

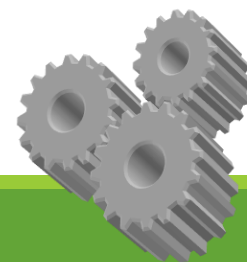
SZENT ISTVÁN
EGYETEM

ÉLELMISZERTUDOMÁNYI KAR, BUDAPEST

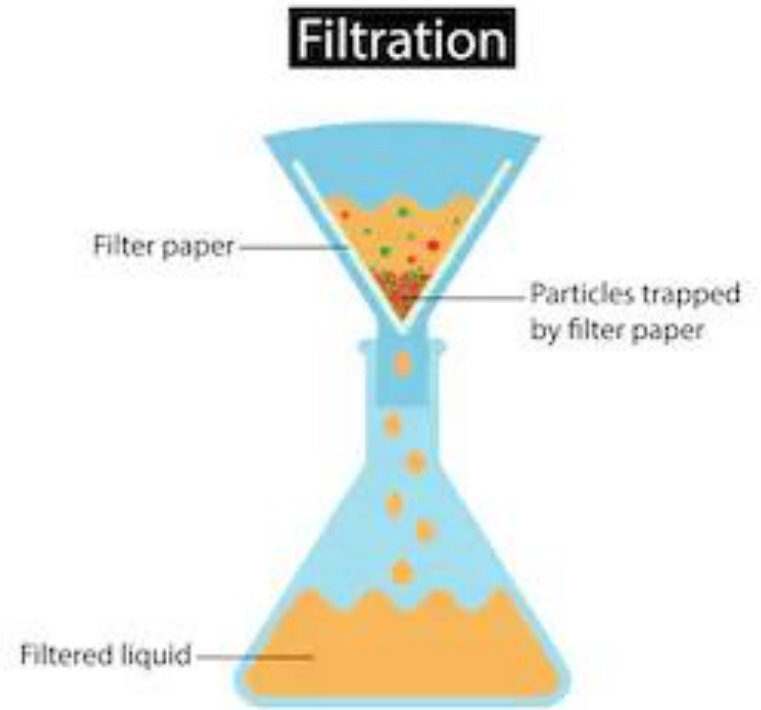
A pálinkakészítés műveletei és berendezései

Dr. Bánvölgyi Szilvia

Banvolgyi.Szilvia@szie.hu



Szűrés

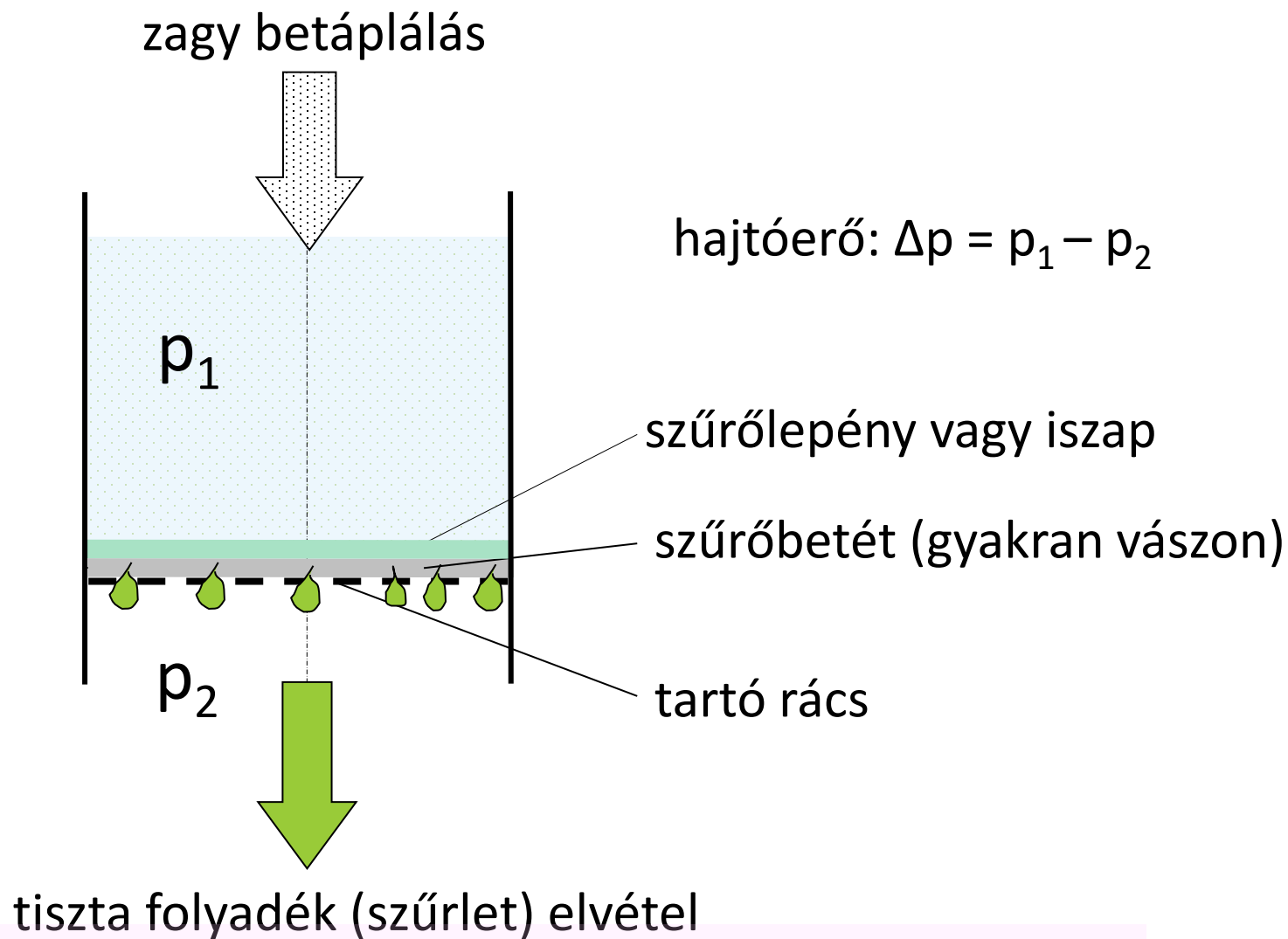


shutterstock.com • 1175353660

Bevezetés

- Szűrésnek nevezzük azt a szétválasztási műveletet, amelyben fluidumból lebegő szilárd részeket választunk le.
- Szűréssel elválasztható például a zagyból a szilárd anyag és így tiszta folyadékot kapunk:
 - szennyvizek tisztítása
 - középpárlat érlelés utáni szűrése zavarosság csökkentésére
 - cukorgyártásnál a nyerslé tisztítására
 - nyers napraforgó olaj viaszmentesítése
- Poros gázból, levegőből leválasztható a szilárd por és tiszta gázhoz, levegőhöz jutunk.

Bevezetés



A szűrés modellezése

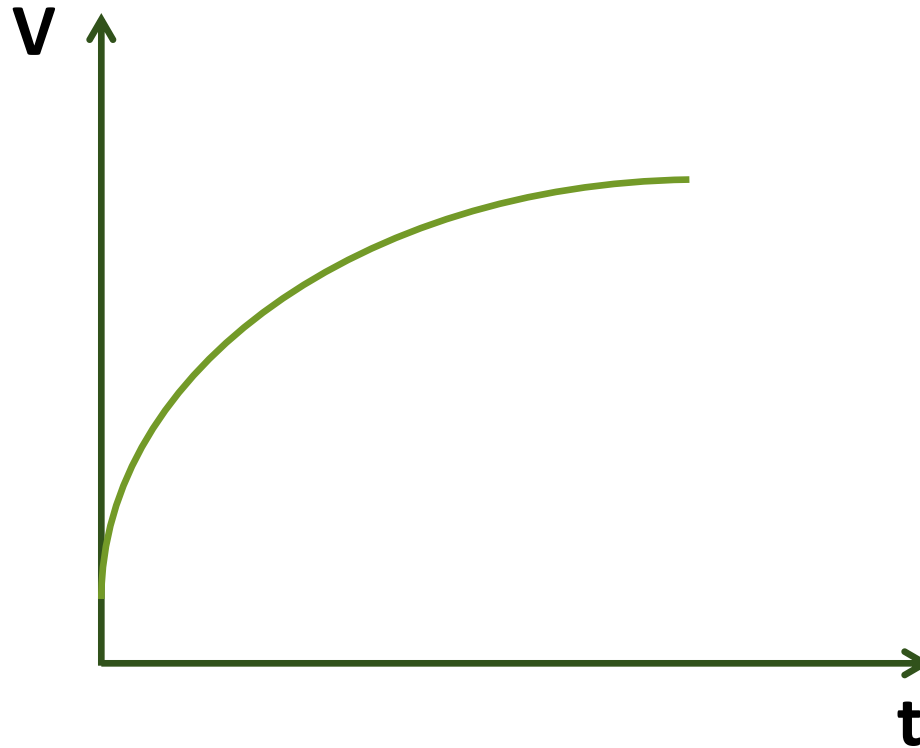
- *Darcy* szűrési differenciálegyenlete (Darcy formula):

$$v = \frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{\Delta p}{\eta \cdot (\ell + \ell')}$$

ahol	v	a szűrés sebessége, m/s
	A	a szűrőbetét (szűrővászon) felülete, m ²
	V	a szűrlet térfogata, m ³
	t	szűrési idő, s
	K	a szűrő áteresztőképessége, m ³ ·s/kg
	ℓ	az iszapréteg vastagsága, m
	ℓ'	a szűrővászon ellenállásával azonos ellenállású iszapréteg vastagsága, m
	Δp	a nyomáskülönbség a szűrő két oldala között, Pa
	η	a szűrlet dinamikai viszkozitása, Pa·s

A szűrés modellezése

- A szűrlettérfogat (V) az idő függvényében parabolikusan nő:



A szűrés modellezése

- Belátható, hogy az iszapréteg vastagsága arányos a szűrlet V mennyiségével:

$$\ell = k \cdot \frac{V}{A}$$

- ahol k arányossági tényező, dimenziómentes
- A szűrővászonnal egyenértékű iszapréteg vastagságot (ℓ') hasonló megfontolással felírhatjuk egy V' **hipotetikus szűrletterfogat**tal, amelynek áthaladásakor a szűrővászonnal egyenértékű ellenállású ℓ' vastagságú iszapréteg keletkezne:

$$\ell' = k \cdot \frac{V'}{A}$$

A szűrés modellezése

- Ezzel a két összefüggéssel az ℓ és ℓ' változókat kifejeztük V és V' változókkal. A Darcy-formulába behelyettesítve, a differenciálegyenlet megoldhatóvá válik:

$$\frac{1}{A} \cdot \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{\Delta p}{\eta \cdot \frac{k}{A} \cdot (V + V')}$$

- Vezessük be a $\frac{k}{K} = 2 \cdot C$ jelölést
- Itt a C a szűrési állandó, m^{-4}

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2}{2 \cdot C \cdot \eta} \cdot \frac{\Delta p}{V + V'} = \frac{A^2 \cdot \Delta p}{2 \cdot C \cdot \eta \cdot V + 2 \cdot C \cdot \eta \cdot V'}$$

A szűrési állandók meghatározása

- A szűrést általában Δp állandó értéken tartásával végzik, így a differenciálegyenletben csak V és t a változók, az egyenlet integrálható.
- C -t és V' -t kísérleti úton kell meghatározni. Ehhez vegyük az utolsóként felírt differenciálegyenlet reciprok értékét:

$$\frac{dt}{dV} = \frac{2 \cdot C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot V + \frac{2 \cdot C \cdot \eta \cdot V'}{A^2 \cdot \Delta p}$$

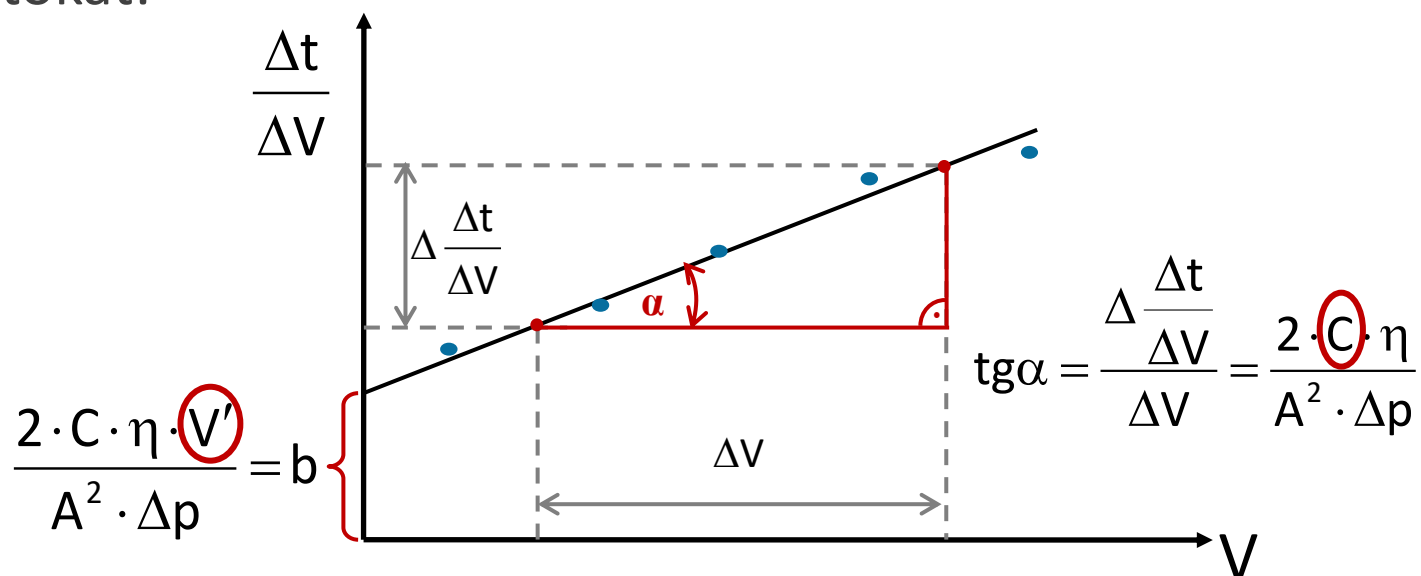
- Ebből az összefüggésből látszik, hogy a $\frac{dt}{dV} \sim V$

A szűrési állandók meghatározása

$$\underbrace{\frac{dt}{dV}}_y = \underbrace{\frac{2 \cdot C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p}}_a \cdot \underbrace{V}_{x} + \underbrace{\frac{2 \cdot C \cdot \eta \cdot V'}{A^2 \cdot \Delta p}}_b$$

y = a · x + b

- Mérjük a t és V értéket, $\Delta t / \Delta V$ értékeket kiszámítjuk és felrajzoljuk a mérési pontokat:



Szűrési idő meghatározása

- A szűrés idő vagy a szűrőfelület számításához az előbbi differenciálegyenletet szétválasztjuk és integráljuk:

$$\int_0^t dt = \frac{2 \cdot C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \int_0^V (V + V') \cdot dV$$

$$t = \frac{2 \cdot C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot \left(\frac{V^2}{2} + V' \cdot V \right) = \frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot V^2 + \frac{2 \cdot C \cdot \eta \cdot V'}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot V$$

Üzemi berendezés méretezése

- Az üzemi berendezés A és V' , valamint a labor A_{lab} és V'_{lab} közötti összefüggést át kell számolni:

$$V' = V'_{\text{lab}} \cdot \frac{A}{A_{\text{lab}}}$$

- Ezzel az üzemi berendezésben a szűrési idő:

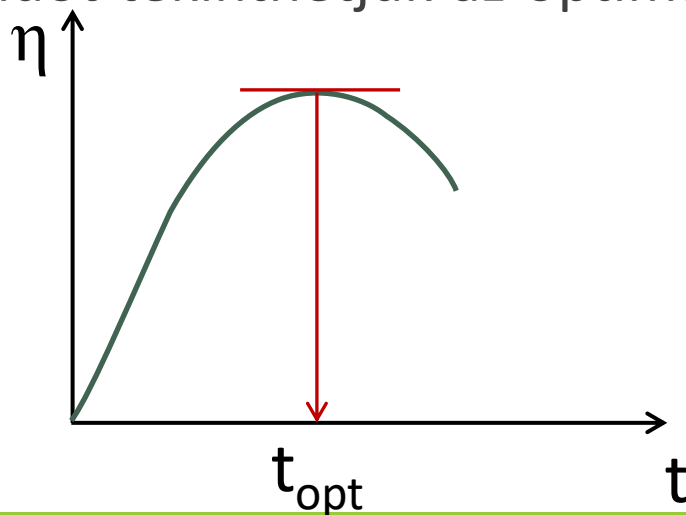
$$t = \frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot \left[V^2 + 2 \cdot \left(\frac{A}{A_{\text{lab}}} \right) \cdot V_{\text{lab}}' \cdot V \right]$$

Optimális szűrési idő

- Jelöljük a holtidőt t_h -val, a szűrési időt t -vel és a szűrés termelékenységének (η) jellemzésére az egységnyi időre vonatkoztatott szűrlettérfogatot:

$$\eta = \frac{V}{t + t_h}$$

- A szűrés termelékenysége az idő függvényében maximumos görbe lesz, az ahhoz tartozó időt tekinthetjük az optimális szűrési időnek (t_{opt}):



Optimális szűrési idő meghatározása

1. Algebrai módszer

Az η_{sz} maximumának meghatározását elvégezhetjük algebrai vagy grafikus módszerrel.

Ha mérésből meghatároztuk C -t és V' -t, akkor a szűrés hatékonysága algebrailag felírható:

$$\eta_{sz} = \frac{V}{t + t_h} = \frac{V}{\frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V^2 + V' \cdot V) + t_h}$$

Optimális szűrési idő meghatározása

- η_{sz} -nak ott lehet szélsőértéke ahol $\frac{d\eta_{sz}}{dV} = 0$
- Deriválva a η_{sz} - V összefüggést V szerint, felhasználva a tört deriválási szabályát:

$$\frac{d\eta_{sz}}{dV} = \frac{1 \cdot \left[\frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V^2 + V' \cdot V) + t_h \right] - V \cdot \frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (2 \cdot V + V')}{\left[\frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V^2 + V' \cdot V) + t_h \right]^2}$$

Optimális szűrési idő meghatározása

- A tört értéke nulla, ha a számlálója 0, ugyanakkor a nevezője nem 0. Esetünkben a nevező pozitív. A számlálót egyenlővé téve nullával, majd végigszorozva $A^2 \cdot \Delta p$ -vel és osztva $C \cdot \eta$ -val, a következő tagokat kapjuk:

$$V^2 + V' \cdot V + \frac{A^2 \cdot \Delta p}{C \cdot \eta} \cdot t_h - 2 \cdot V^2 - V' \cdot V = 0$$

$$\frac{A^2 \cdot \Delta p \cdot t_h}{C \cdot \eta} = V^2$$

$$V_{\text{opt}} = A \cdot \sqrt{\frac{\Delta p \cdot t_h}{C \cdot \eta}}$$

Optimális szűrési idő meghatározása

- Az optimális szűrési időt megkapjuk, ha a $t \sim V$ összefüggésbe behelyettesítjük V_{opt} értékét:

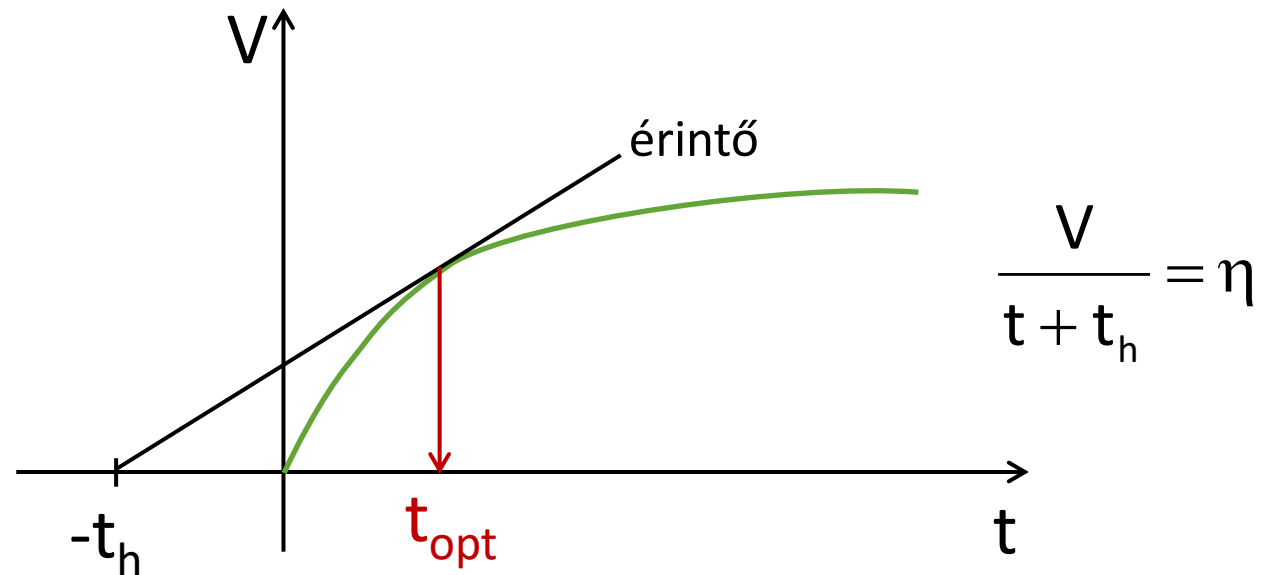
$$t = \frac{C \cdot \eta}{A^2 \cdot \Delta p} \cdot (V^2 + 2 \cdot V' \cdot V)$$

$$t_{\text{opt}} = t_h + \frac{2 \cdot V'}{A} \cdot \sqrt{\frac{C \cdot \eta \cdot t_h}{\Delta p}}$$

Optimális szűrési idő meghatározása

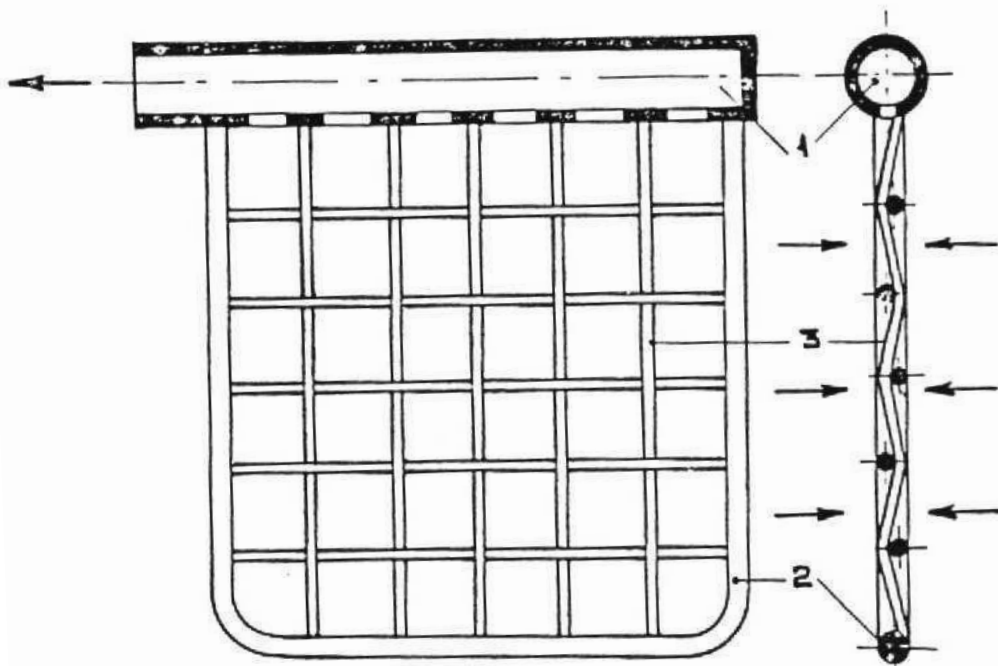
2. Grafikus módszer

Ha a szűrési állandót (C) és a hipotetikus szűrlettérfogatot (V') nem számoljuk ki, de ismert a mérési $V \sim t$ görbe, az optimális szűrési időt grafikusan is meghatározhatjuk:



Szűrőberendezések

Táskás szűrő

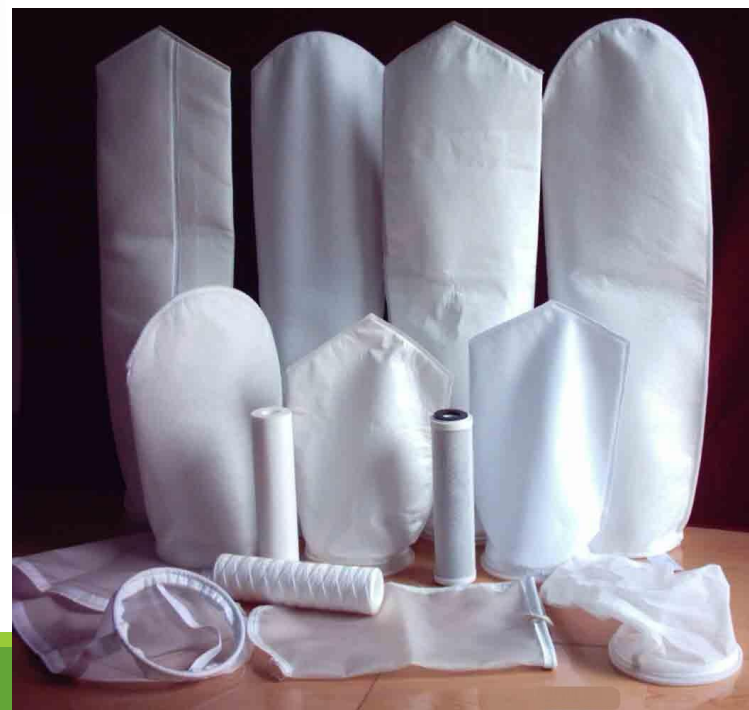


1. elvezetőcső

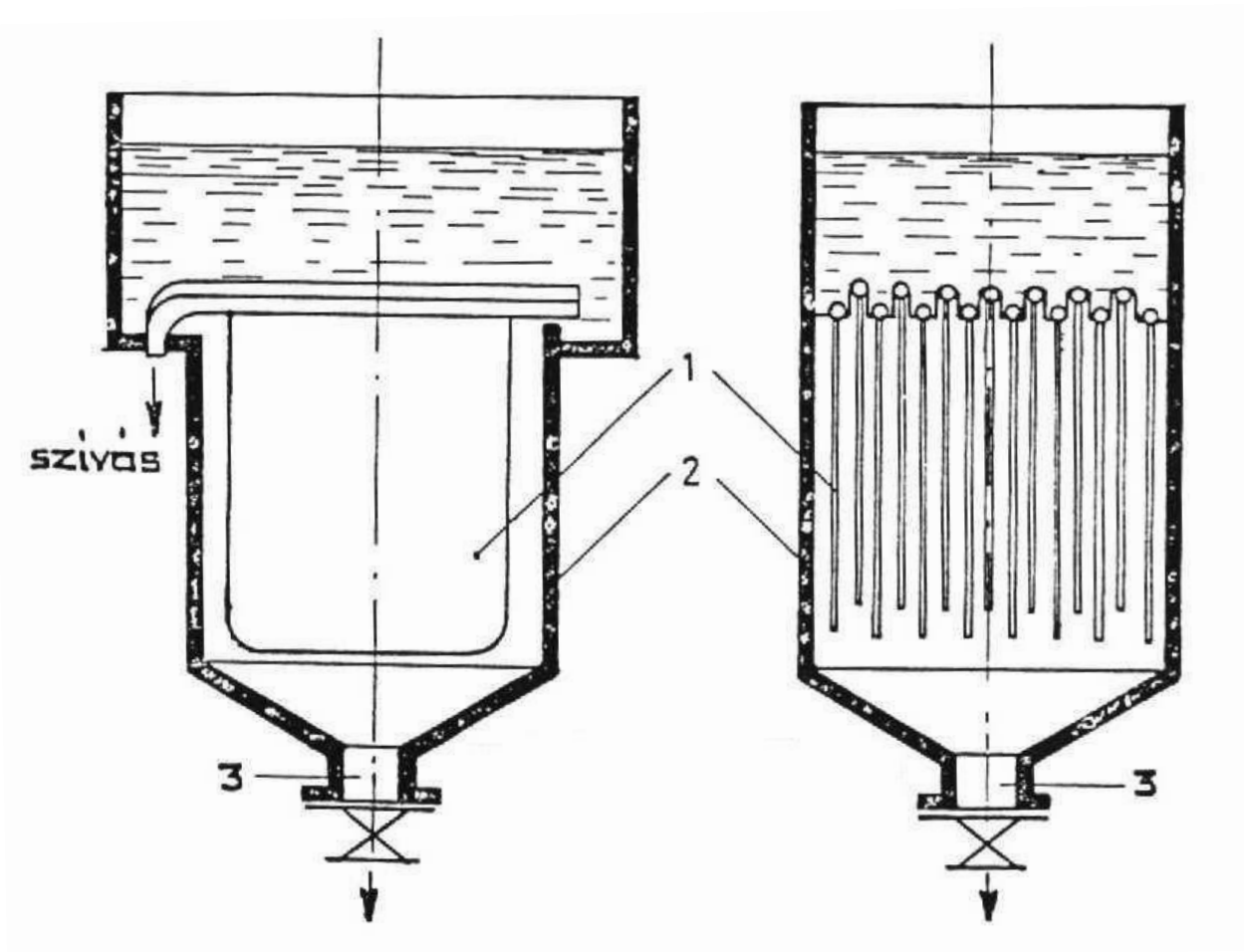
2. keret

3. keret

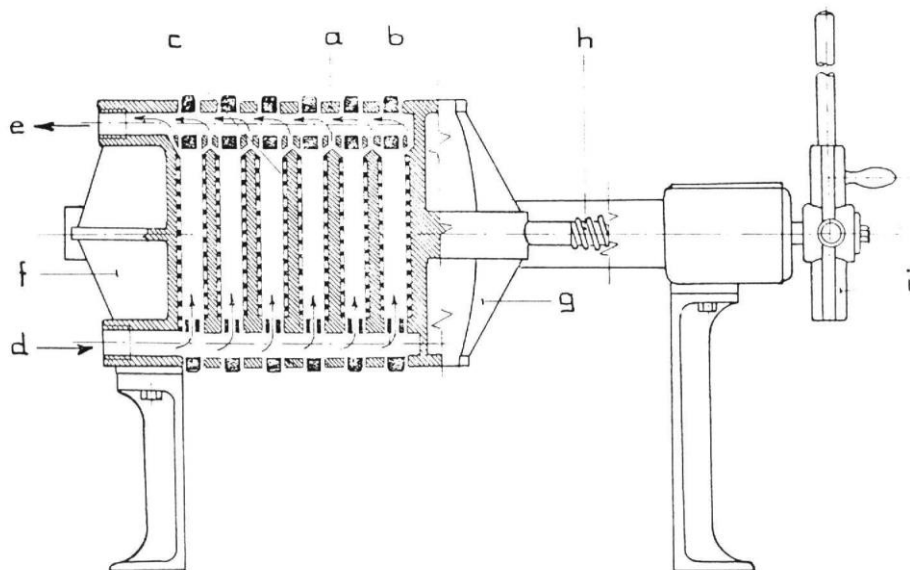
- $\Delta p = 2 - 4$ bar
- Kis szárazanyag tartalmú szuszpenziók szétválasztására alkalmas
- Iszapeltávolítás:
 - Nedves (erős vízszugárral)
 - Száraz (leütögetik)



Táskás szűrő

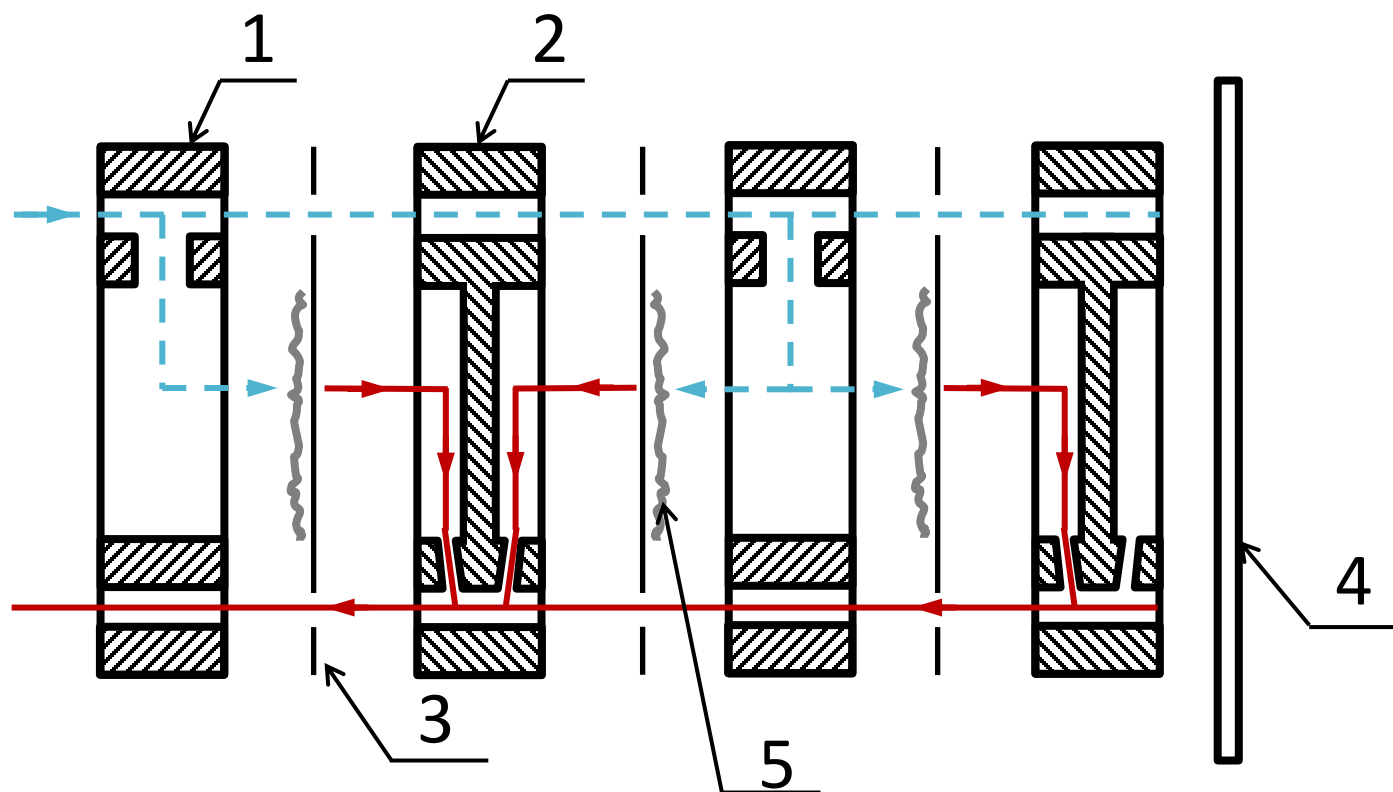


Keretes szűrőprés



- | | |
|----------------|----------------|
| a) bordáselem | f) állórész |
| b) keret | g) mozgórész |
| c) szűrővászon | h) nyomócsavar |
| d) betáplálás | i) kézi kerék |
| e) szűrlet | |

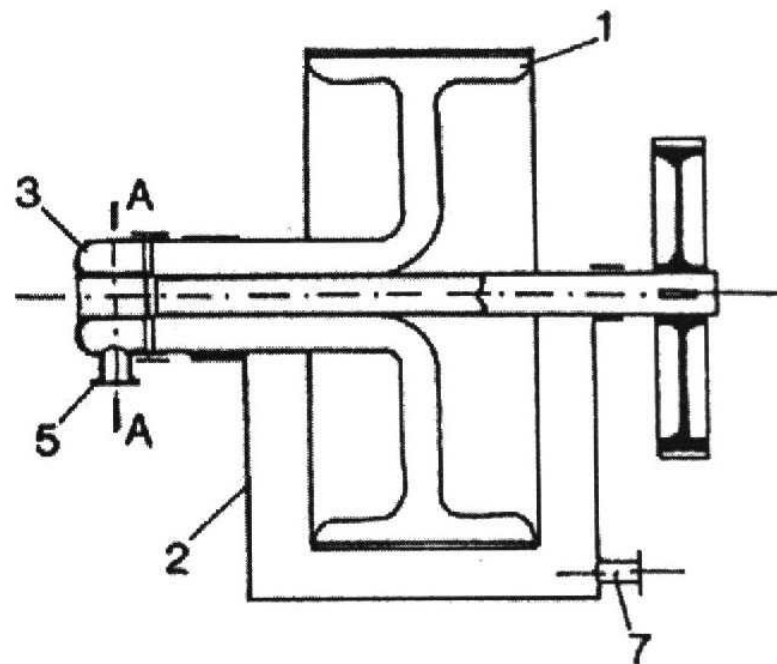
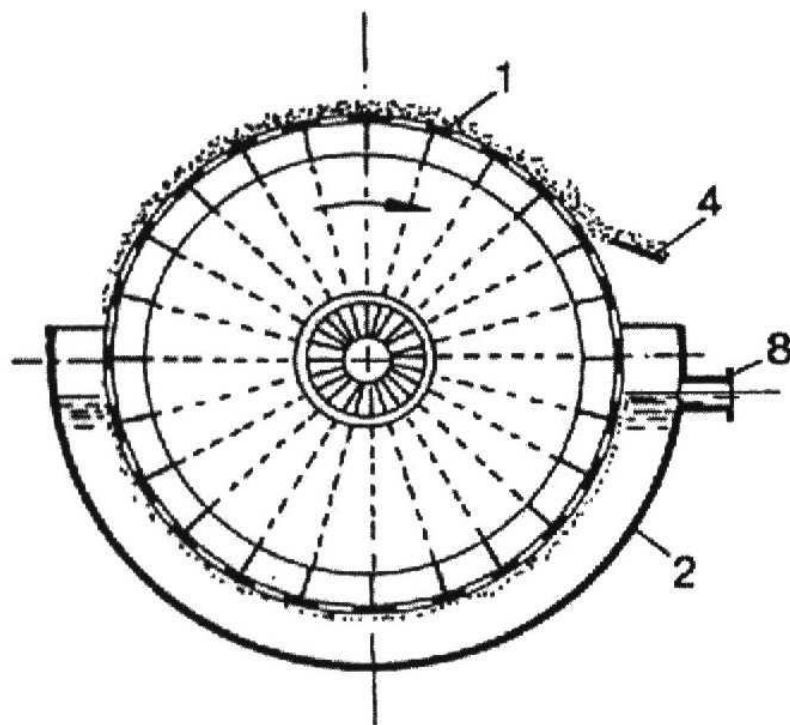
Keretes szűrőprés



- $\Delta p = 10 - 12$ bar
- Nagy szárazanyag tartalmú szuszpenziók szétválasztására alkalmas

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. üres keret | 4. zárólap |
| 2. teli keret | 5. iszapréteg |
| 3. szűrővászon | |

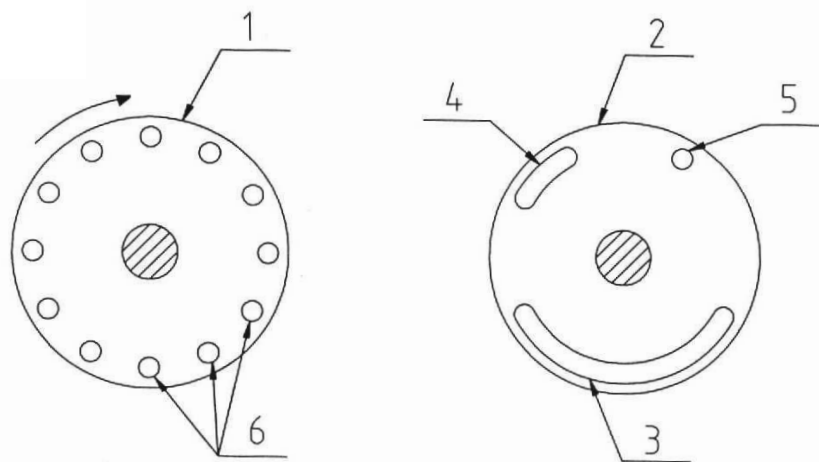
Vákuum dobszűrő



- 1. szűrődob
- 2. vályú
- 3. elosztófej
- 4. iszapleválasztó kés

- 5. szívócsatlakozás
- 6. sűrített levegő csatlakozás
- 7. betáplálás
- 8. túlfolyó

Vákuum dobszűrő



- 1 - forgó korong
- 2 - álló korong
- 3 - vákuumhoz vezető nyílás
- 4 - mosóvíz elszívó nyílás
- 5 - komprimált levegő belépés
- 6 - kamrákhoz vezető nyílások



- $D_{\text{dob}} = 0,3 - 5 \text{ m}$
- $L_{\text{dob}} = 0,3 - 7 \text{ m}$
- $n_{\text{dob}} = 1 - 2 \text{ ford/perc}$

Köszönöm a figyelmet!
