Speciális Vegyipari Technológiák

Ea: Dr. Szepesi L. Gábor

Feltételek, kötelező és ajánlott irodalom

Feltételek

Lásd: Tantárgyak általános teljesítési feltételei

Kötelező irodalom:

1. Fonyó Zs.,Fábry Gy., - Vegyipari művelettani alapismeretek, Nemzeti Tankönyvkiadó, Bp. 1998, ISBN 963 18 9040 6
2. Fejes – Tarján: Vegyipari gépek és műveletek I, Tankönyvkiadó Bp., 1973
3. Fejes- Fábry – Vegyipari gépek és műveletek II Tankönyvkiadó Bp., 1975
ISBN 963 17 0695 8
4. Fábry Gy. – Vegyipari gépek és műveletek III. Tankönyvkiadó Bp., 1989
ISBN 963 18 1776 8

Ajánlott irodalom:

1. Fábry Gy. – Vegyipari gépészek kézikönyve
Műszaki Könyvkiadó, Bp. ISBN 963 10 6583 5
2. Szabó Z. – Szűrés Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1966
3. Perry- Chemical engineering handbook, 8th ed. Section 5. DOI: 10.1036/0071511288
4. M. Leva - Fluidizáció, Műszaki Könyvkiadó, Bp. 1964

Tematika - tartalomjegyzék

Oktatási hét	Előadás	Gyakorlat
1	Hőátvitel ismétlés	Előadáshoz kapcsolódóan
2	Hőátvitel ismétlés	Előadáshoz kapcsolódóan
3	Fázisegyensúly	Előadáshoz kapcsolódóan
4	Gőz-folyadék rendszerek szétválasztása I. – elméleti alapok	Előadáshoz kapcsolódóan
5	Gőz-folyadék rendszerek szétválasztása II. - számítási eljárások	Előadáshoz kapcsolódóan
6	Gáz-folyadék rendszerek szétválasztása I. –elméleti alapok	Előadáshoz kapcsolódóan
7	Gáz-folyadék rendszerek szétválasztása II. – számítási eljárások	Előadáshoz kapcsolódóan
8	Folyadék-szilárd rendszerek szétválasztása – Extrakció. Egyensúlyi diagram, elméleti alapok. Szolvens kiválasztási technikák.	Előadáshoz kapcsolódóan
9	Szárítás alapjai, berendezései	Előadáshoz kapcsolódóan
10	Matlab, MathCAD alapok	Előadáshoz kapcsolódóan
11	Unisim Design alapjai	Előadáshoz kapcsolódóan
12	Unisim Design alapjai	Előadáshoz kapcsolódóan
13	Unisim Design alapjai	Előadáshoz kapcsolódóan

Fázisegyensúly

Egyensúly

- hőmérsékleti szempontból ha a hőm. fgv. deriváltja zérus
- ha a rendszert leíró fgv deriváltja zérus

Gőz-folyadék egyensúly:

- mikrofolyamat szempontból állandó forralás-kondenzáció
- a folyadék forrponti hőmérsékletű, a gáz harmatponton van
- művelet: lepárlás

Gáz-folyadék egyensúly:

- gáz = túlhevített gőz
- művelete: Abszorpció és deszorpció

Szilárd-folyadék , folyadék-folyadék egyensúly:

- művelete: extrakció

Szilárd-folyadék , gáz-szilárd egyensúly:

- művelete: adszorpció

Egyensúly leírása

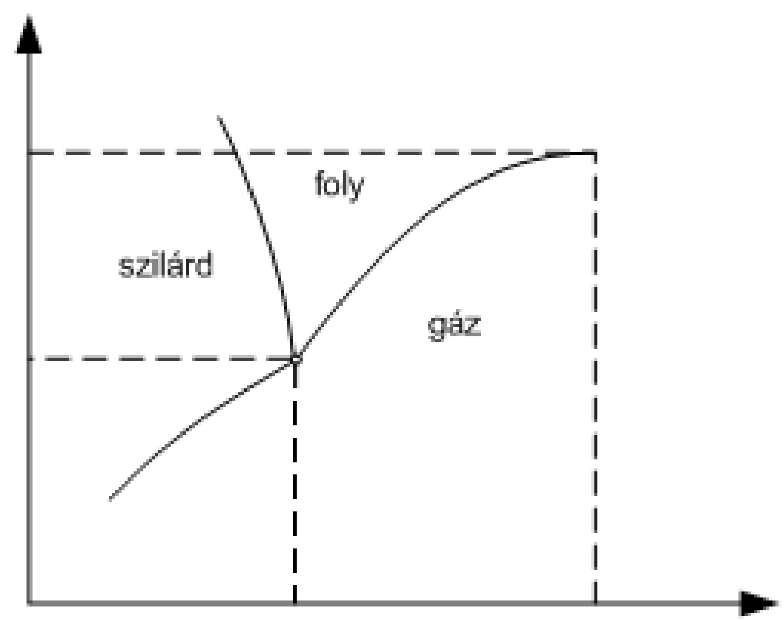
- Kvalitatív
- Kvantitatív

Egyensúlyok kvantitatív jellemzése - Gibbs-féle fázisszabály

F+SZ=K+2

Szabadsági fok = ismeretlenek száma – egyenletek száma

Egyensúlyok kvalitatív jellemzése – egykomponensű rendszerek



Szabadentalpia: $G = f(T, p)$ $\quad dG_{foly} = dG_{gőő}$

Definíció szerint: $dG = VdP - SdT$

$$V_f dp - S_f dT = V_g dp - S_g dT$$

$$(V_g - V_f)dp = (S_g - S_f)dT \qquad V_g - V_f \approx V_g$$

1 molnyi anyag esetén: $V = \frac{RT}{p}$

$$S_g - S_f = \frac{\Delta Q}{T} = \frac{\lambda}{T}$$

Clausius-Clapeyron-egyenlet

$$(V_g - V_f)dp = (S_g - S_f)dT \longrightarrow \frac{RT}{p}dp = \frac{\lambda}{T}dT \longrightarrow \boxed{\frac{dp}{dT} = \frac{\lambda \cdot p}{R \cdot T^2}}$$

$$\boxed{\ln\frac{p_2}{p_1} = \frac{\lambda}{R}\left(\frac{1}{T_1} - \frac{1}{T_2}\right)}$$

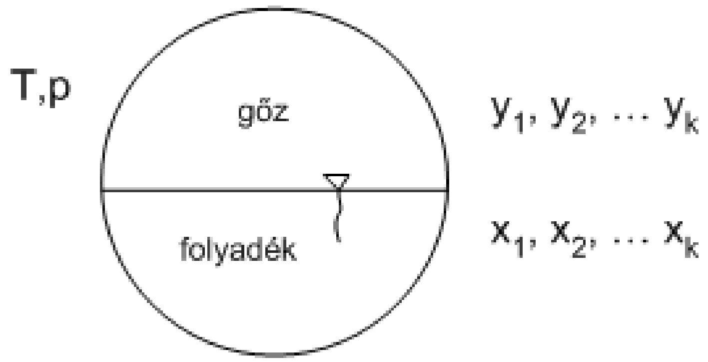
Antoine-egyenlet

$$\ln p = A - \frac{B}{T}, \quad \ln p = \frac{A}{B + C \cdot T}$$

Trouton-szabály:

$$\frac{\lambda}{T} = \text{áll.}$$

Többkomponensű rendszerek



A gyakorlati számításoknál feltételezik, hogy a komponensek ideális elegyet képeznek, a parciális nyomásokra a Dalton törvény érvényes.

$$p_1 + p_2 + \ldots = p_ö \qquad y_1 = \frac{p_1}{p_ö}$$

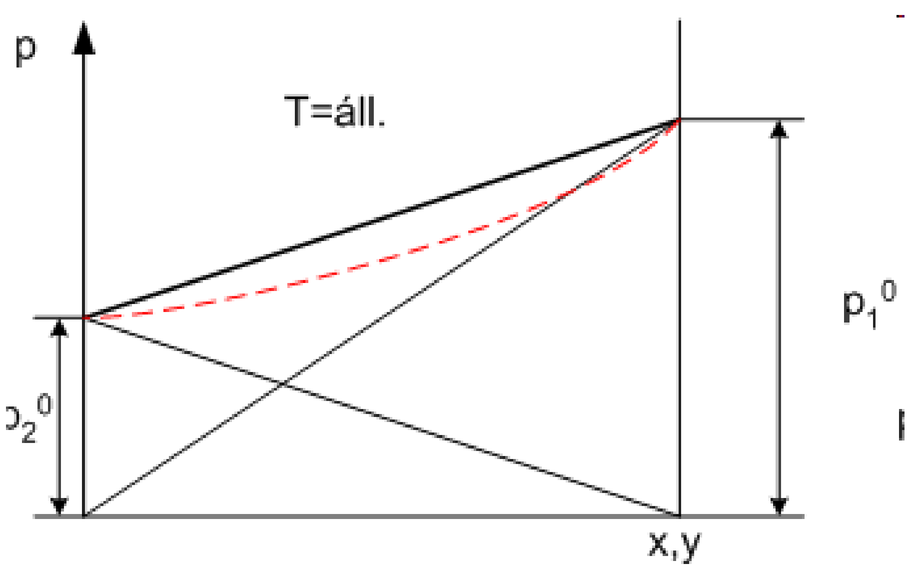
Gáz	Folyadék
tökéletes	ideális
tökéletes	nem ideális
reális	ideális
reális	nem ideális

Ideális folyadék: érvényes a Raoult törvény.

$$p_1 = p_1^0 \cdot x_1$$

Nem ideális folyadék: nem érvényes a Raoult törvény. Mit jelent ez?

Tökéletes gáz – ideális folyadék



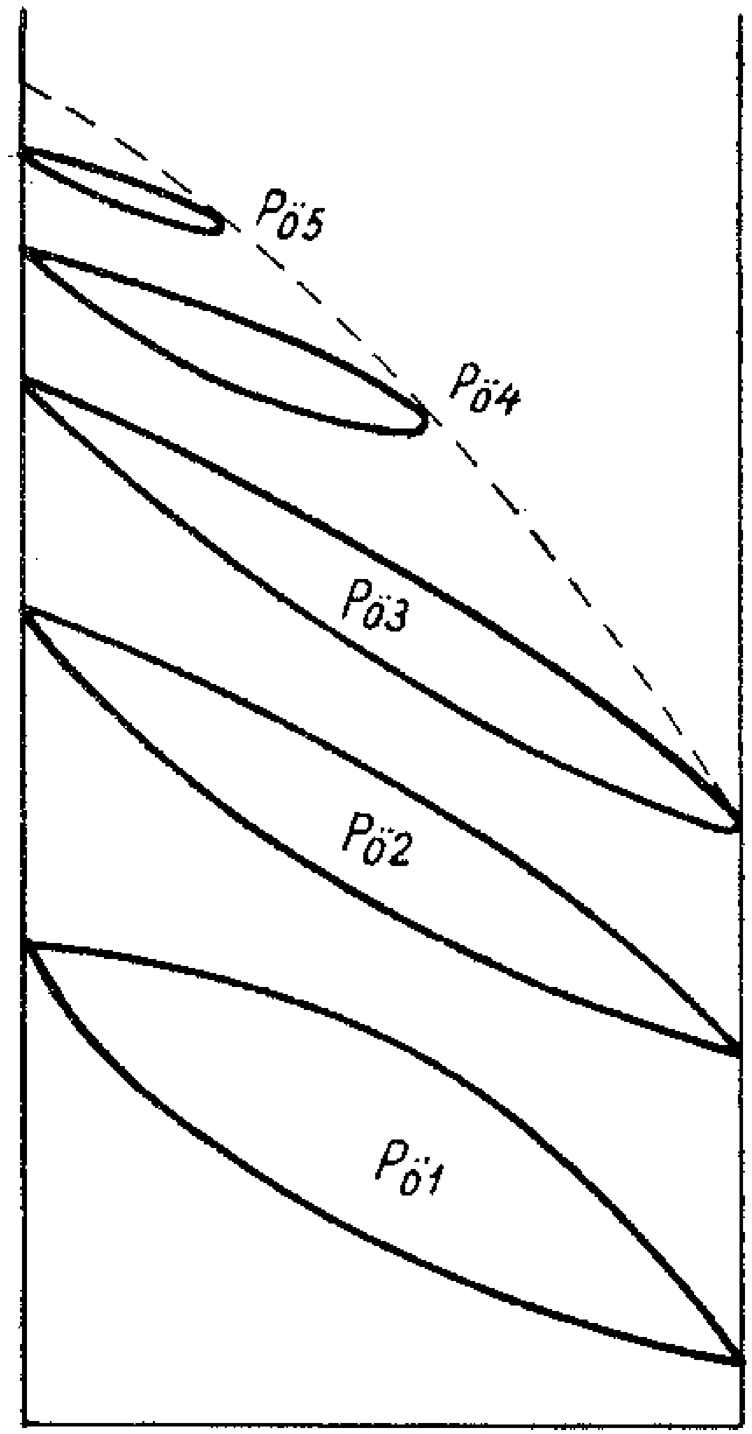
Izoterm forrpontgörbe: p=f(x)

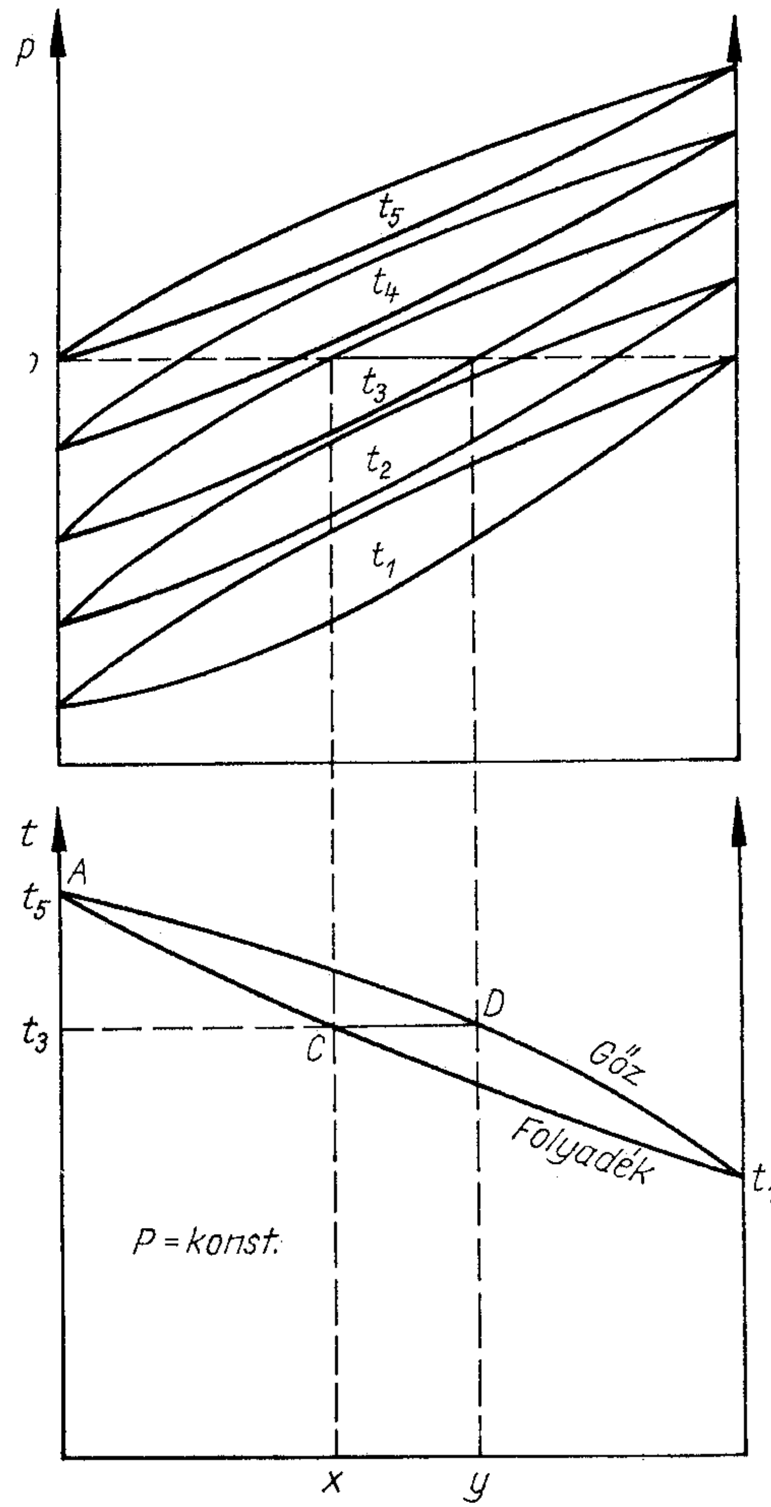
$$p = p_2^0 + x_1 \cdot \left(p_1^0 - p_2^0\right)$$

Izoterm harmatpontgörbe: p=f(y)

$$p = \frac{p_1^0 \cdot p_2^0}{p_1^0 - \left(p_1^0 - p_2^0\right) \cdot y_1}$$

P-x; T-x diagramok

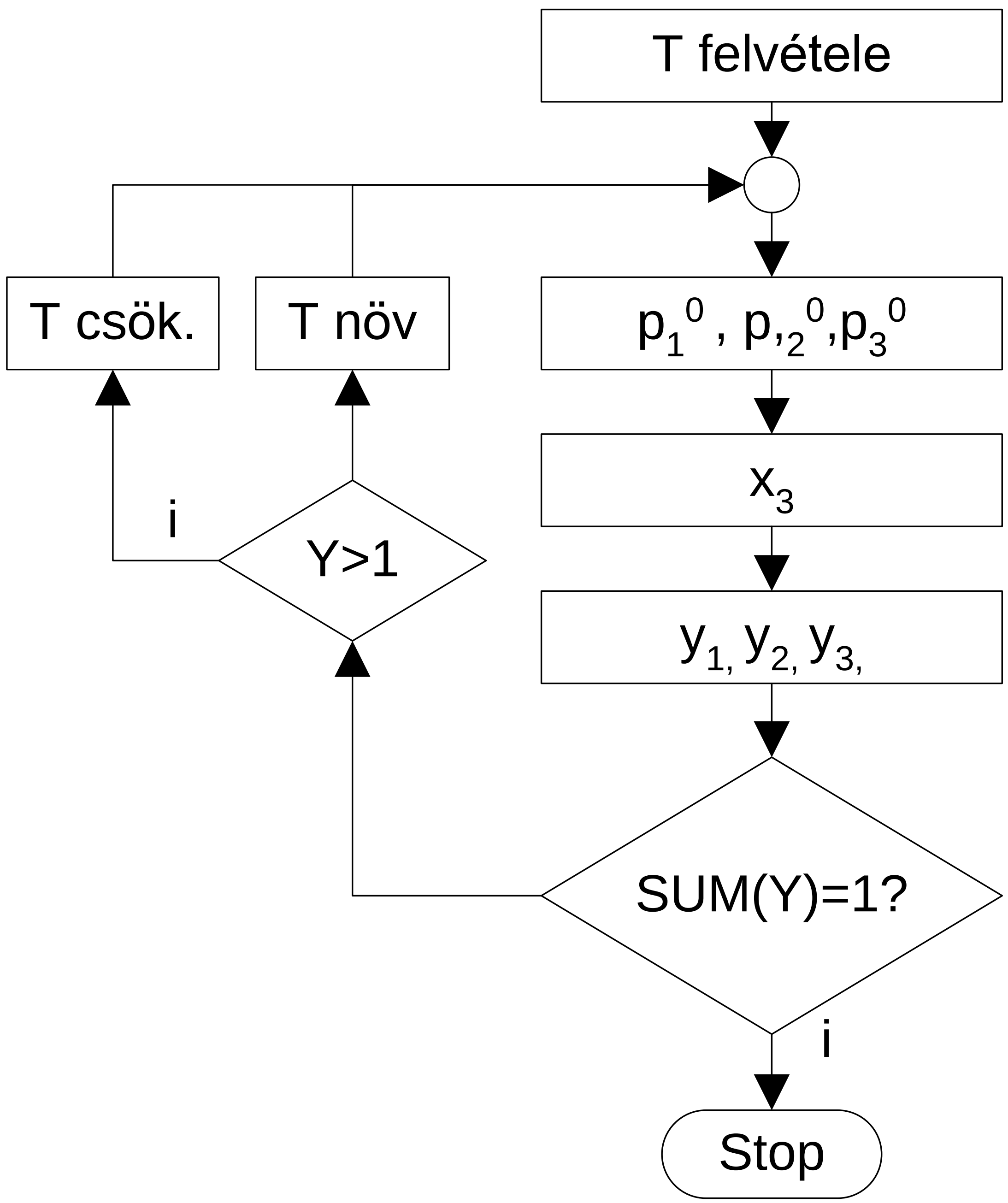




3 komponensű rendszerek gőz-folyadék egyensúlya

Fázisok száma: 2   Komponensek száma: 3   Szabadsági fok?

Legyen adott p, x1,x2. Hogyan tudom a többi adatot kiszámítani? (T, x3,y1,y2,y3)



$$\ln p_1^0 = A_1 + \frac{B_1}{T_1}$$

$$\ln p_2^0 = A_2 + \frac{B_2}{T_2}$$

$$\ln p_3^0 = A_3 + \frac{B_3}{T_3}$$

Egyensúlyi állandó

Megmutatja, hogy valamely komponens egyensúly esetén (adott p, T) milyen viszonylagos mennyiségben szerepel a gőztérben és a folyadékban. (helyesebb a megoszlási hányados kifejezés).

Tökéletes gáz és ideális folyadék esetén:

$$K = \frac{y}{x} \qquad y = \frac{p_1}{p_ö} = \frac{p_1^0 x}{p_ö} \longrightarrow K = \frac{p_1^0}{p_ö}$$

Kétkomponensű rendszer esetén:

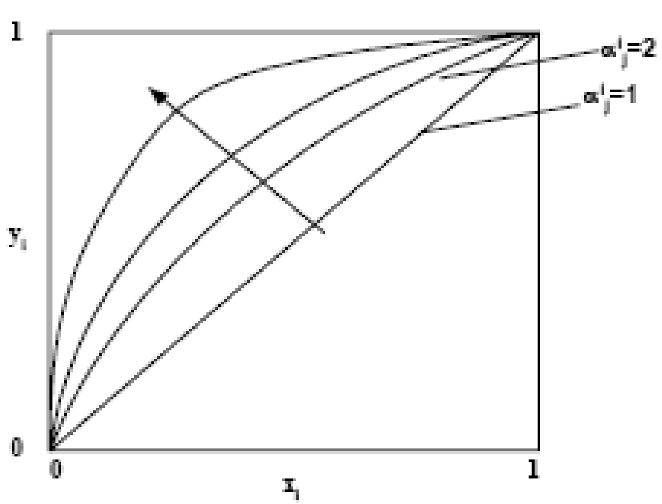
$$K_1 = \frac{y_1}{x_1} = \frac{p_1^0}{p_ö}; \quad K_2 = \frac{y_2}{x_2} = \frac{p_2^0}{p_ö}; \qquad K_1 \neq K_2$$

Relatív illékonyság:

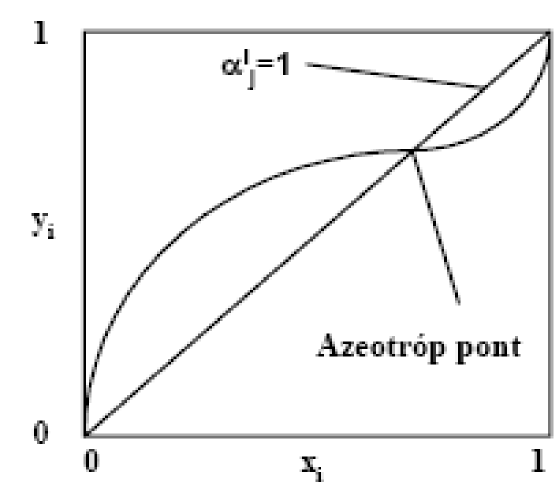
Két egyensúlyi állandó hányadosa rámutat arra, hogy adott körülmények között az egyik komponens hányszor illékonyabb a másiknál.
Multikomponens esetén: kulcskomponens.

$$\alpha = \frac{K_1}{K_2}$$

Tökéletes gáz és ideális folyadék esetén:



$$\alpha_{12} = \frac{K_1}{K_2} = \frac{y_1(1-x_1)}{x_1(1-y_1)} = \frac{p_1^0}{p_2^0} \Rightarrow y = \frac{\alpha \cdot x}{1 + x \cdot (\alpha - 1)}$$



Reális gáz, nem ideális folyadék

A tökéletes gázállapot kiterjedés nélküli molekulákat és a molekulák rugalmas ütközését jelenti. Nagy nyomáson és hőmérsékleten nem megfelelő a tökéletes gáz modell.

- van der Walls állapotegyenlet: $p = \frac{nRT}{v - nb} - \frac{an^2}{v}; \quad a = \frac{0{,}42R^2T_k^2}{p_k}; b = \frac{0{,}125RT_k}{p_k}$
- Redlich-Kwong: $p = \frac{RT}{v - b} - \frac{a}{T^{1/2}(v^2 + av)}; \quad a = \frac{0{,}42R^2T_k^{2{,}5}}{p_k}; b = \frac{0{,}866RT_k}{p_k}$

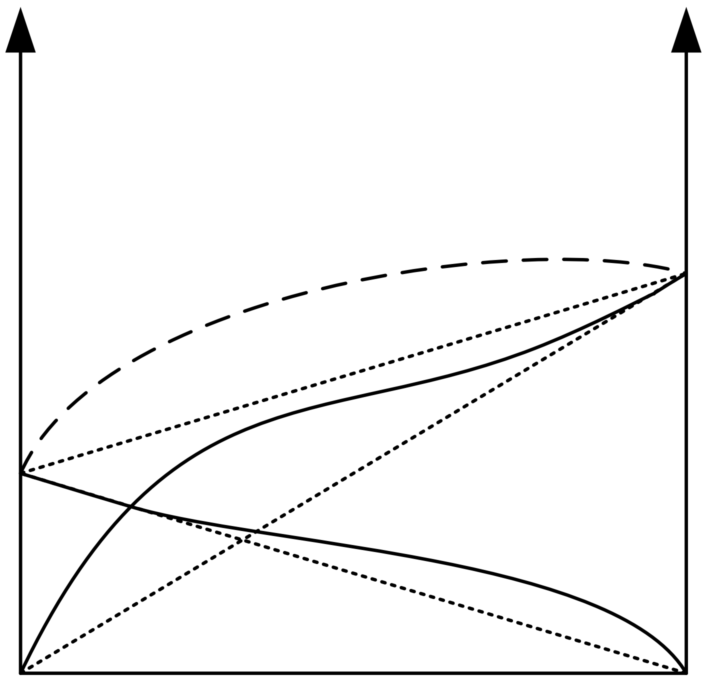
Nem ideális folyadék:

Aktivitási együttható bevezetése: $p_1 = \gamma_1 x_1 p_1^0$

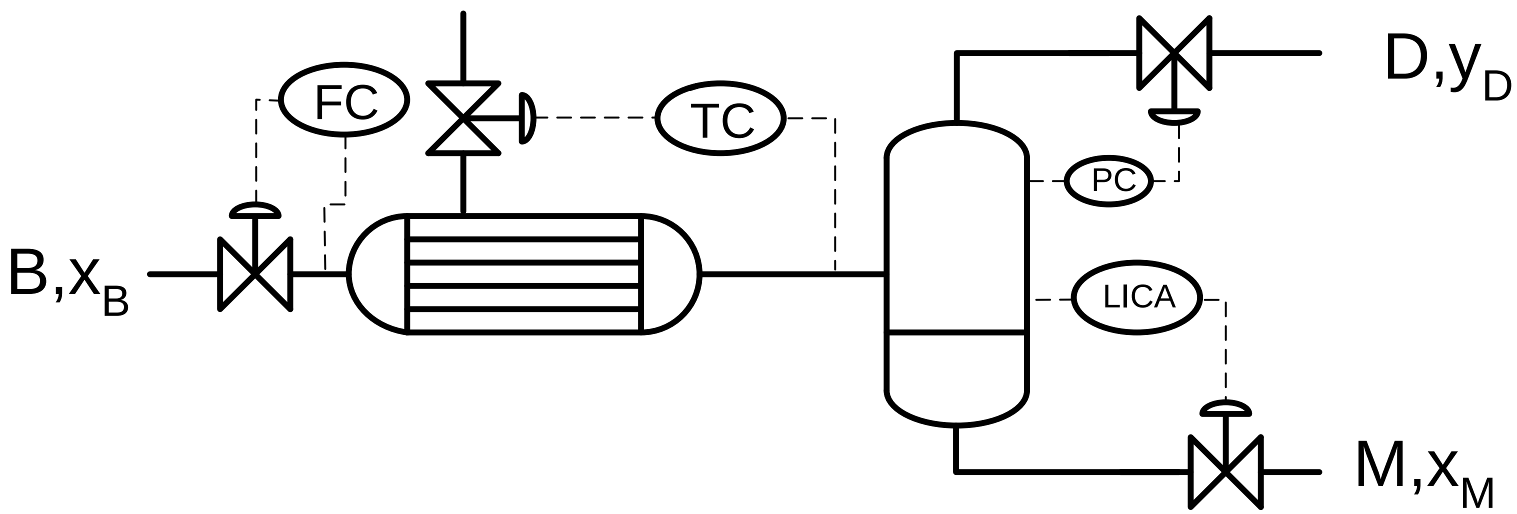
Kifejezi az oldatban lévő molekulák kölcsönhatását.

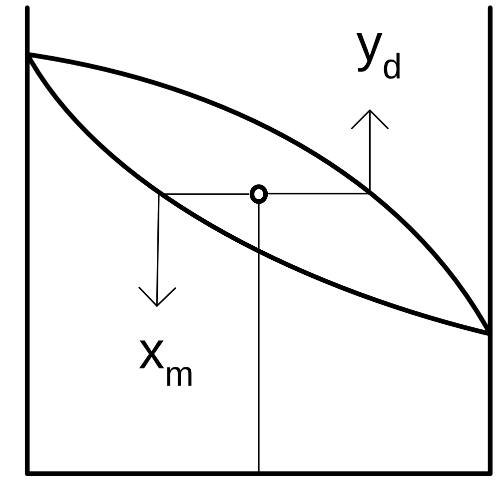
Margules-egyenlet:

$$p_1 = p_1^0 x_1 e^{\beta x_2}; \; p_2 = p_2^0 x_2 e^{\beta x_1}$$



Egyensúlyi desztilláció (Flash-desztilláció)

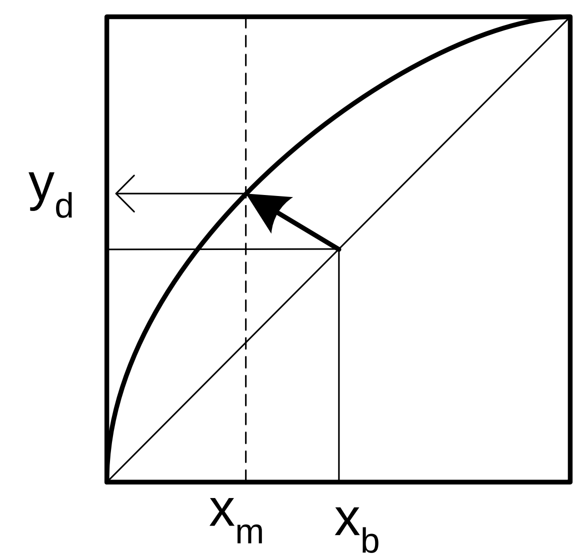




$$B = M + D$$

$$B \cdot x_B = M \cdot x_M + D \cdot y_D$$

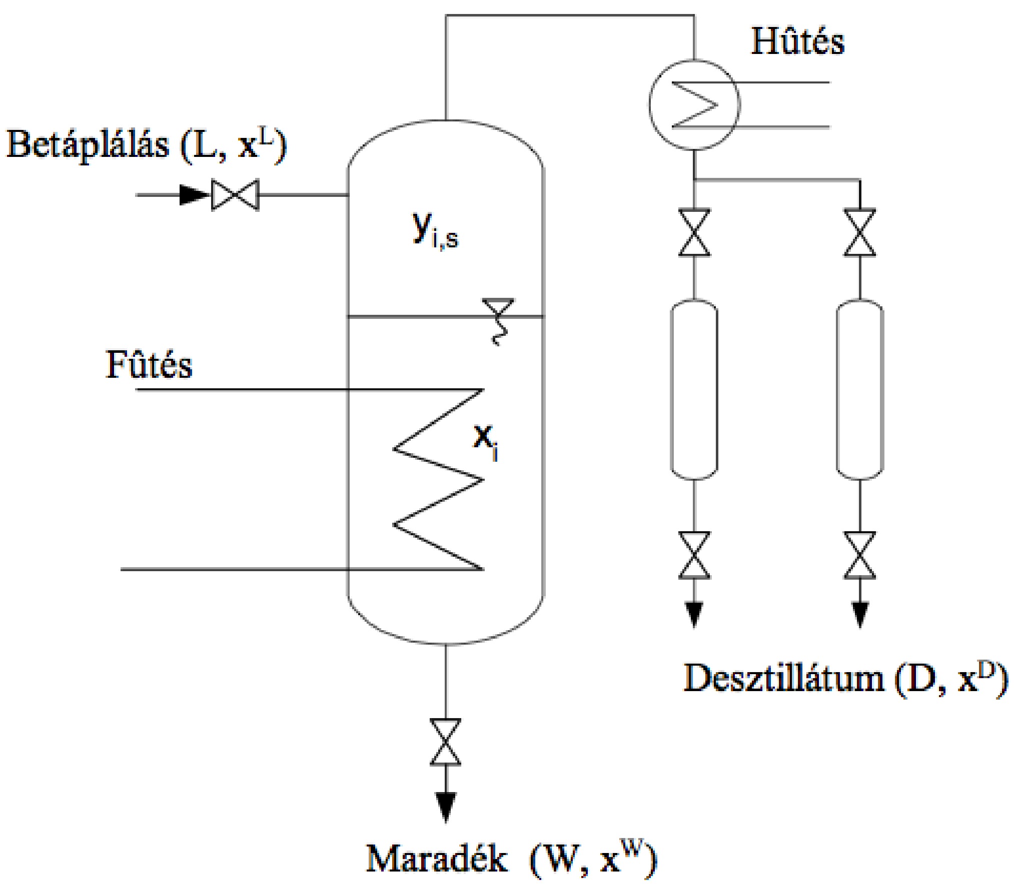
$$\frac{M}{D} = \frac{y_D - x_B}{x_B - x_M}$$



$$T_{min} \Rightarrow y_{max} \Rightarrow \text{mennyiség: zérus}$$

Binér elegy nyitott rendszerű lepárlása

A művelet lényege: A készülékbe bemért adott mennyiségű és összetételű (L, x_L) szétválasztandó folyadékelegyet hőközléssel elpárologtatunk, a gőzt kondenzáltatjuk és a párlatokat (D, x_D) a termék tartályokban összegyűjtjük.



Egy adott pillanatban tekintsük az i-ik komponens differenciális anyagmérlegét (F mennyiség van a készülékben:

$$Fx_i = y_i dF + (F - dF)(x_i - dx_i)$$

Egyszerűsítés után:

$$F dx_i = (y_i - x_i) dF$$

Integrálva az egyenletet:

$$\int_L^W \frac{dF}{F} = \int_{x_L}^{x_W} \frac{dx}{y_i - x_i}$$

Más megközelítés:

Az üstben az illékony anyag mennyisége: Lx

Az illékony anyag megváltozása:

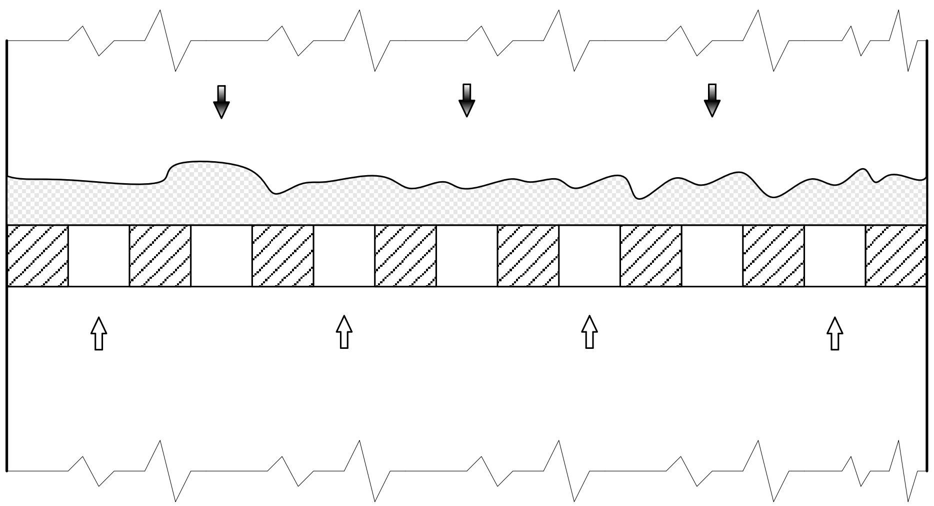
$$d(Fx_i) = dFy_i$$

$$d(Fx_i) = dFy_i \rightarrow dF \cdot x_i + F \cdot dx_i = dFy_i$$

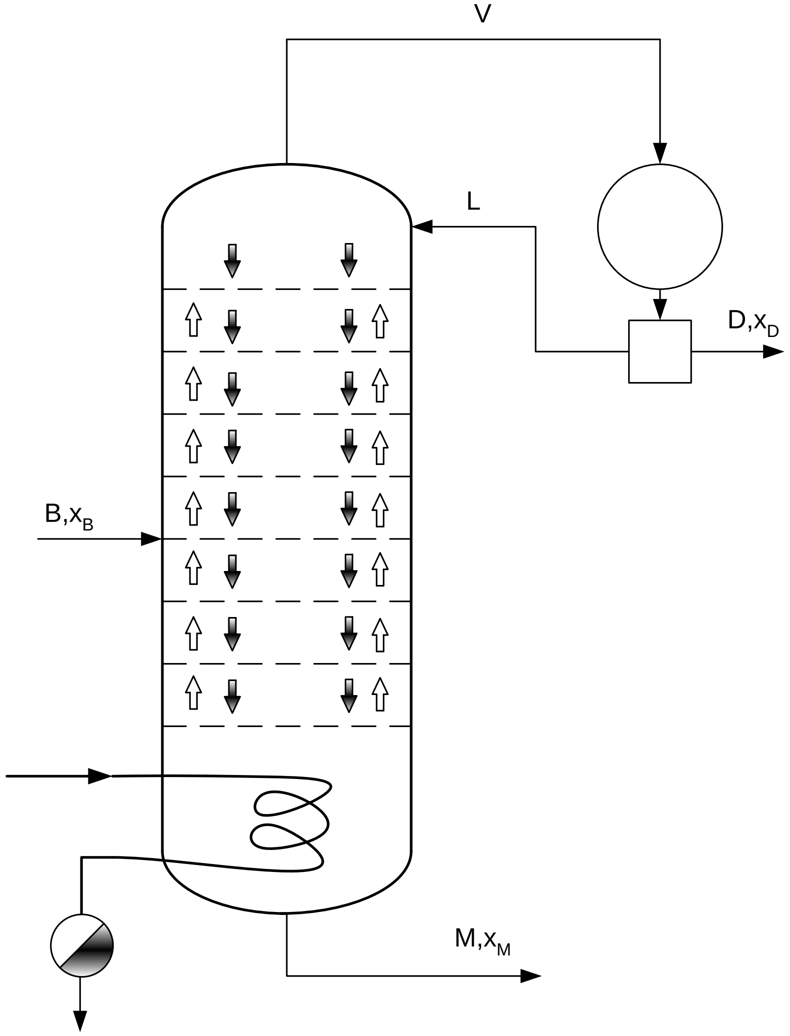
$$\ln \frac{W}{L} = \int_{x_L}^{x_W} \frac{dx}{y_i - x_i}$$

Rayleight-egyenlet

Lepárlás



- folyadék érkezik a tányérra (felülről)
- gőz érkezik a tányérra (alulról)
- anyagátadás (habréteg alakul ki)
- egyensúly (T-x ábra)
- egyidejű forralás és kondenzáció
- ha a kondenzációs hő és a párolgás hő megegyezik, akkor a tányért elhagyó gőz és folyadék mennyisége nem változik (ekvimoláris párolgás tétele)



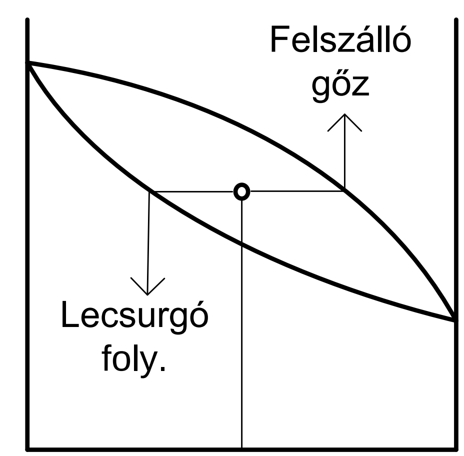
Anyagmérlegek:

$$B = M + D$$

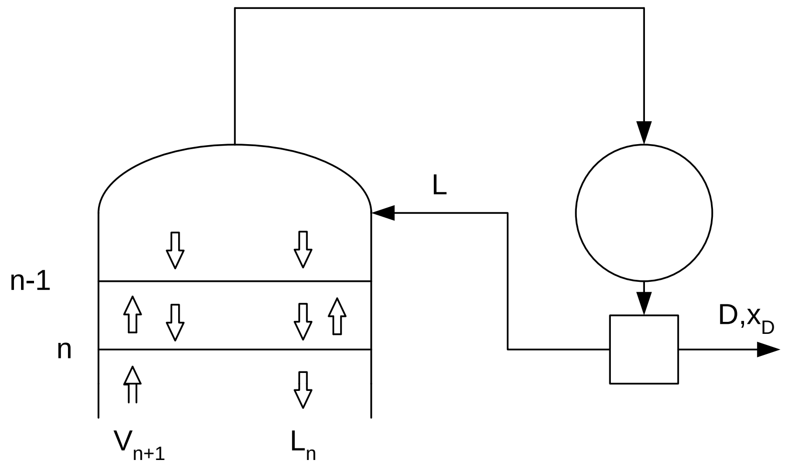
$$B \cdot x_B = M \cdot x_M + D \cdot y_D$$

$$V = L + D$$

$$R = \frac{L}{D} \qquad V = (R+1)D$$



Felső munkavonal egyenlete



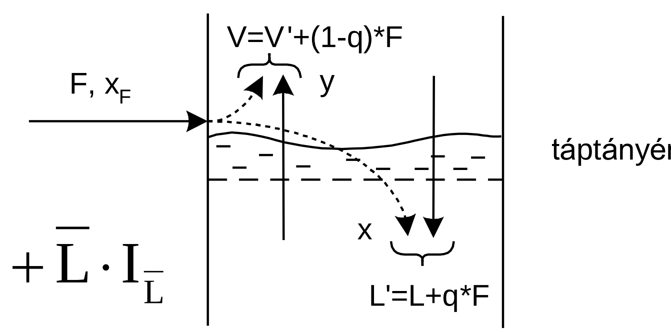
Anyagmérlegek:

$$V_{n+1} = L_n + D$$

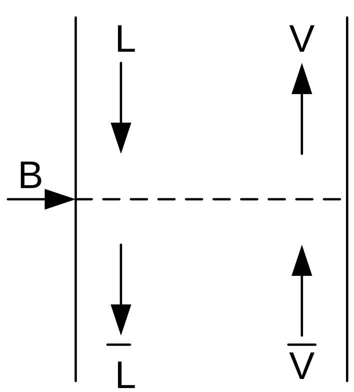
$$V_{n+1} \cdot y_{n+1} = L_n \cdot x_n + D \cdot x_D$$

$$y_{n+1} = \frac{L_n}{V_{n+1}} \cdot x_n + \frac{D}{V_{n+1}} \cdot x_D \Rightarrow y_{n+1} = \frac{L}{V} \cdot x_n + \frac{D}{V} \cdot x_D$$

$$\boxed{y_{n+1} = \frac{R}{R+1} \cdot x_n + \frac{1}{R+1} \cdot x_D}$$



Betáplálás hőállapota



$$B + L + \overline{V} = V + \overline{L} \qquad B \cdot I_B + L \cdot I_L + \overline{V} \cdot I_{\overline{V}} = V \cdot I_V + \overline{L} \cdot I_{\overline{L}}$$

$$\overline{V} - V = \overline{L} - B - L \qquad I_L \cong I_{\overline{L}} \quad I_V \cong I_{\overline{V}}$$

$$B \cdot I_B + L \cdot I_L + \left(\overline{V} - V\right) \cdot I_V = \overline{L} \cdot I_L \Rightarrow B \cdot I_B + L \cdot I_L + \left(\overline{L} - B - L\right) \cdot I_V = \overline{L} \cdot I_L$$

$$B \cdot I_B + L \cdot I_L + \left(\overline{V} - V\right) \cdot I_V = \overline{L} \cdot I_L \Rightarrow B \cdot I_B + L \cdot I_L + \left(\overline{L} - B - L\right) \cdot I_V = \overline{L} \cdot I_L$$

$$\left(\overline{L} - L\right) \cdot I_V = \left(\overline{L} - L\right) \cdot I_L + B \cdot \left(I_V - I_B\right) \Rightarrow \left(I_V - I_L\right) \cdot \left(\overline{L} - L\right) = B \cdot \left(I_V - I_B\right)$$

$$\boxed{q = \frac{\overline{L} - L}{B} = \frac{I_V - I_B}{I_V - I_L}} \qquad \boxed{q = \frac{\text{1 mol betáp elpárologtatásához szükséges hő}}{\text{párolgáshő}}}$$

q vonal egyenlete

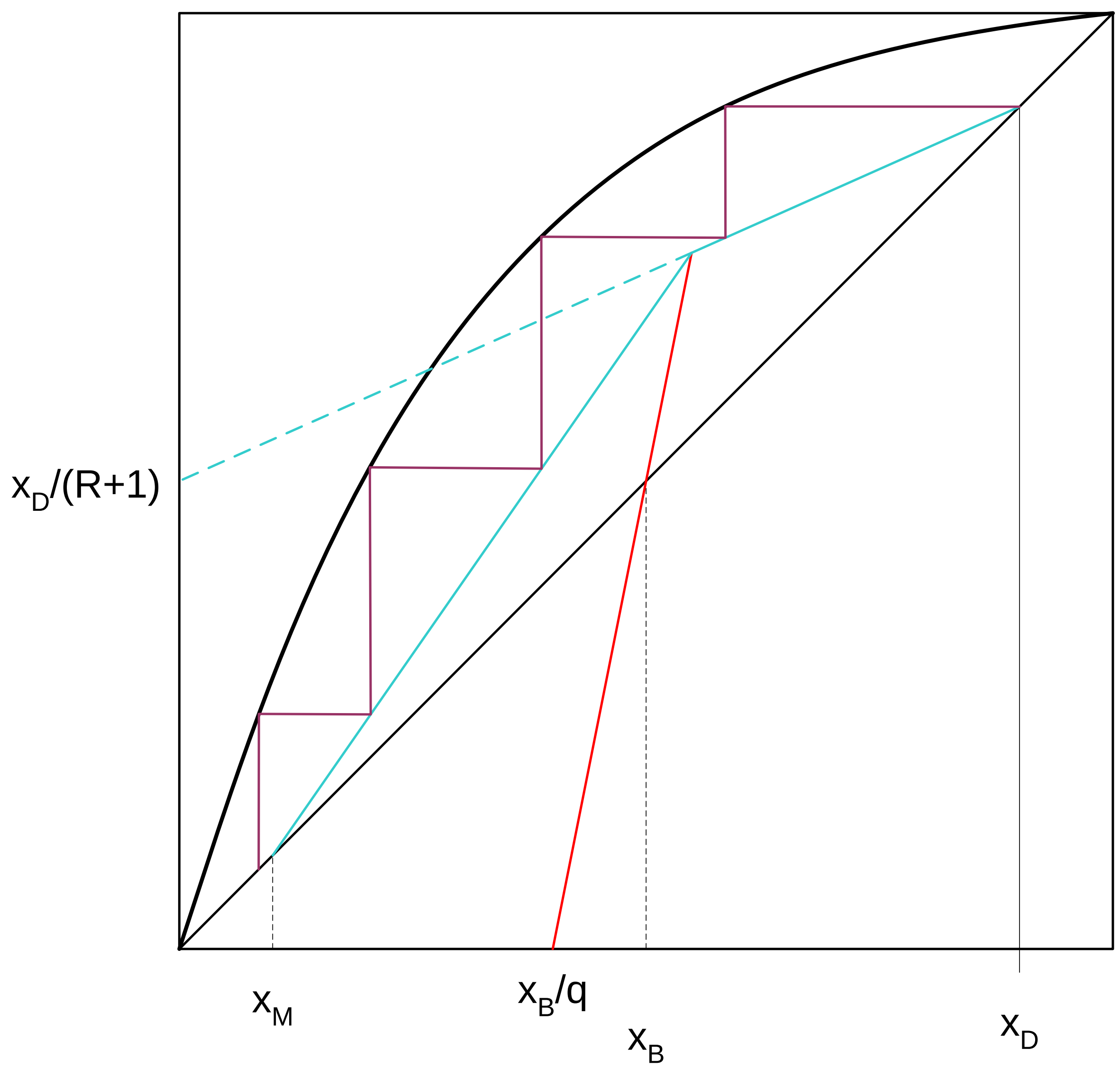
$$V \cdot y = L \cdot x + D \cdot x_D$$
$$\overline{V} \cdot y = \overline{L} \cdot x - M \cdot x_M$$

$$\Rightarrow \left(\overline{V} - V\right) \cdot y = \left(\overline{L} - L\right) \cdot x - M \cdot x_M - D \cdot x_D = \left(\overline{L} - L\right) \cdot x - B \cdot x_B$$

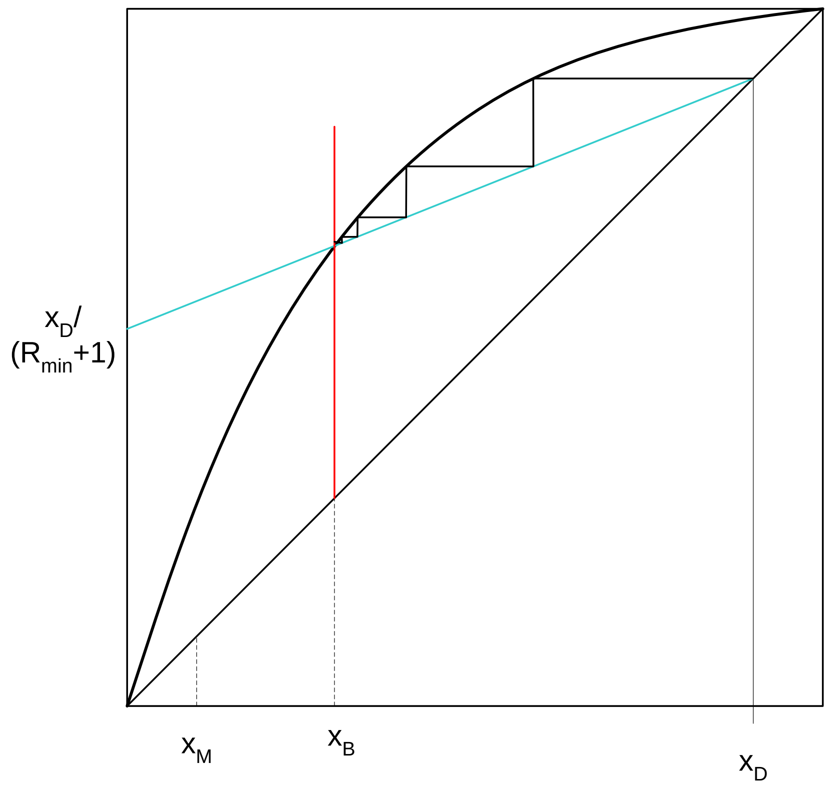
$$y = \frac{\overline{L} - L}{\overline{V} - V} x - \frac{B \cdot x_B}{\overline{V} - V} \Rightarrow \boxed{y = \frac{q}{q-1} x - \frac{x_B}{q-1}}$$

Milyen betáplálási állapotok lehetségesek?

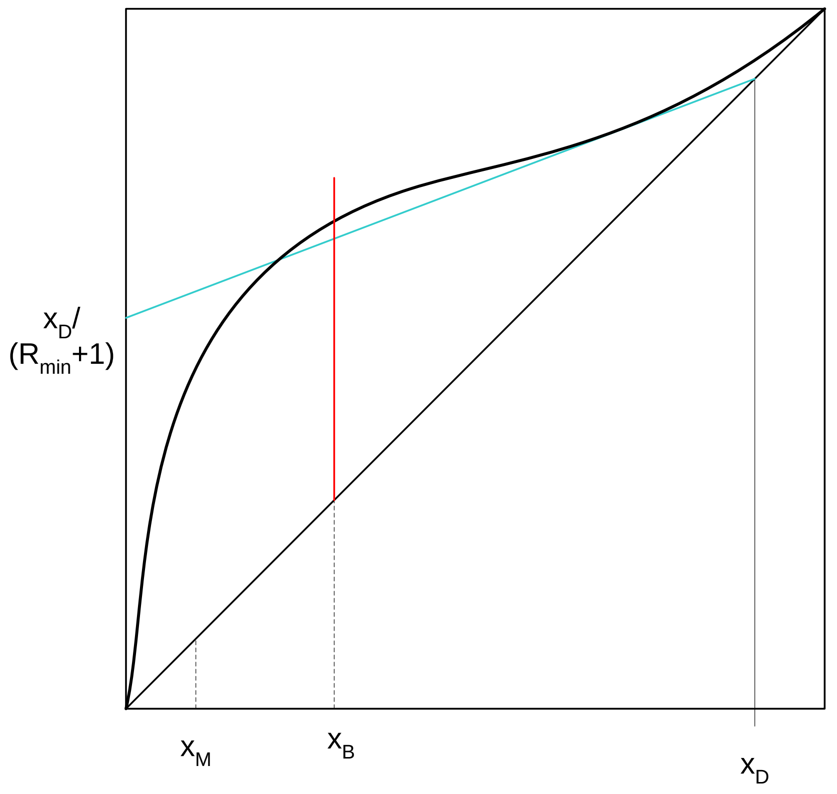
Elméleti tányérszám meghatározása: McCabe-Thiele szerkesztés



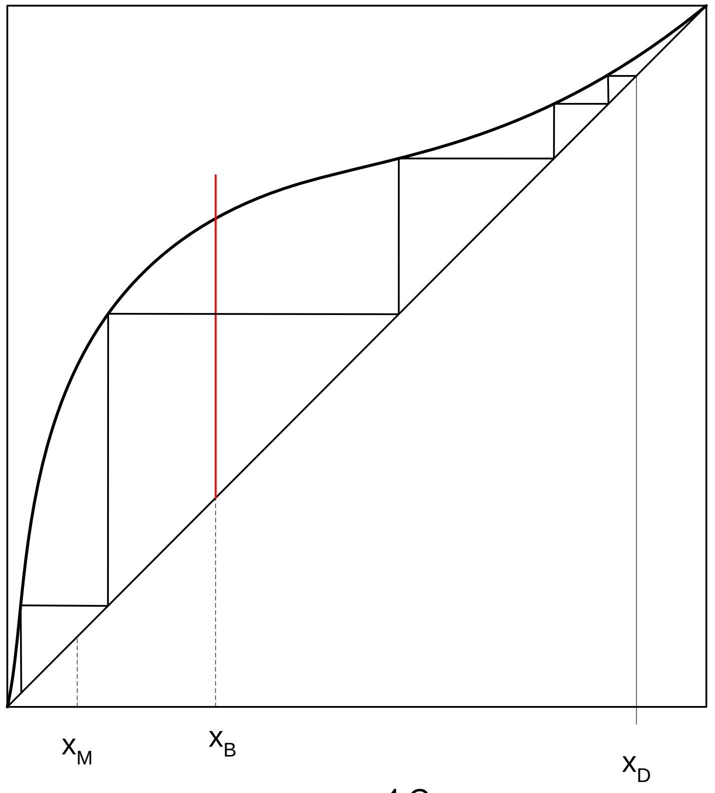
Minimális refluxarány



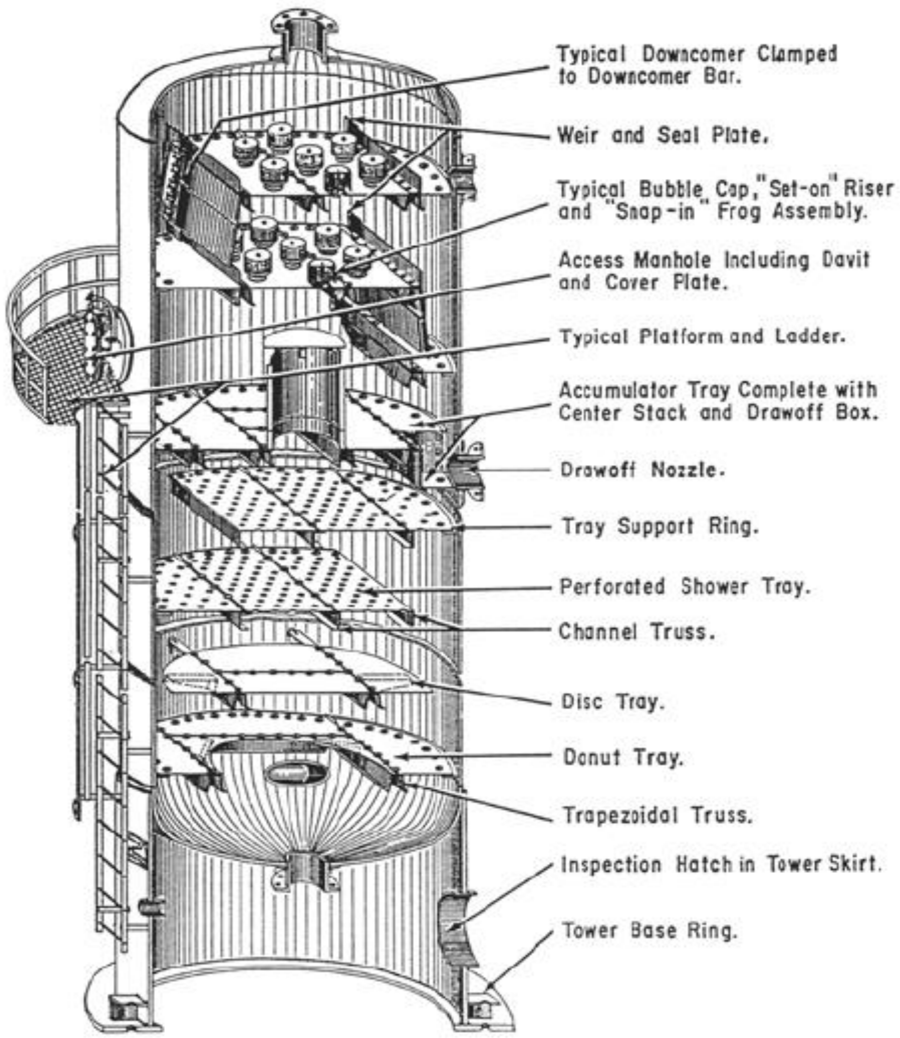
$$R_{opt} = \beta \cdot R_{min}$$

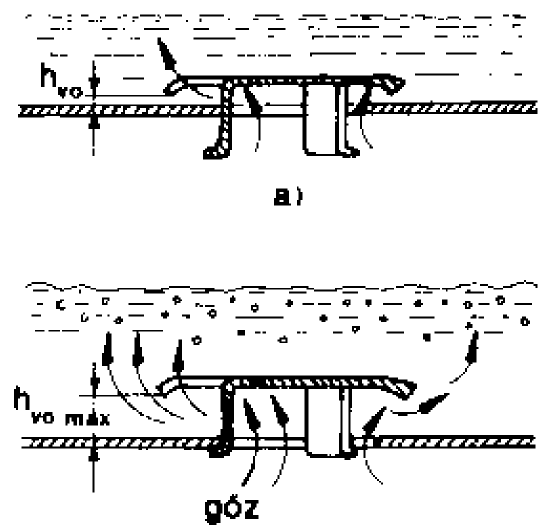


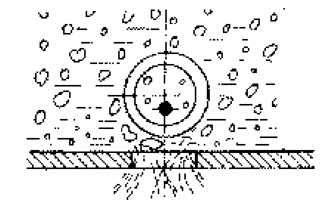
Maximális refluxarány

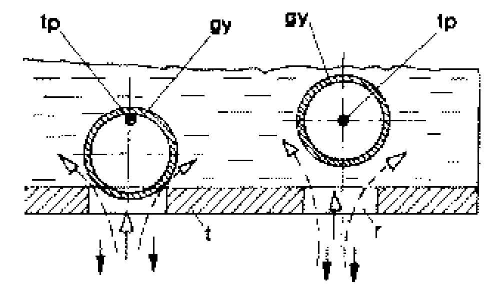


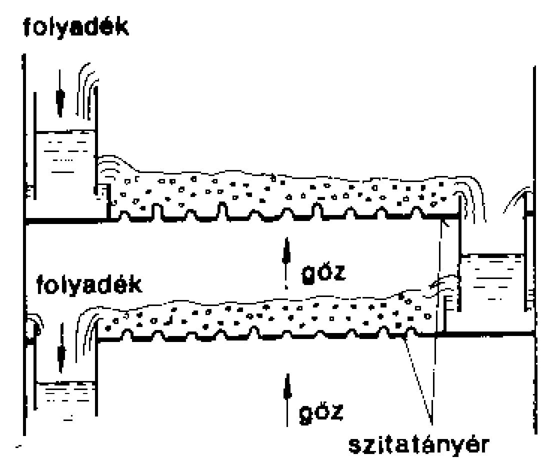
Tányéros és töltelékes oszlopszerkezetek

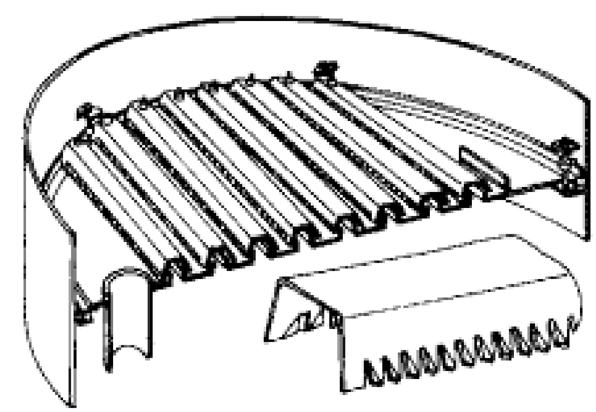




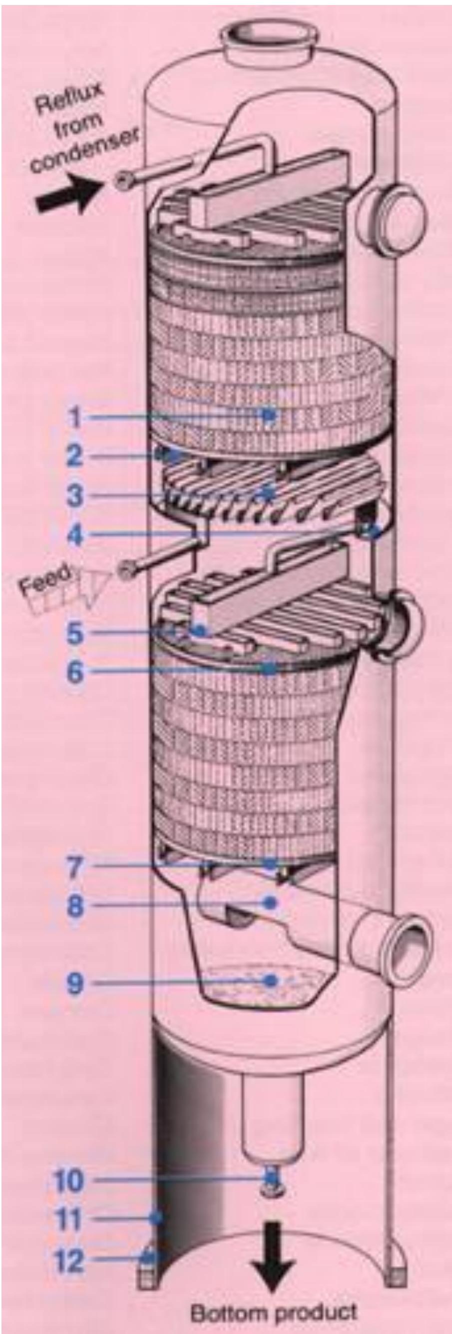


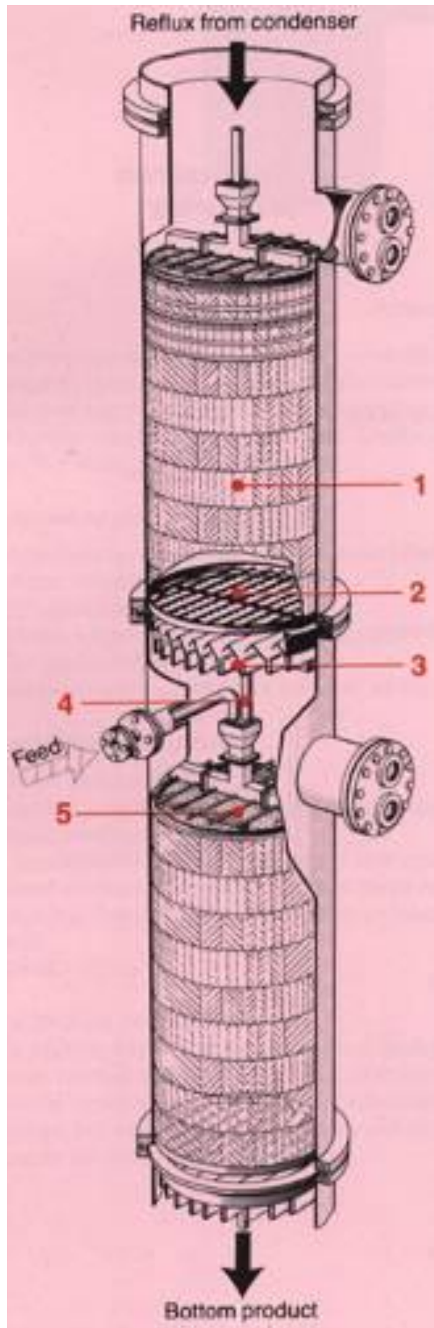


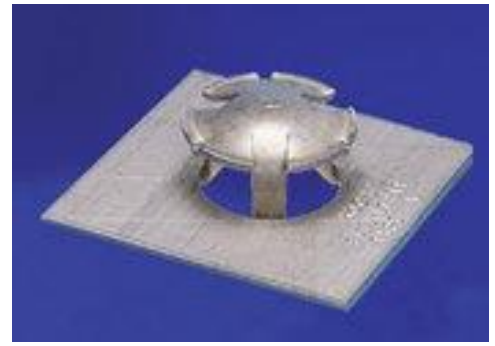




Tányéros és töltelékes oszlopszerkezetek







Kolonnaátmérő meghatározása

A rektifikáló oszlop átmérőjét általában a következő összefüggéssel határozhatjuk meg:

$$d = \sqrt{\frac{4}{\pi}\Re\frac{T}{p}\frac{1}{w}\dot{D}} \qquad d = 3,25\sqrt{\frac{T}{p}\frac{1}{w}\dot{D}}$$

Ahol $\dot{D}$ a maximális gőzáram a vizsgált oszloprészben (mol/s) ;

T üzemi hőmérséklet;

p üzemi nxomás, Pa

w megengedett (szabad oszlopkm.-re vonatkoztatva) gőzsebesség, m/s

Megengedett gőzsebesség meghatározása (gőz- gázterhelés)

A legrégebbi publikált összefüggés *Souders* és *Brown*-tól származik:

$$w = B\sqrt{\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G}}$$

B: Brown állandó (m/s)

Bevezetve a gázterhelésre vonatkozó F-faktort: $F = w\sqrt{\rho_G}$

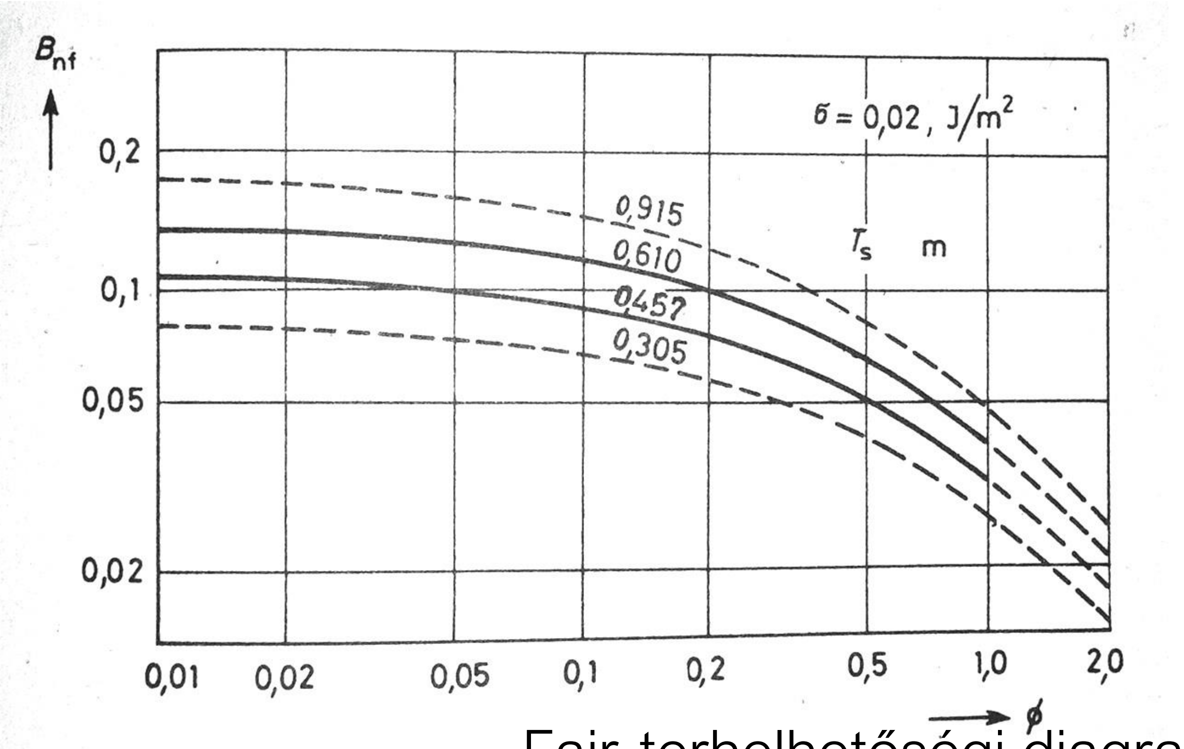
A nettó áramlási keresztmetszetre vonatkoztatva:

$$F_n = w_n\sqrt{\rho_G}$$

Elárasztási sebesség (flooding) diagram alapján:

$$w_{nf} = B_{nf}\sqrt{\frac{\rho_L - \rho_G}{\rho_G}}$$

Fair-terhelhetőségi diagram buboréksapkás tányéros oszlopra:



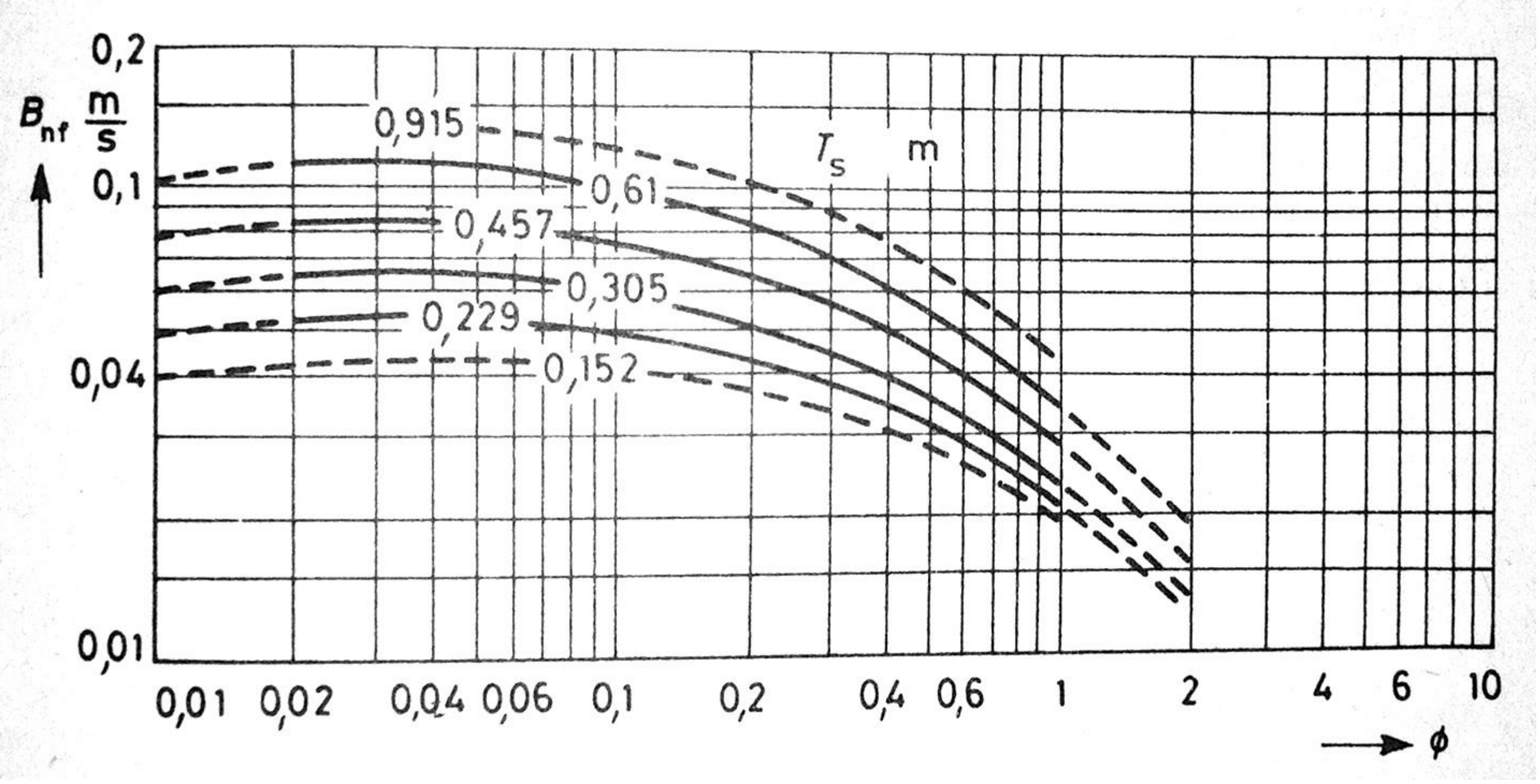
Más felületi feszültség esetén:

$$B = B_{diagram}\frac{\sigma^{0,2}}{0,02}$$

Ts : tányértávolság

$$\phi = \frac{L_m}{G_m}\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}} = \frac{L_v}{G_v}\sqrt{\frac{\rho_G}{\rho_L}}$$

Fair-terhelhetőségi diagram szitatányéros oszlopra:



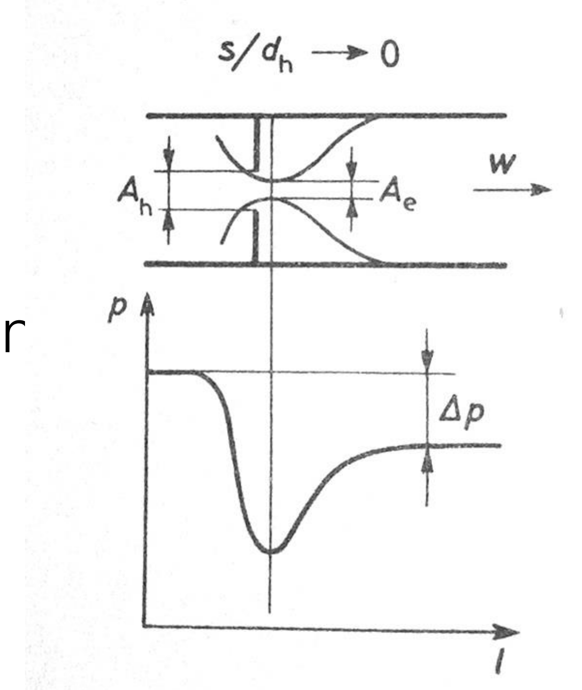
Tányérok nyomásvesztesége

Ha gáz átáramlik egy bizonyos folyadékréteggel rendelkező tányéron, akkor a nyomásveszteség:

$$\triangle p = \triangle p_t + h_L \rho_L g$$

Ahol a száraz tányér nyomásvesztesége:

$$\triangle p_t = \zeta \frac{F_h^2}{2}$$



Fh: az ún. F-faktor a lyukra vonatkotatva. Az ellenállástér

$$\zeta = \left(\frac{1}{\alpha} - \varphi\right)^2 \qquad \alpha = \frac{w_h}{w_e}$$

α kontrakciós tényező, elméleti értéke: 0,61.

$$\varphi = \frac{w_e}{w_h}$$

A gőz folyadék határon fellépő nyomásveszteség:

$$\triangle p_{hatar} = \sigma \frac{NY_K}{NY_F}$$

Túlfolyós tányér esetében figyelembe kell venni a gátmagasságot valamint a folyadékgradienst

Így a teljes nyomásveszteség:

$$\triangle p = \triangle p_t + \triangle p_{hatar} + p_{folyadekoszlop}$$

Működési feltétel:

$$2\frac{\triangle p}{\rho_g g} \leq H_{talcatav}$$

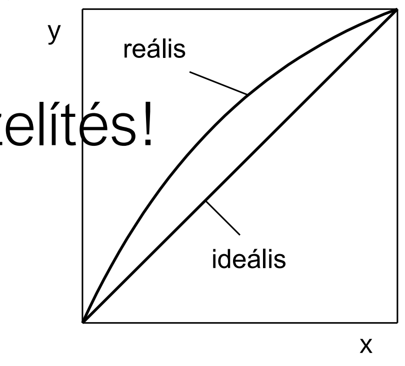
Abszorpció

A gázabszorpció az a művelet, amelyben a gázelegyet folyadékkal érintkeztetjük abból a célból, hogy a gáz egy vagy több komponensét kioldjuk és a folyadékban ezek oldatát hozzuk létre.

Ezekben a műveletekben anyagátadásra van szükség a gázáramból a folyadékba. Ha a folyamat ellenekző irányban megy végbe, azaz a folyadékból a gázba, akkor a művelet neve: deszorpció, vagy kihajtás (sztrippelés).

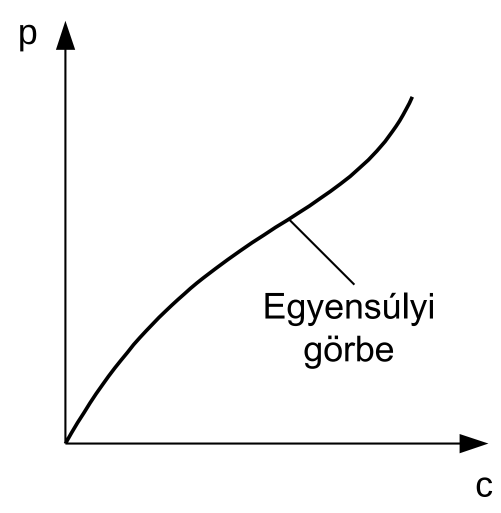
Mivel a két folyamat lényegileg teljesen megegyezik, így e két műveletet egyszerre tanulmányozhatjuk.

Nem reális folyadékok esetében alkalmazzuk a Henry-törvényt:
Közelítsük az egyensúlyi görbét egyenessel
Ennek következtében kis koncentrációk esetén alkalmazható a közelítés!



$$p_a = mx_a$$

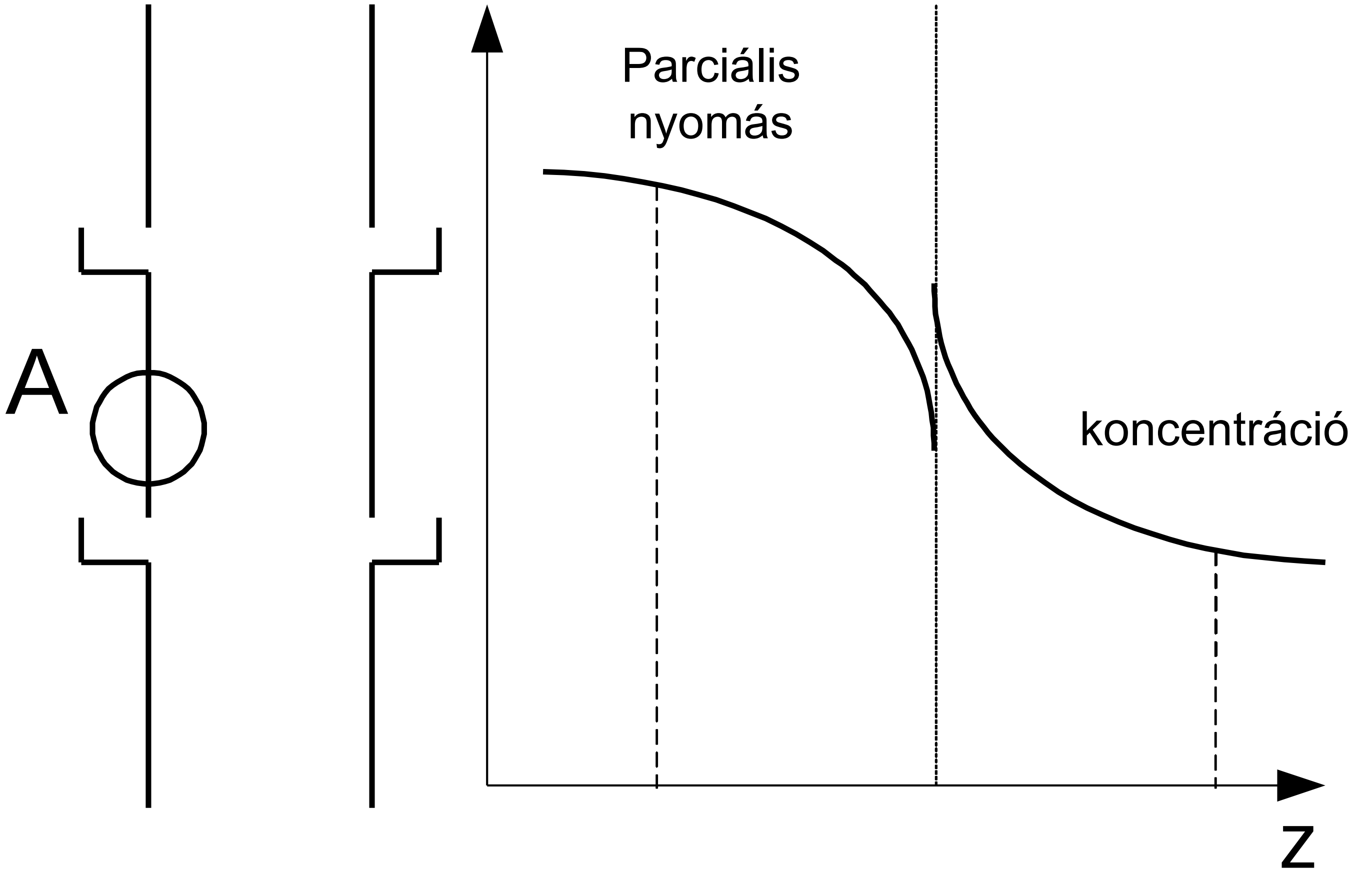
Egyensúly értelmezése:



Jó oldódás: kicsiny nyomásváltozás hatására nagy koncentrációváltozás

Hőmérséklet csökken -> oldódás nő!

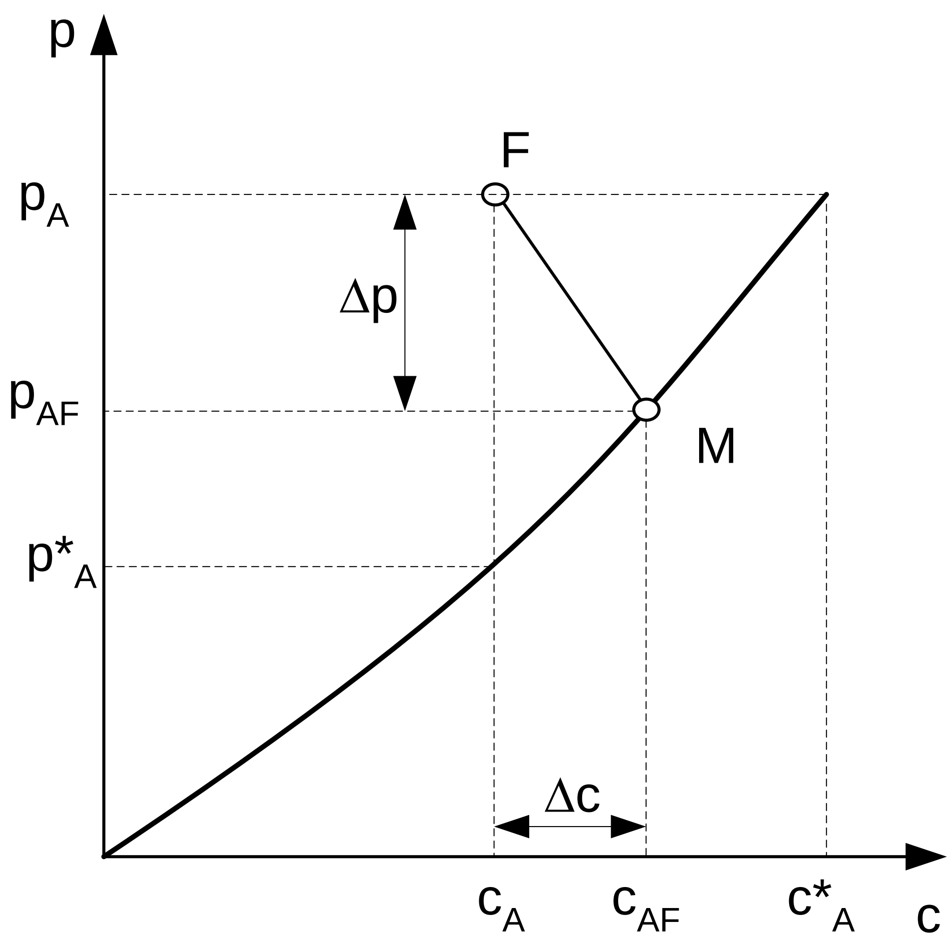
Filmelmélet (Whitmann, Lewis 1923)



Az anyagátadás a határfelületen megy végbe.

Feltételezés:
A határfelületen nincs ellenállás!

A koncentrációgörbe törését a két fázis határán az eltérő koncentrációegységek használata okozza. Analóg módon pl. a hővezetés egymás után elhelyezett anyagban megy végbe, azonban az egyikben Celsius, a másikban Fahrenheit skálát alkalmazunk!



Kialakuló anyagáramok:

$$N_A = k_G(P_A - P_{AF})$$

$$N_A = k_L(C_{AF} - C_A)$$

$$N_A = K_G(P_A - P_A^*)$$

$$N_A, \frac{kmol}{m^2 h}$$

K_G a gázfázisra vonatkoztatott egyesített anyagátbocsátási tényező

Helyettesítsük egyenessel az egyensúlyi görbét

$$P_A - P_{A}^* = P_A - P_{AF} + m(C_{AF} - C_A)$$

Ezen egyenletek átrendezése után kapjuk a gázfázisra vonatkozó egyesített anyagátbocsátási tényezőt:

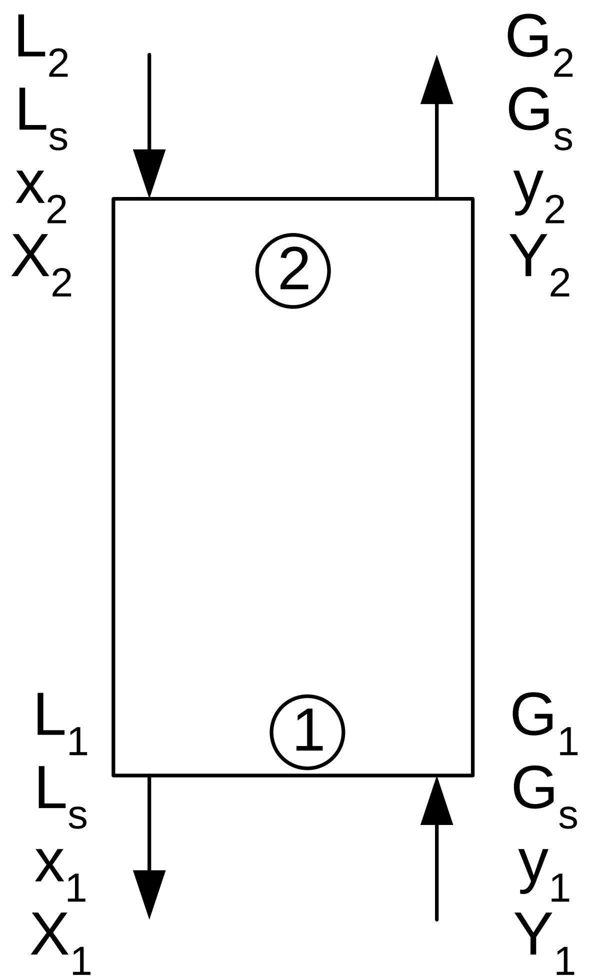
$$P_A - P_{AF} = \frac{k_L}{k_G}(C_{AF} - C_A)$$

$$K_G\left(\frac{k_L}{k_G}(C_{AF} - C_A) + m(C_{AF} - C_A)\right) = k_L(C_{AF} - C_A)$$

$$\frac{1}{K_G} = \frac{1}{k_G} + \frac{m}{k_L}$$

Hasonló levezetés eredménye: $\frac{1}{K_L} = \frac{1}{k_L} + \frac{1}{mk_G}$

Ellenáramú abszorber



Vezessük be az alábbi jelöléseket:

$$X = \frac{x}{1-x} \quad \text{abszorbeált / oldószer}$$

$$Y = \frac{y}{1-y} \quad \text{abszorbeálandó / iners}$$

$$G_S = G(1-y) \qquad L_S = L(1-x)$$

$$G_S = G\frac{1}{1+Y} \qquad L_S = L\frac{1}{1+X}$$

G_1:belépő gázmennyiség; G_S: inert anyagmenyiség

L_2: belépő folyadékmennyiség: L_S: tiszta oldószer mennyiség

Anyagmérleg:

$$G_S\left(Y_1 - Y_2\right) = L_S\left(X_1 - X_2\right)$$

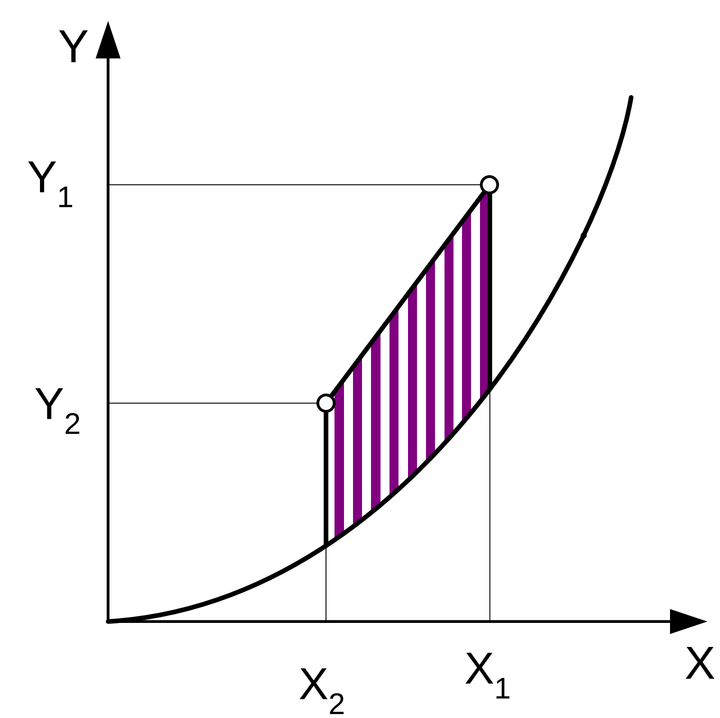
Az oszlop egy tetszőleges pontjában:

$$G_S\left(Y_1 - Y\right) = L_S\left(X_1 - X\right)$$

Fajlagos locsolás:

$$l = \frac{L_S}{G_S} = \frac{Y_1 - Y_2}{X_1 - X_2}$$

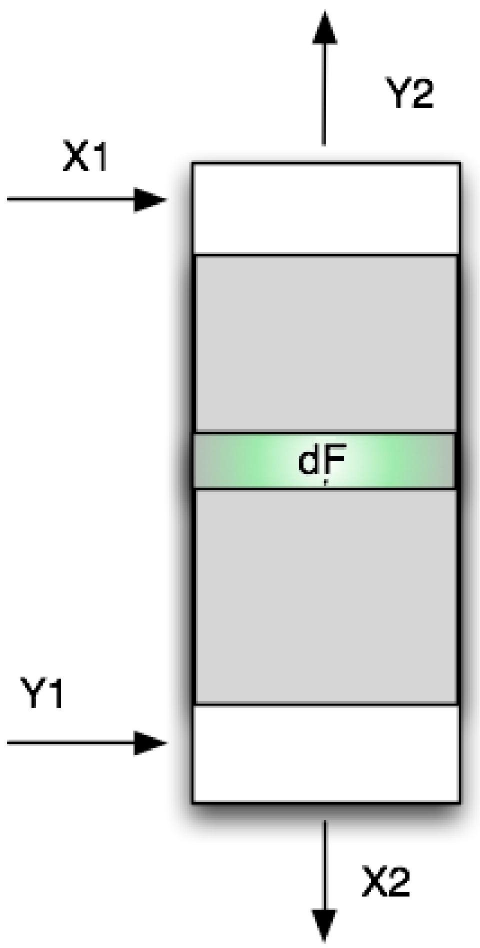
Abszorpciós faktor: $A = \frac{l}{m}$



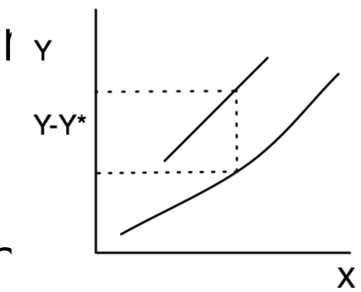
A>1 esetén megvalósítható. Mi történik A<1 esetén???

Töltelékes abszorber méretezése

Műveleti szempontból azt a felületet kell meghatározni, ahol az anyagátadás végbemegy. Tekintsük az alábbi töltelékes oszlopot:



Elemi felületen átadott anyag menn



$$dG_A = K_G\left(Y - Y^*\right)dF$$

A gázfázisból kikerült anyag menn

$$dG_A = -G_S dY$$

Átrendezve a fenti két egyenletet:

$$-\frac{dY}{Y - Y^*} = \frac{K_G dF}{G_S}$$

Elvégezve az integrálást kapjuk a szükséges felületet:

$$\int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y^*} = \frac{K_G F}{G_S} \qquad \int_{Y_2}^{Y_1} \frac{dY}{Y - Y^*} = NTU$$

NTU: átviteli egységszám, gázfázisra vonatkoztatva

Teljes oszlopra felírt anyagmérleg:

$$G_A = G_S\left(Y_1 - Y_2\right) \qquad G_S = \frac{G_A}{\left(Y_1 - Y_2\right)}$$

Az abszorpció során átadott anyagmennyiség:

$$G_A = K_G F \frac{Y_1 - Y_2}{NTU}$$

Töltelékes abszorber méretezésének lépései:

1. Anyagmérleg, minimális locsolás meghatározása
2. Átviteli egységszám meghatározása (NTU)
3. Közepes hajtóerő meghatározása

$$\triangle k = \frac{Y_1 - Y_2}{NTU}$$

4. Kétfilmelméletből ismert egyesített anyagátadási tényező meghatározása (K_G)
5. Anyagátbocsátáshoz szükséges felület meghatározása (F)

$$F = \frac{G}{K_G \triangle k}$$

6. Töltelékkel kitöltendő térfogat:

$$V_t = \frac{F}{\varphi_{ap}} \qquad \varphi_{ap} \quad \text{nedvesített fajl. felület}$$

7. Oszlop km meghatározása

$$\Omega = \frac{\dot{V}}{w}$$

8. Oszlop magasság meghatározása

$$H_t = \frac{V_t}{\Omega}$$

Elárasztási sebesség számítása

Iterációval határozható meg:

$$\lg\left(\frac{w^2 a_p}{g\epsilon^3}\frac{\rho_G}{\rho_L}\mu^{0,16}\right) = -A - 1,75\left(\frac{L}{V}\right)^{0,25}\left(\frac{\rho_G}{\rho_L}\right)^{0,125}$$

A=0,073 abszorpció esetén, A=0,125 rektifikálás esetén

Peremjárás

A lecsurgó folyadék a perem irányába mozdul el, így nagyon hosszú töltelékoszlop esetén száraz rész fog kialakulni. Ez elkerülendő! Folyadék újraelosztó beépítése szükséges!

Ellenáramú elegyszétválasztás kinetikus elmélete

Ha oszlopbetétek alkotják a fázis-határfelületet növelő elemeket, vagy permetező oszlopokat használnak, akkor az anyag- és hőcserében részt vevő fázisok a teljes oszlopmagasság mentén érintkeznek egymással. Ebben az esetben az elválasztó fokozatok elmélete helyett (amely csak a fokozaton belüli fázisérintkeztetést enged meg) az ellenáramú elválasztásnak a kinetikus elméletét alkalmazzuk.

Tegyük fel, hogy az oszlop mentén a folyadék és gázáramok konstansak. Az oszlop egy dz magasságában kicserélt anyag:

$$dN = \dot{G}dy = \dot{L}dx$$

$$dN = k_G\left(y - y^*\right)dA$$

Valamint korábbról:

$$dA = aA_q dz\eta$$

Az elemi felület az alábbi összefüggéssel számolható:

$$\dot{G}dy = k_G\left(y - y^*\right)\eta a A_g dz$$

Majd kifejezve dz-t és integrálva:

$$Z = \underbrace{\frac{\dot{G}}{k_G \eta a A_q}}_{\mathrm{HTU}} \underbrace{\int \frac{dy}{y - y^*}}_{\mathrm{NTU}}$$

NTU: átviteli egységek száma; HTU: átviteli egységmagasság

HTU meghatározása

Kellő mennyiségű mérési adat birtokában a HTU értéke meghatározható hasonlósági kritériumok segítségével.

$$HTU = H_G + \frac{H_L}{A}$$

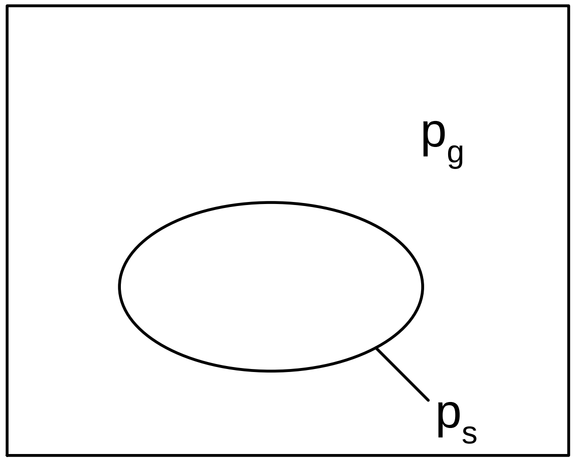
A: abszorpciós faktor

$$H_L = a\left(\frac{L}{\eta}\right)Sc^b$$

$$H_G = \frac{cG^d}{L^e}Sc^f$$

$$Sc = \frac{\nu}{D}$$

Szárítás elméleti alapjai



p_g: a nedvesítő folyadék gőzének parciális nyomása a felület mentén
p_s: a nedvesítő folyadék gőzének nyomása a szárító közegben

$p_g > p_s$: szárítás $p_s > p_g$: nedvesítés

A szárító közeg általában a levegő. Levegő jellemzése: ideális gáztörvénnyel!

$$p \cdot V = n \cdot R \cdot T \qquad p \cdot \frac{V}{m} = \frac{R \cdot T}{M} \Rightarrow \frac{1}{\rho} = \frac{R \cdot T}{p \cdot M} \Rightarrow \rho = \frac{p \cdot M}{R \cdot T}$$

A levegő nyomása:

Relatív nedvességtartalom:

$$\varphi = \frac{\rho_g}{\rho_{gt}} = \frac{p_g \cdot M_{víz}}{R \cdot T} \cdot \frac{R \cdot T}{p_{gt} \cdot M_{víz}} = \frac{p_g}{p_{gt}}$$

Abszolút nedvességtartalom: (1 kg száraz levegőben lévő nedvesség kg-ban)

(1+x) = 1 kg száraz levegő + x kg nedves levegő

$$x = \frac{\rho_g}{\rho_l} = \frac{p_g \cdot M_{víz}}{R \cdot T} \cdot \frac{R \cdot T}{p_l \cdot M_l} = \frac{M_{víz}}{M_{lev}} \frac{p_g}{p_l} = \frac{18}{29} \frac{p_g}{p - p_g} = 0{,}622 \frac{p_g}{p - p_g}$$

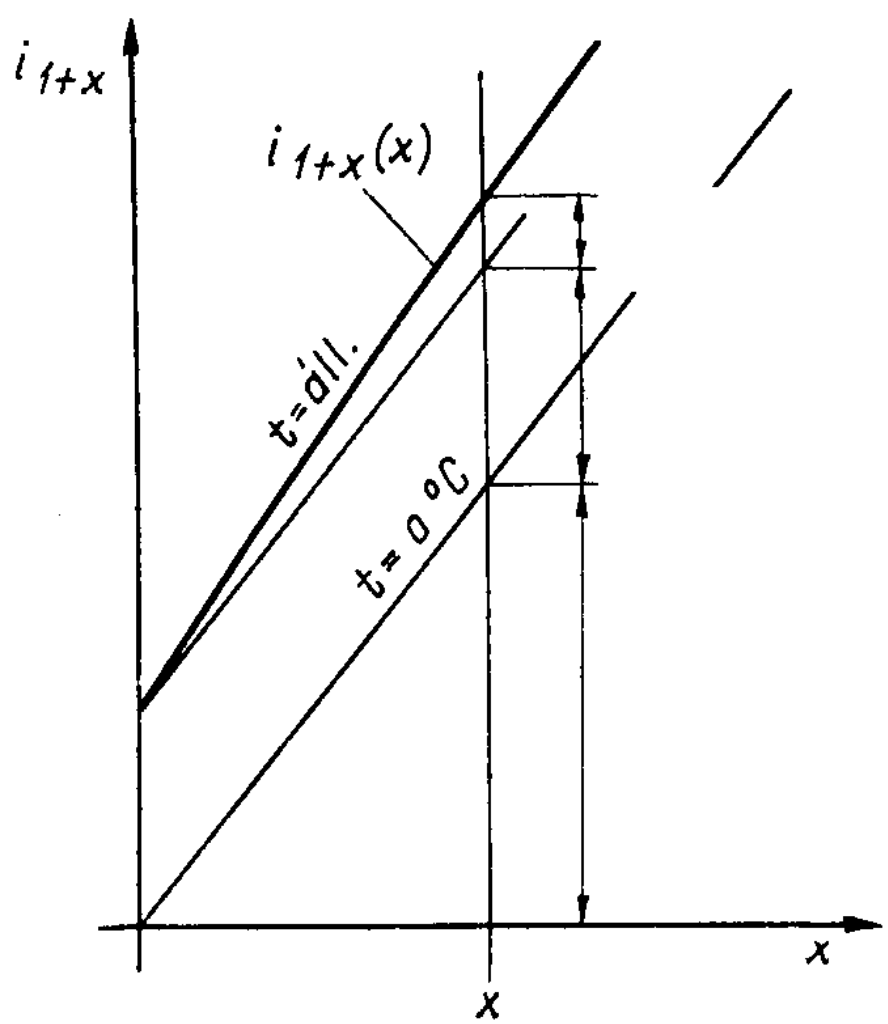
Nedves levegő hőtartalma (1 kg száraz levegőre és x kg nedves levegőre vonatkozik)

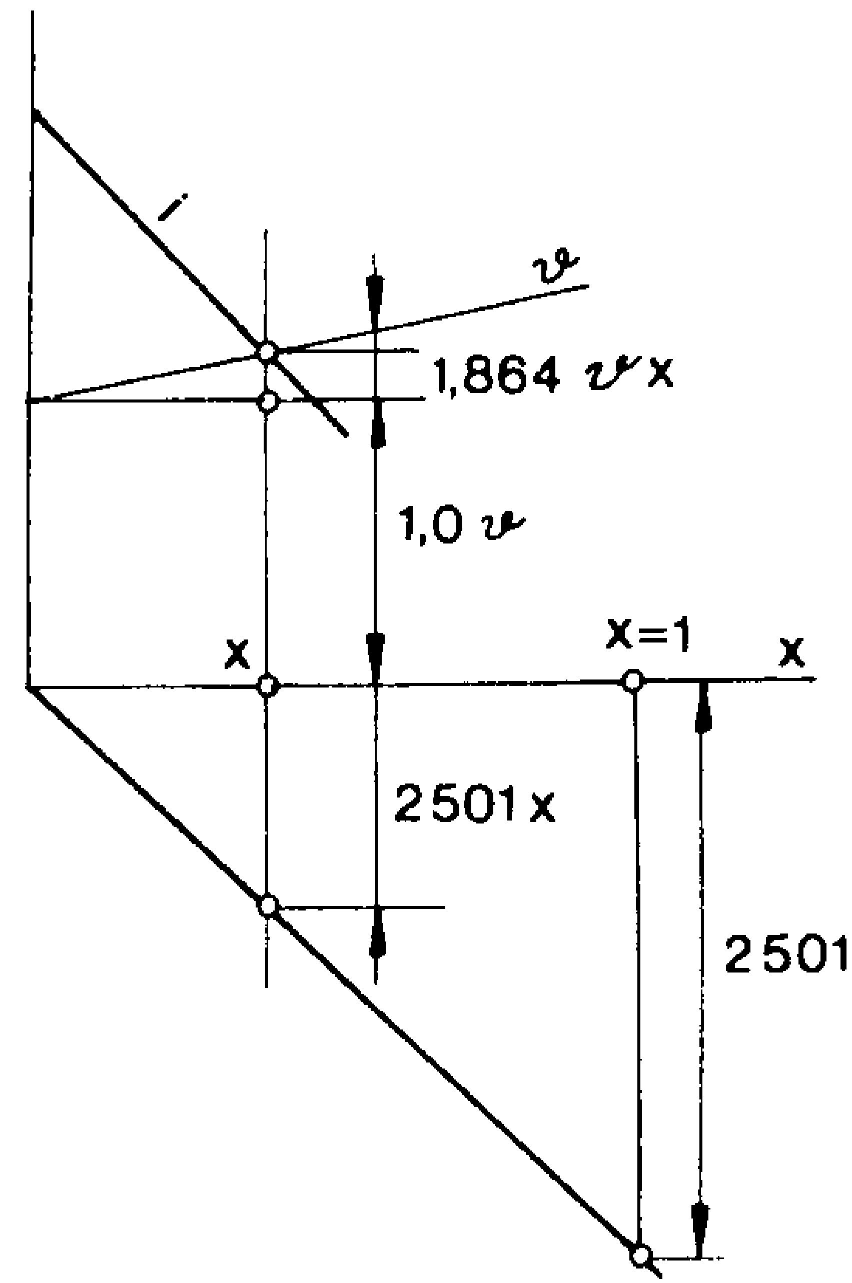
Megállapodás:

$$\boxed{i = c_l \cdot t + x \cdot (r_0 + c_g \cdot t) = (c_l + x \cdot c_g) \cdot t + r_0 \cdot x} \qquad c_l = 1\frac{kJ}{kgK}; \quad r_0 = 2501\frac{kJ}{kg}; \quad c_g = 1{,}864\frac{kJ}{kgK}$$

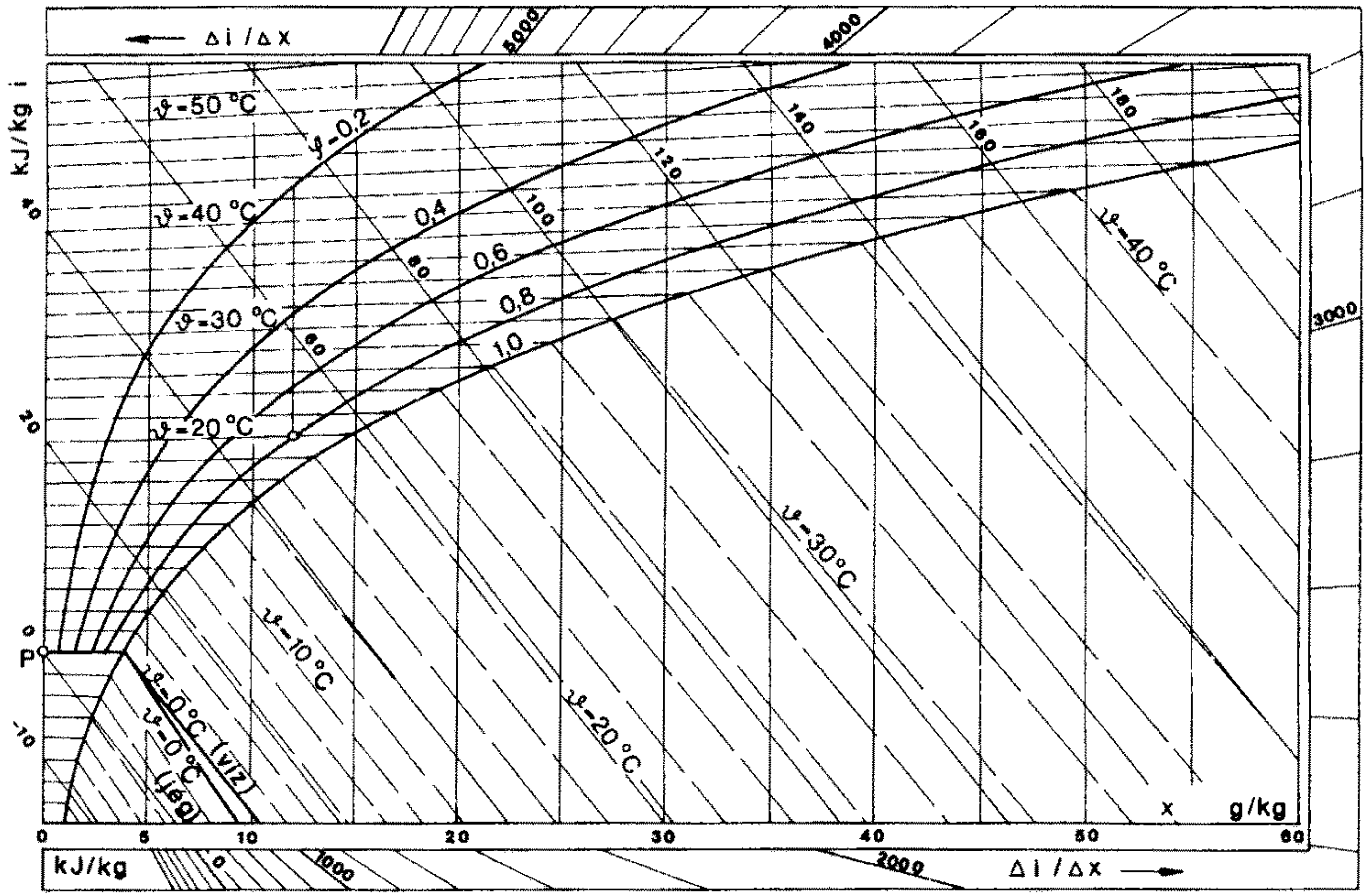
Izoterma egyenlete:

$$\boxed{\left(\frac{\partial i}{\partial x}\right)_{t=áll} = c_g \cdot t + r_0}$$





Mollier, Ramzin stb. i-x diagram



Kétfázisú területen:

t > 0 pára kicsapódás, harmat

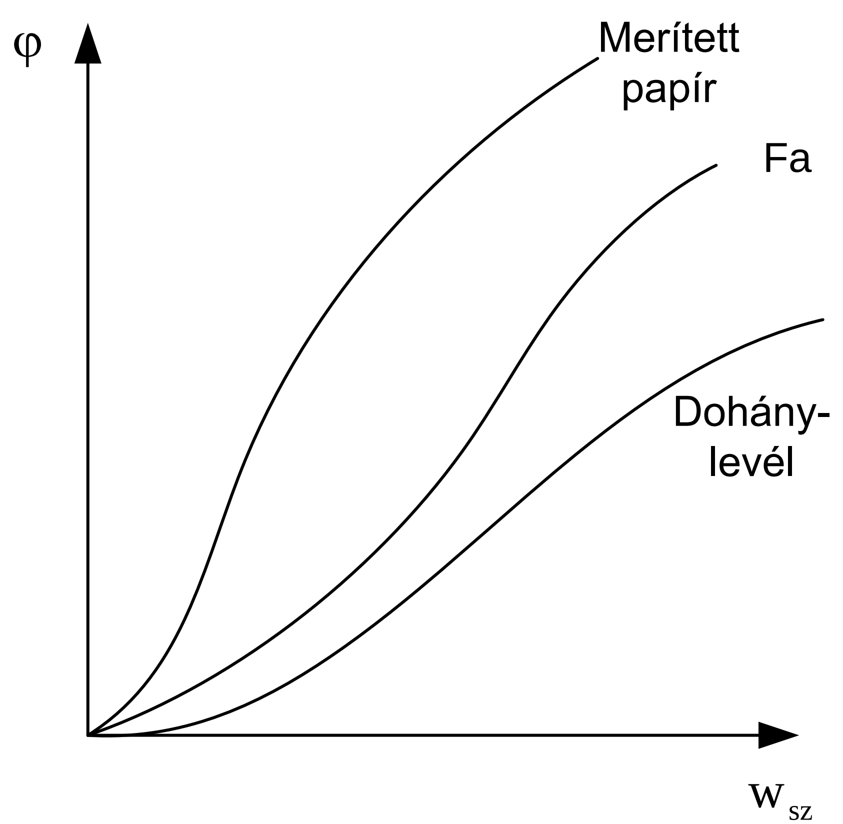
t < 0 jég képződés, zuzmara

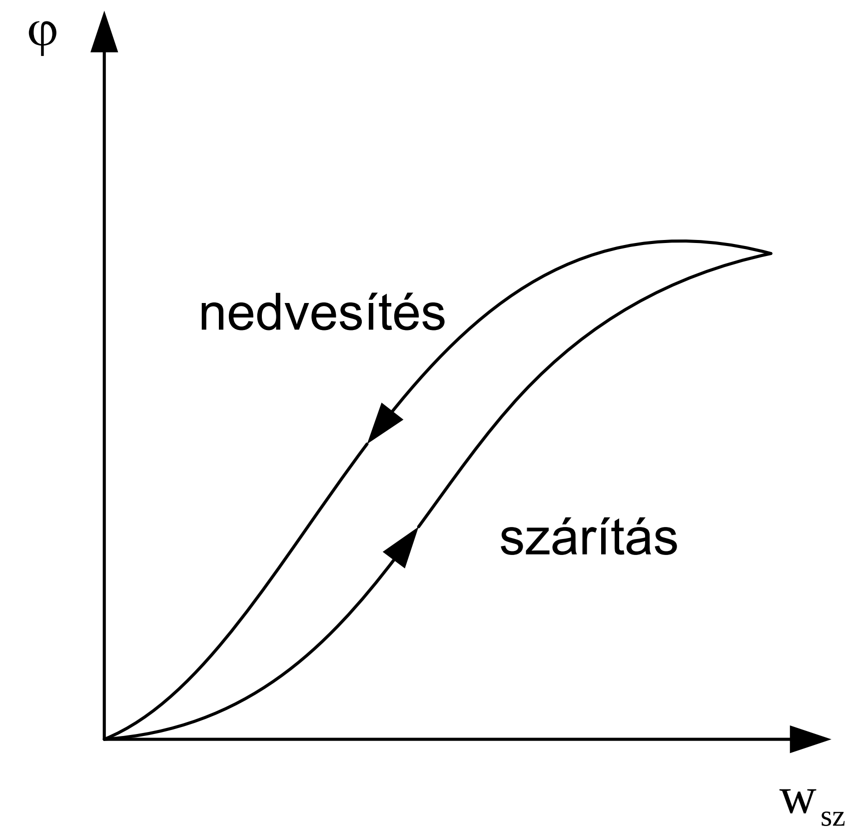
Nedves anyag jellemzése

Nedves anyagra vonatkozó nedvességtartalom: $w = \dfrac{m_n}{m_n + m_{sz}}$

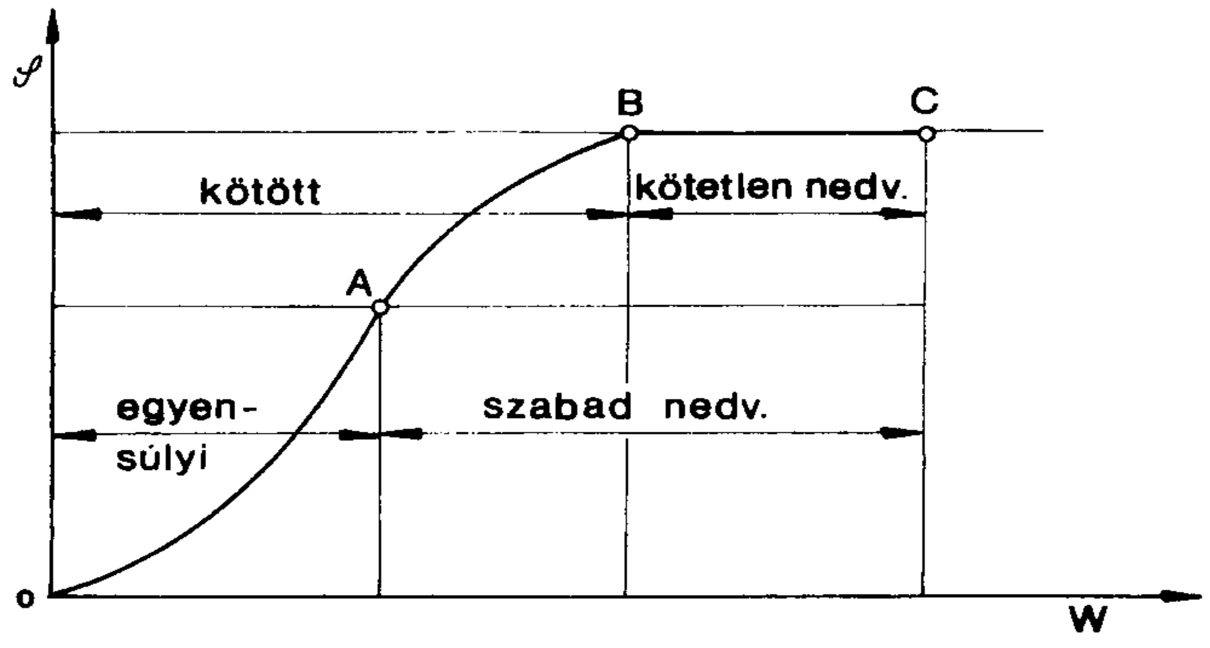
Száraz anyagra vonatkozó nedvességtartalom: $w_{sz} = \dfrac{m_n}{m_{sz}}$

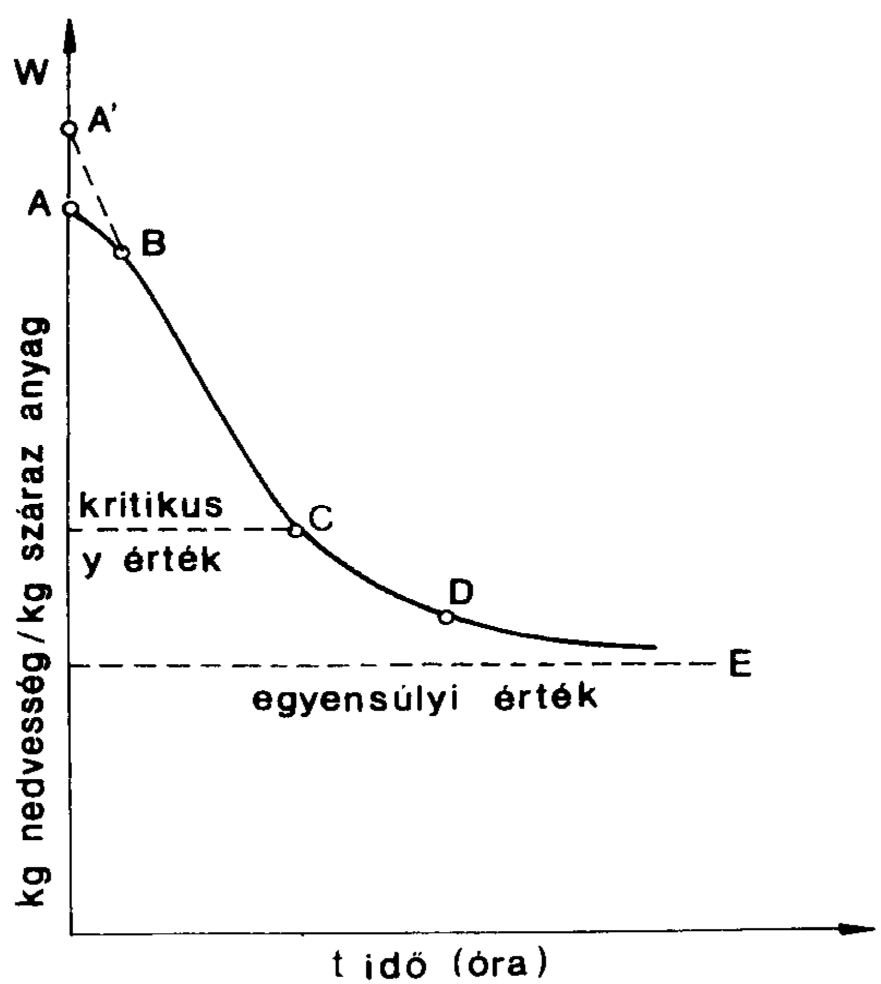
Egyensúly a nedves anyag és a szárító közeg között

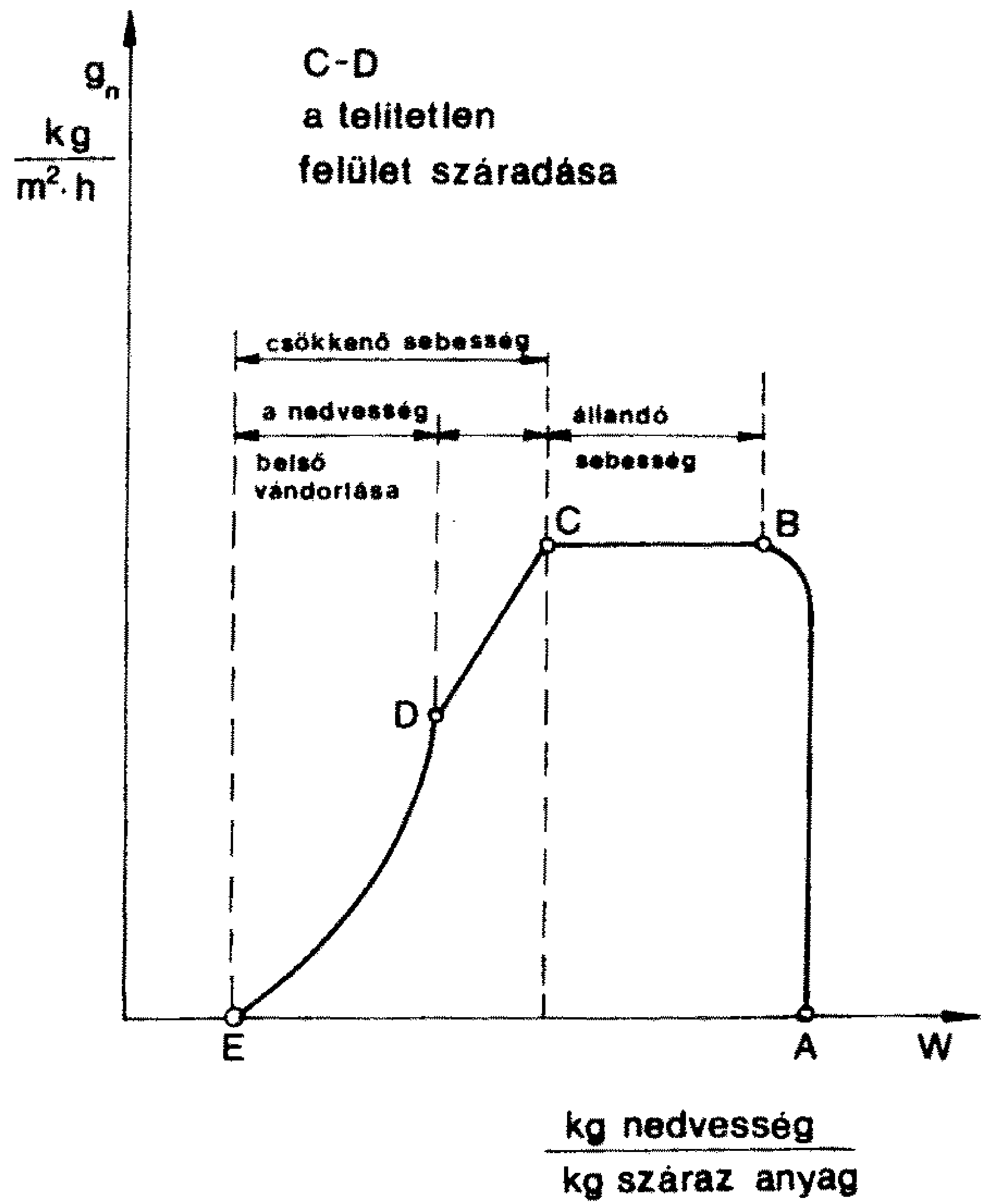




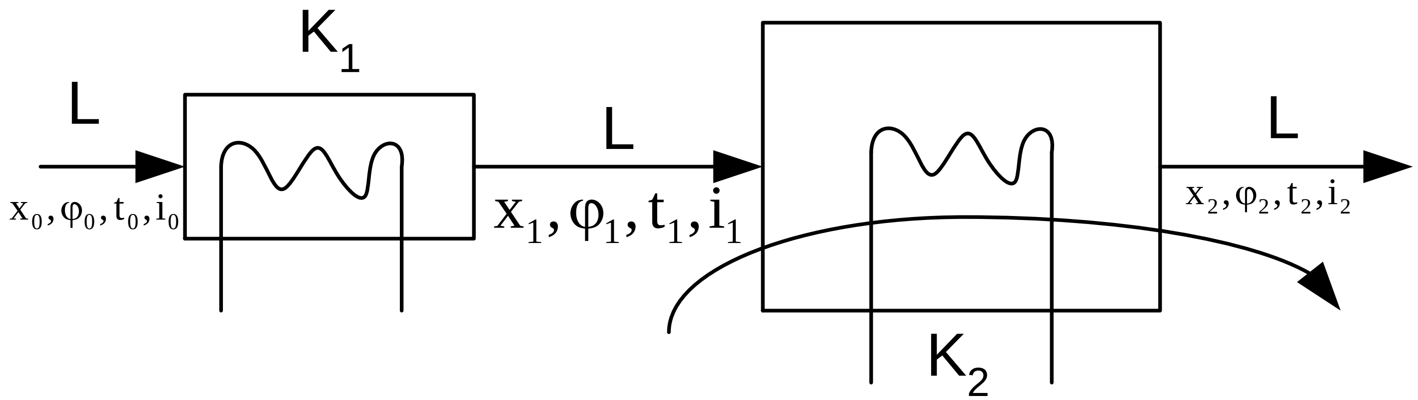
Száraz anyagban lévő nedvesség felosztása, száradási sebesség

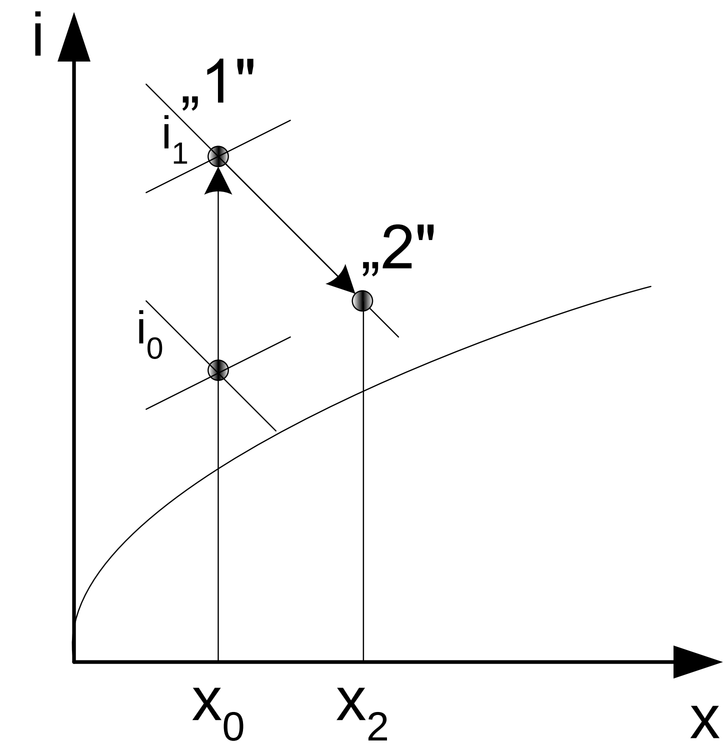






Elméleti szárító





Anyagmérleg:

$$L \cdot x_0 + víz = L \cdot x_2$$

$$víz = L \cdot (x_2 - x_0)$$

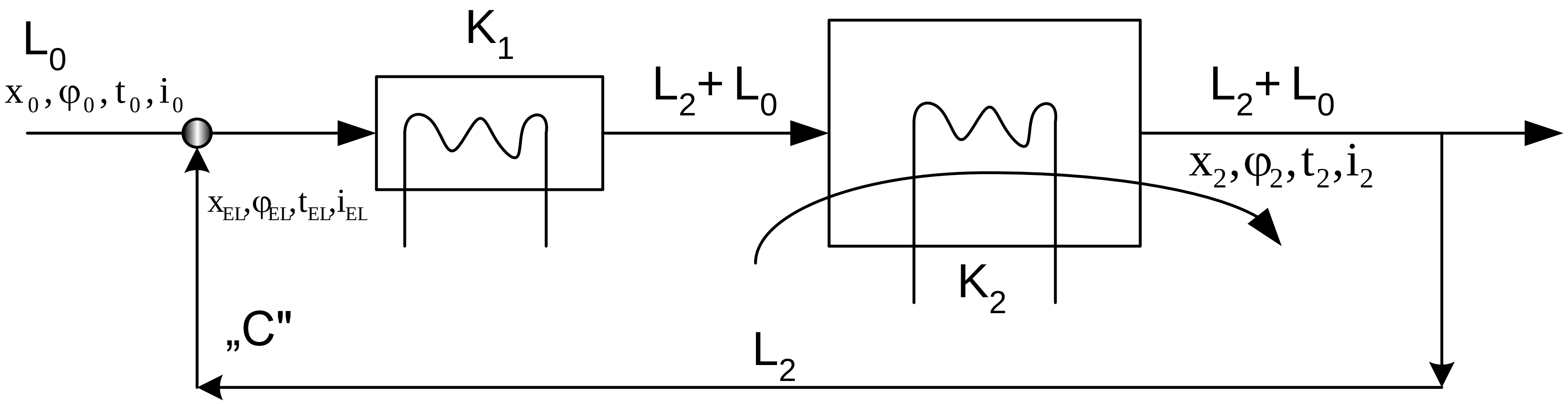
$$l = \frac{L}{víz} = \frac{1}{x_2 - x_0}$$

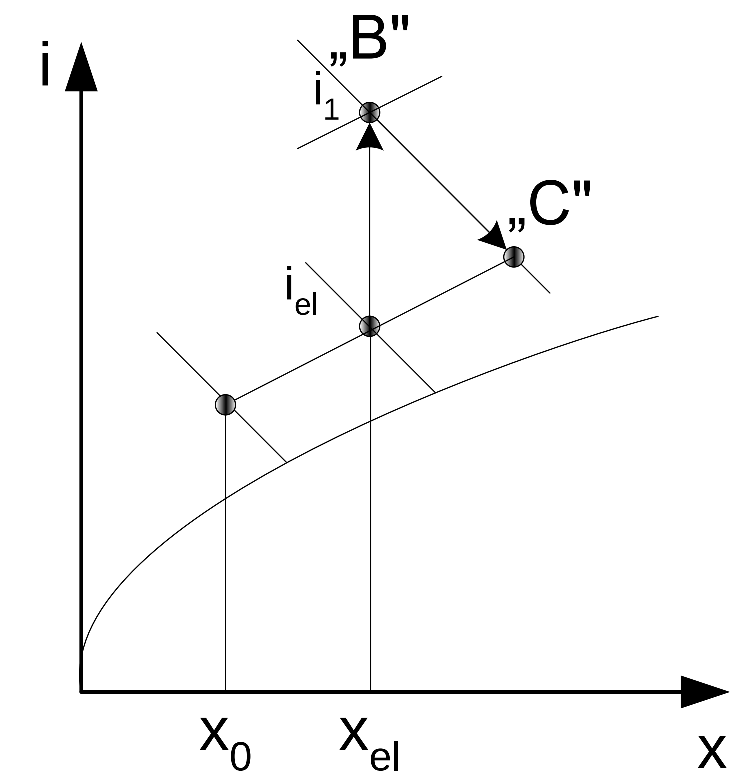
Energiaszükséglet:

$$Q = L \cdot (i_2 - i_0) = l \cdot víz \cdot (i_2 - i_0)$$

$$\frac{Q}{víz} = q = l \cdot (i_2 - i_0) = \frac{i_2 - i_0}{x_2 - x_0}$$

Cirkulációs szárító





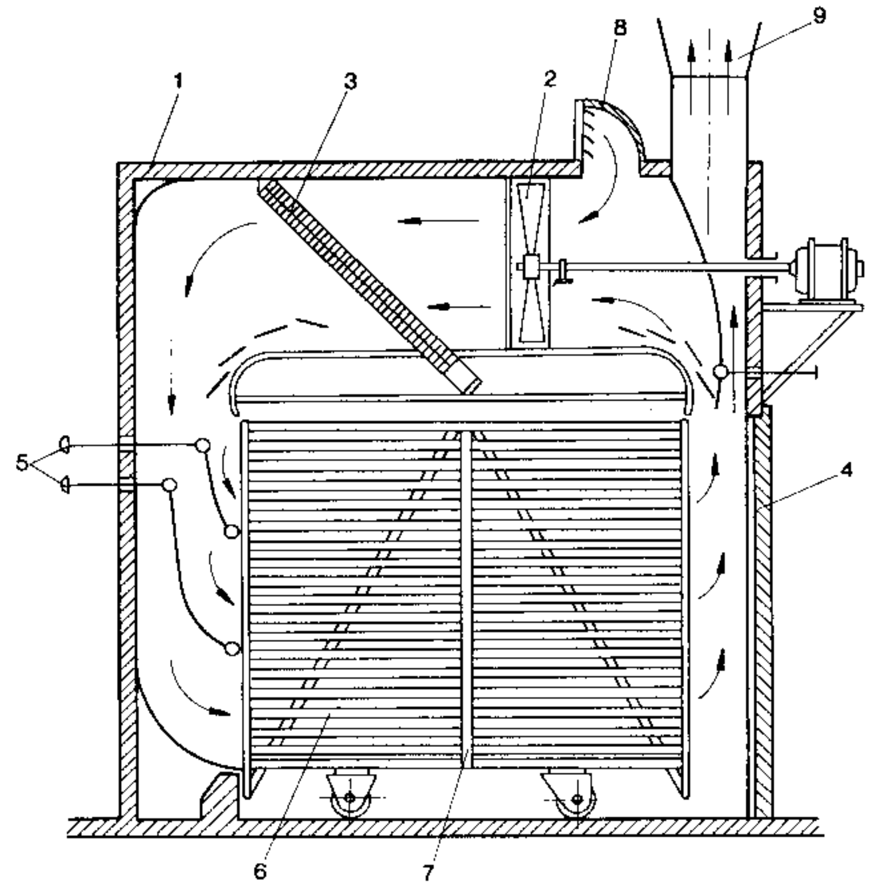
Anyagmérleg:

$$L \cdot x_0 + L_2 \cdot x_2 = L_{el} \cdot x_{el}$$

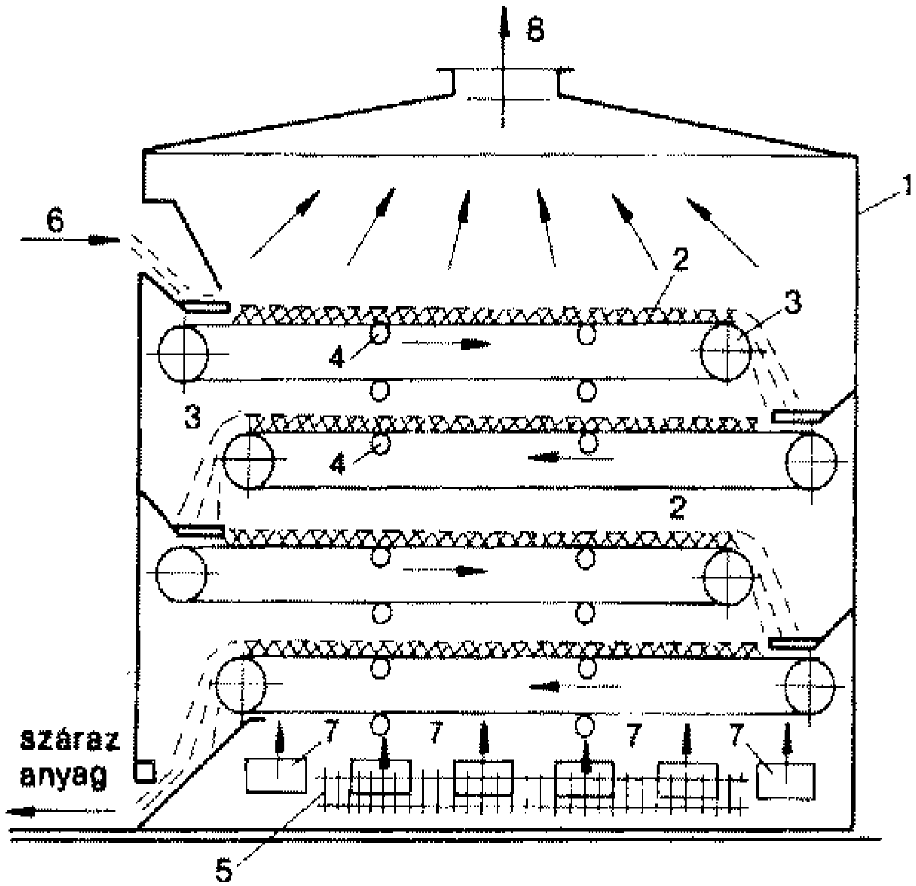
$$x_{el} = \frac{L_0 x_0 - L_2 x_2}{L_0 + L_2}$$

$$i_{el} = \frac{L_0 i_0 - L_2 i_2}{L_0 + L_2}$$

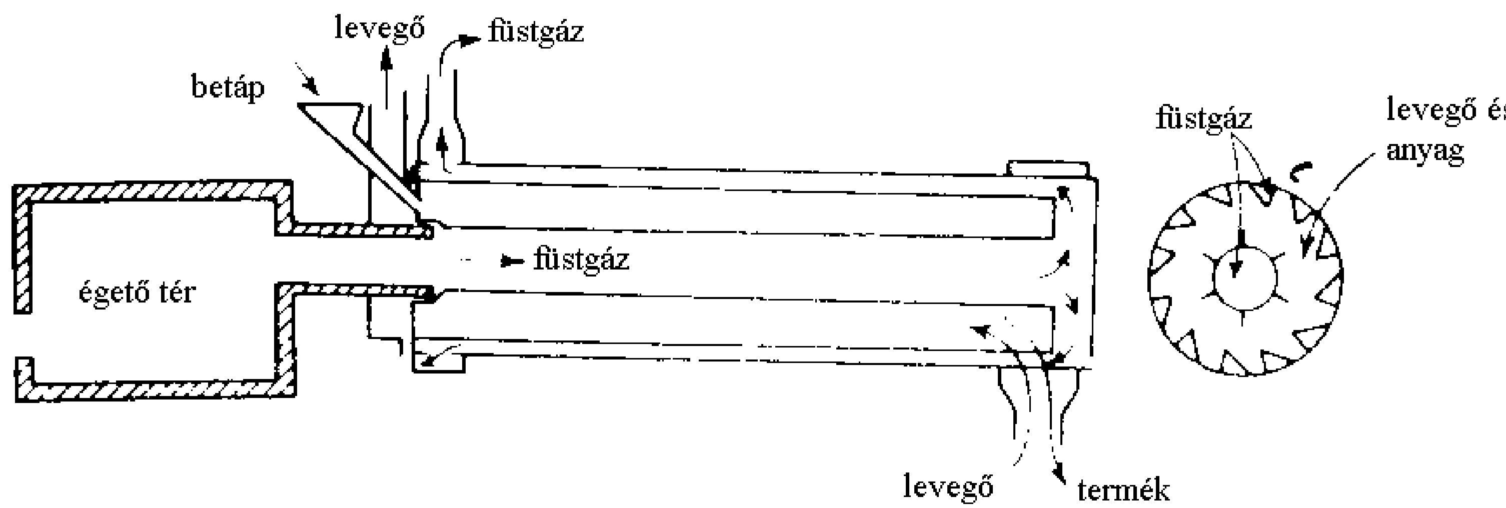
Cirkulációs arány: $n = \frac{L_2}{L_0}$

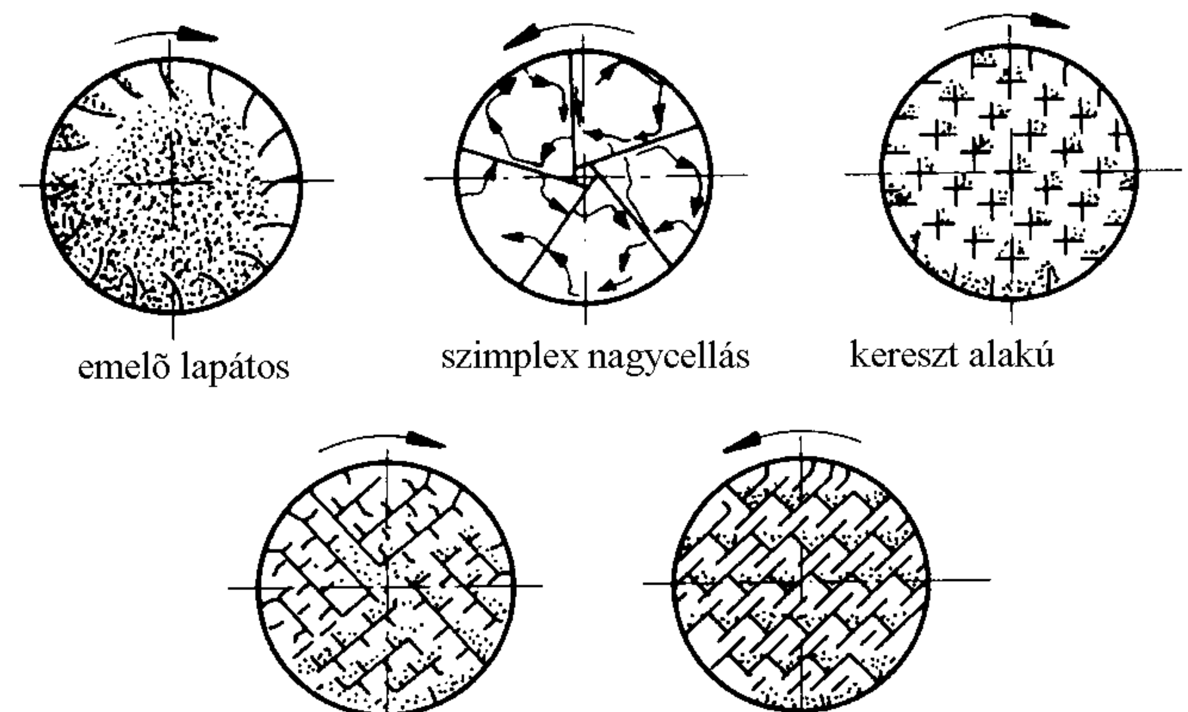


Szalagszárító

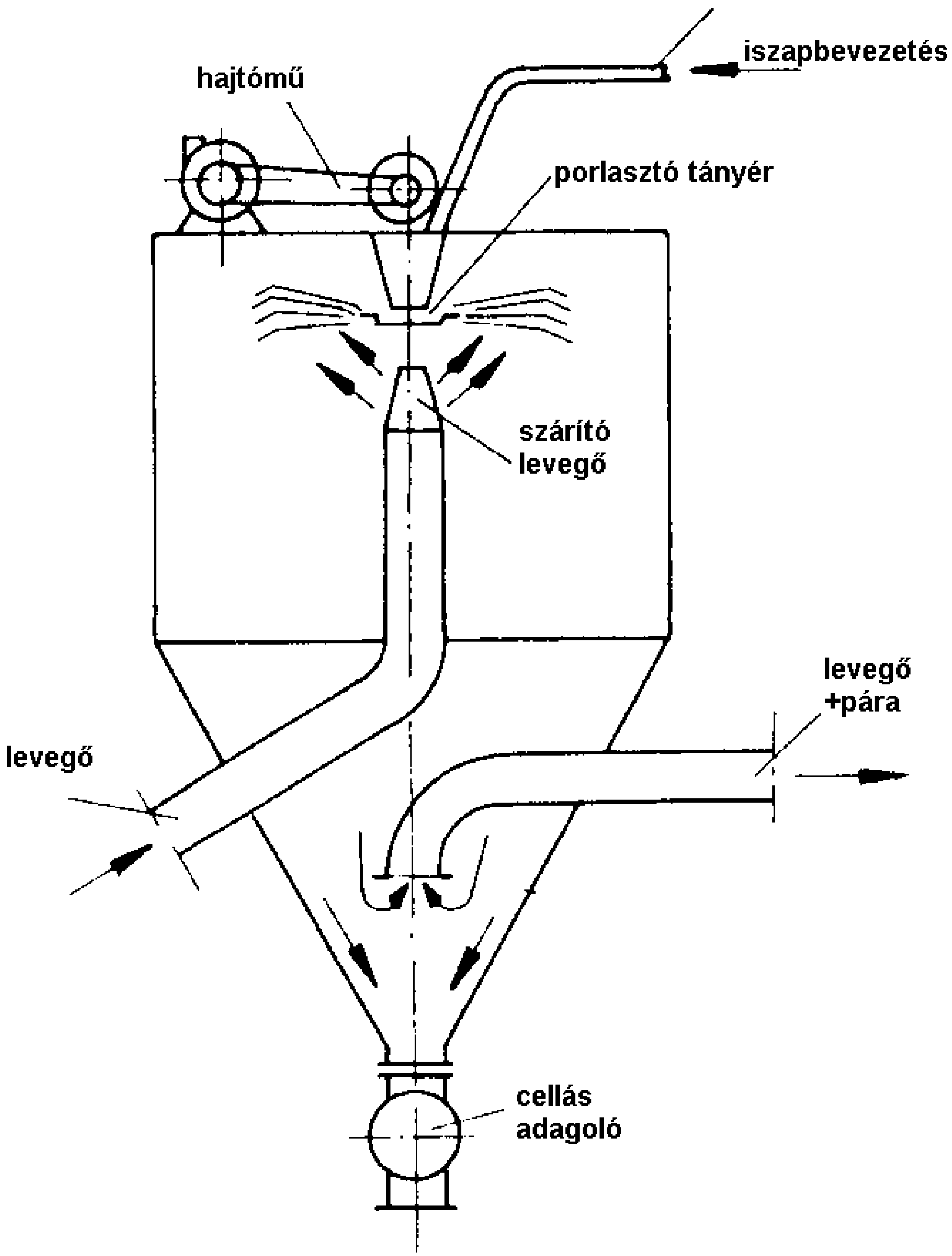


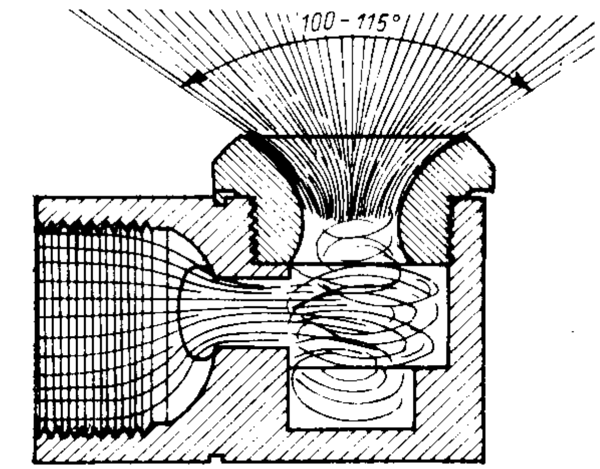
Dobszárító

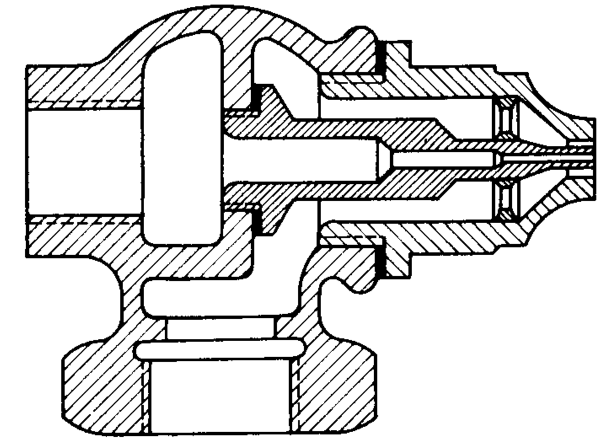


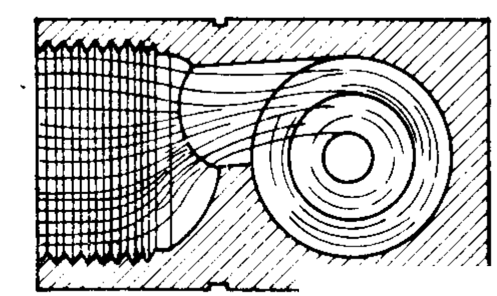


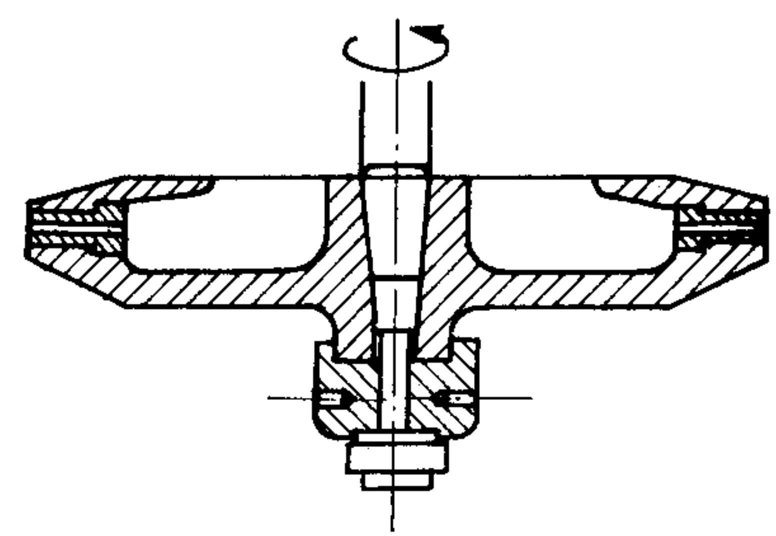
Porlasztó szárító











Kontakt tálcás vákuumszárító