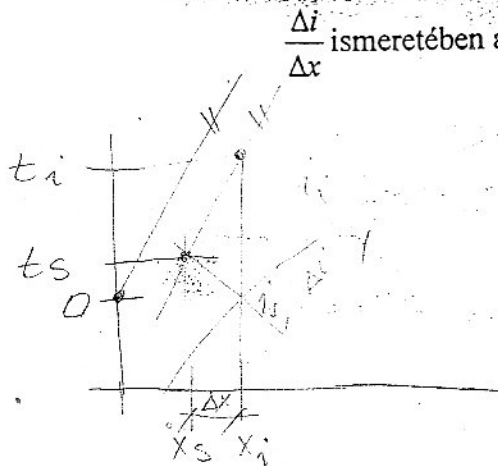
$$\dot{Q} = \dot{V} \cdot \rho \cdot (i_s - i_i) \left[\frac{\text{kJ}}{\text{s}} \right]$$

i - a felvett nedvesség mennyisége

$$X = \dot{V} \cdot \rho \cdot (x_s - x_i) \left[\frac{\text{kg}}{\text{s}} \right]$$

az állapotváltozás iránytangense:

$$\frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{-Q}{X} = \frac{-V \cdot \rho \cdot (i_s - i_i)}{V \cdot \rho \cdot (x_s - x_i)}$$



$\frac{\Delta i}{\Delta x}$ ismeretében a szellőző levegő adatai $h - x$ -ből meghatározható

adott: t_i ; φ_i ; $\frac{Q}{X} = \frac{\Delta i}{\Delta x} \rightarrow$ peremléptéken megkeresni a számértéket.

t_s - befűvási hőmérséklet

A peremlépték értéket összekötni „0”-val összekötni és ezt az adott pontban párhuzamosan eltolni, metszeni pl. t_s -el megkapom a 2. pontot.

• **Nyári állapotban:**

Ugyan az a menet mint a téli állapotban, csak itt a tér hűtése során a levegő hőt vesz fel, tehát mind a hőtartalma, mind a nedvességtartalma nő, és $\frac{\Delta i}{\Delta x} = \frac{Q}{X}$ pozitív.

7. **Szellőző levegő mennyiségének meghatározása szennyezőanyag koncentráció alapján:**

- a) A szennyezőanyag megengedhető legnagyobb értéke:
 ÁK \rightarrow átlagkoncentráció egy műszakra vonatkozó megengedett érték.
 CK \rightarrow csúcskoncentráció 30-ig megengedhető a műszak alatt.
- b) Számítása a levegő mennyiségének:

$$\dot{V} = 0,28 \cdot \frac{K}{k - k_0} \left[\frac{m^3}{s} \right]$$

K - felszabadult szennyezőanyag [g/h] (megadják)

k - megengedhető átlagkoncentráció (ÁK, megadják) [mg/m^3]

k_0 - beszívott levegő szennyezőanyag-tartalma [mg/m^3]

$$\dot{V} = Z \cdot \dot{V}_1$$

Z - az emberek száma a helyiségben

\dot{V}_1 - Az emberek által igényelt frisslevegőt szabvány írja elő:

szabvány: 20 m^3/h frisslevegőt ír elő

30 m^3/h frisslevegőt ír elő, ha a helyiségben dohányoznak.

8. **Levegő mennyiségének meghatározása légcsereszám alapján:**

$$\dot{V} = n \cdot \dot{V}_1$$

n - óránkénti légcsereszám

ötszörös \rightarrow normál, üzemszerű } meg-
 tízszeres \rightarrow vészszellőzés esetén } adják

9. **Szellőző és légfűtő berendezések szerkezeti elemeinek méretezése:**

- a) **Légcsatorna keresztmetszete:**

$$A = \frac{\dot{V}}{v} \left[m^2 \right]$$

b) Áramlási ellenállás:

Egyenértékű átmérő

$$S = \lambda \cdot \frac{l}{d_e} \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \text{ [Pa]}$$

$$d_e = 4 \cdot R_H = 4 \cdot \frac{A}{K}$$

$$Z = \sum \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \text{ [Pa]}$$

sebesség [m/s]:

- előszó gerinchálózatban: 6 - 10
- ágvezetéknel: 4 - 6
- befúvásnál: 1 - 2

c) Ventilátor kiválasztása ill. a munkapont meghatározása:

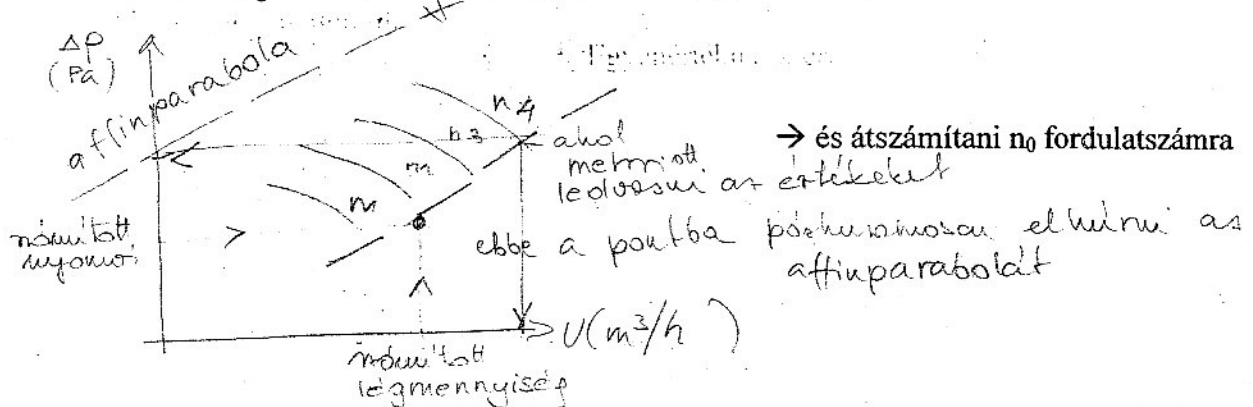
légszállítás nyomás teljesítmény összefüggései a fordulatszám

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

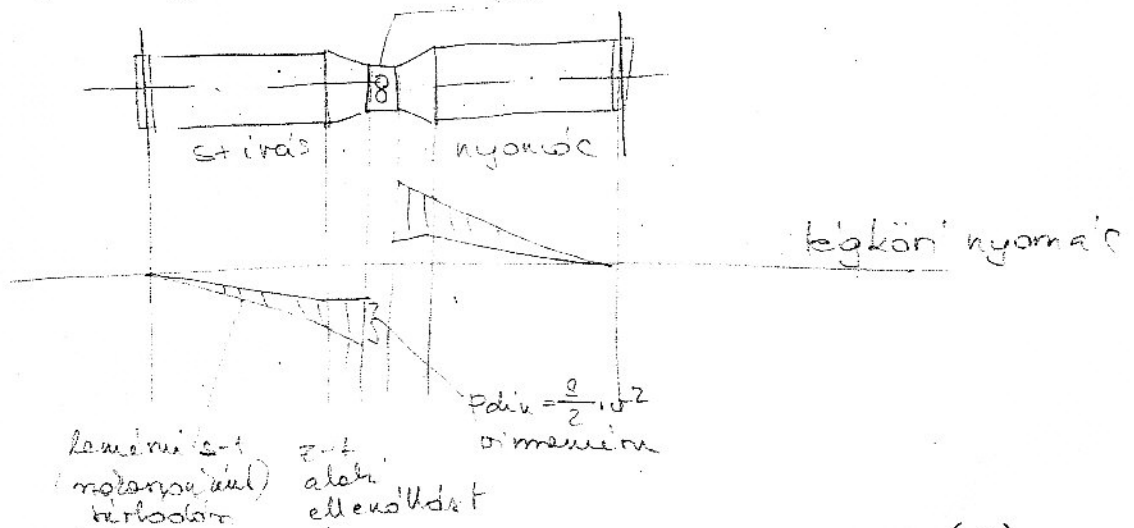
$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^2 = \frac{\Delta p_1}{\Delta p_2}$$

$$\left(\frac{n_1}{n_2}\right)^3 = \frac{P_1}{P_2}$$

függvényében.



d) Nyomásdiagramm szerkesztése: ventilátor



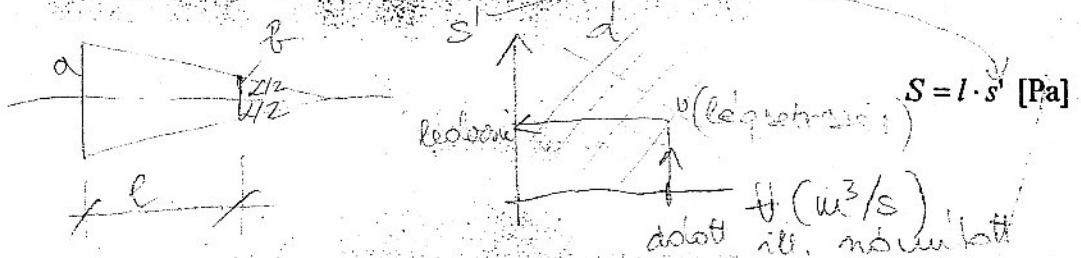
- Szűkítő ellenállása idomok ζ -t táblázatból a felületek aránya $\left(\frac{A_1}{A_2}\right)$ és α

függvényében

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \frac{\frac{a-b}{2}}{l} = \dots \text{ [}^\circ \text{];}$$

$$\operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} = \dots \rightarrow \frac{\alpha}{2} \cdot 2 \rightarrow \alpha$$

- egyenes szakasz súrlódási veszteségét fajlagos érték alapján nomogrammból vagy számítással (\rightarrow akkor a λ is adott!)



- Zsaluknál $Z = \sum \zeta \cdot \frac{\rho}{2} \cdot v^2 \cdot \zeta$ -t megadják, vagy ki kell számítani a térfogatáram és a felület alapján. ρ_{lev} adott vagy át kell számolni, ha normál értéket adnak.

$$\rho = \rho_0 \cdot \frac{T_2}{T_1}$$

10. Klímaberendezések (fűtő, hűtő, és nedvesítő berendezések):

- a) **Komfortigények figyelembevétele télen–nyáron:**

Belső terek hőmérséklete:

Télen: 20–22°C $\varphi_t = 45 \pm 10\%$

Nyáron: 25–27°C $\varphi_{ny} = 55 \pm 10\%$

- b) **Felületi hűtő (vizzel) és nedvesítő + cseppleválasztó:**

Ha a hőcserélőből kilépő levegő hőmérséklete kisebb a belépési állapothoz tartozó harmatponti hőmérsékletnél, nedvességkicsapódás lép fel, ezt a levegő magával ragadja és továbbviszi, ezért kell a cseppleválasztó a felületi hűtők után.

Hűtőkalorifer felülete:

$$A = \frac{\dot{Q}}{k \cdot \Delta t_k}$$

\dot{Q} – hűtőteljesítmény

k – hőátbocsátás

Δt_k – a hűtendő levegő és a hűtővíz közepes hőmérsékletkülönbsége

