

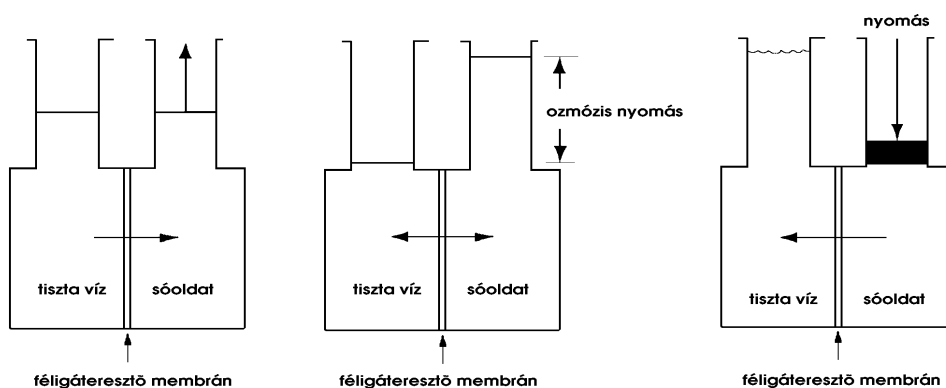
# Membrán szeparációs technológiák

A membrán szeparációs technológiák elválasztásának részecske méret szerinti csoportosítását az **1.ábrán** mutatjuk be.

1. ábra

Membránszeparációs technológiák áttekintése						
Méret, a részecske-átmérő	1-Ångström	10-Ångström	100-Ångström	0,1-µm	1-µm	10-µm
Kis-mólsúlyú anyagok	H <sub>2</sub> (3,5-Ångström) O <sub>2</sub> (3,75-Ångström) OH <sup>-</sup>	cukor	különböző vírusok	kolloid-szilikát	Colibacillus	Staphylococcus
	N <sub>2</sub> (4,02-Ångström) H <sub>2</sub> O (3,7-Ångström) Na <sup>+</sup>	tojás-albumin		olaj-emulzió		
Membrán szeparációs eljárás	gáz és gőz elválasztás			Mikroszűrés		
	folyadék elválasztás	Ultraszűrés				
	(PV) elválasztás	Nanoszűrés				Mikroszűrő membrán
		Elektrodialízis	RO	Ultraszűrő membrán		
Szeparációs membránok fajtái	Gáz-elválasztó membrán	Fordított ozmózis membrán	Dialízis membrán			
		Ioncsere membrán				
Szeparációs membránok szerkezete	Porosított membrán	Nano-poros membrán	Mikroporos membrán			
	A membrán kémiai szerkezete fontos	A membránok fizikai szerkezete és kémiai tulajdonságai fontosak				
Főbb alkalmazások	N <sub>2</sub> elválasztás H <sub>2</sub> elválasztás szerves/víz elválasztás	vér-ozmózis vér-szűrés víz-sótalanítás és tisztítás		sterilizáció, deitáció hulladékviz-kezelés		

**Fordított ozmózis (RO)** Elválasztási mérettartománya  $5 \cdot 10^{-10}$ - $5 \cdot 10^{-9}$  m között van. Nyomáskülönbség hajtóerővel működő elválasztási módszer, melynek eredményeként a membrán az összes iont visszatartja, míg a víz akadálytalanul átjut rajta. A szükséges nyomás nagyobb, mint az adott kiindulási vizes sóoldatok szemipermeabilis membrán két oldalán kialakult nyomáskülönbsége, és így a vizet a töményebb oldatból átsajtolja a membránon, (**2. ábra**) míg a visszamaradt oldat a sóban feldúsul.



2. ábra

**Elektrodialízis (ED)** Elválasztási mérettartománya  $5 \cdot 10^{-10}$ - $10^{-8}$  m között van, ionok elválasztására alkalmas. Egyenáram hatására ionok vándorolnak át a membránon keresztül a hígabb oldatból a töményebbe. A víz tangenciálisan az ionok merőlegesen áramolnak a membránhoz. **Fordított elektrodialízis**

(EDR) olyan elektrodialízis, ahol az elektródák polaritását ciklikusan váltogatják.

Ultraszűrés (UF) Elválasztási mérettartománya  $5 \cdot 10^{-9}$ - $3 \cdot 10^{-7}$  m között van. Nyomáskülönbség hajtóerővel működő elválasztási folyamat kolloid és nagy molekulású anyagok frakcionálására és elválasztására. Kiszűri a nemionos anyagokat és a legtöbb ionos komponenst átengedi, a molekulatömeg (molecular weight cutoff, MWC) függvényében. A molekulatömeg arányos a molekula méretével. Az MWC nem éles elválasztási méret határ.

Nanoszűrés (NF) Elválasztási mérettartománya  $2 \cdot 10^{-9}$ - $10^{-7}$  m között van.. Ez egy ultra-kis nyomáskülönbséggel működő membrán, mely az 1 nm ( $10 \text{ \AA}$ ) alatti méretű részecskéket átengedi. Az elválasztási mérettartománya az UF és az RO között van. A kétvegyértékű kalcium és magnézium ionokat visszatartja és az egy-vegyértékűeket jobban átengedi, azaz lágyít.

Mikroszűrés (MF) Elválasztási mérettartománya  $10^{-7}$ - $5 \cdot 10^{-6}$  m között van. A  $10^{-6}$  m és az alatti méretű részecskéket szűri ki, derítve a vizet. Színezékek, mikroorganizmusok eltávolítására alkalmas.

Gázszeperációs membránok Elválasztási mérettartománya  $10^{-10}$ - $8 \cdot 10^{-10}$  m között van. Alkalmas pl.  $\text{CO}_2$  elválasztására metántól, levegő szétválasztására  $\text{O}_2$ -re és  $\text{N}_2$ -re.

Dialízis Elválasztási mérettartománya  $5 \cdot 10^{-10}$ - $5 \cdot 10^{-8}$  m között van. A membrán két oldalán az ionkoncentráció különbség hatására megy végbe. A legtöbb oldott anyagot a membrán visszatartja, míg kis molekulású oldószert vagy vizet átengedi. Orvosi alkalmazása elterjedt.

Kapcsolt-áramú membránok (Coupled Transport Membranes) Jelenleg még nem terjedt el. Egy adott ionfajta vagy molekula elválasztását teszi lehetővé egy kémiai hordozó segítségével, amely a membránba van beépítve. Lehetséges alkalmazása a fémszennyezők visszanyerése.

### A lényegesebb membránszeperációs eljárások rövid története

A leggyakrabban alkalmazott négy fő típus az RO, NF, ED, UF

#### Fordított ozmózis (RO)

- 1748 Nollet (Fr) víz spontán diffúziója sertéshólyag membránon keresztül alkoholba
- 1867 Traube (D) mesterséges membránokat állított elő
- 1950 évek vége Reid és Breton (USA, Univ. of Florida) cellulóz - acetát (CA) membránt állított elő. Nagy sűrűsége miatt kicsi volt az anyag-fluxus
- 1950 évek vége Loeb és Suorirajan (Univ. of California) porózus CA membránt állított elő, melynek fluxusa tízszerese volt a Reid - félének és 95 %-os visszatartással dolgozott. Ez lett a kereskedelmi membránok alapja.
- 1960 évek elején Bray és Westmoreland (General Atomic Division) az első spirálmembránt konstruálta
- 1972-73 Caddote (North Star Research) megkonstruálja az első vékony-réteges kompozit membránt

- 1973-tól sokirányú fejlesztés, ipari elterjedés. Nagyobb modulok, klór-rezisztens membránok, számítógépes vezérlés. Kisnyomású membránok brakkvíz kezelésére, lágyításra. Gazdaságosság javítása, modulok, membrán tisztítás és felújítás fejlesztése. Az RO (az UF és ED technikákkal együtt) az ioncserés IEX technológiák versenytársa lett.

### Nanoszűrés (NF)

- 1976 Basic Technologies Inc. tervet készít módosított membránok kis sótartalmú (TDS) vizek kezelésére, a meszes lágyítás kiváltására, baktériumok és vírusok kizárására.
- 1977 UOP Fluid System Division ROGA 8150 membrán kifejlesztése. A cellulóz-diacetát membrán jobban átengedte az egy-vegyértékű ionokat. Ez volt az első lágyító membrán.

### Elektrodialízis (ED)

- 1940 Meyer és Strauss ionszelektív membránokkal, sokkomponensű elektrodialízis berendezést konstruált.
- 1954 Az Ionic Inc. cég megépítette az első ipari berendezést.

### Ultraszűrés (UF)

- 1930 Különböző pórusméretű polimer ultraszűrő membránok kifejlesztése (Alan Michaels MIT). Pórusai nagyobbak mint az RO membránoké. Proteinek, kis mikrobák és kolloidok elválasztására.
- 1962 Michaels az első UF gyártó cég alapítása.

## **A fordított ozmózis vízkezelés (RO)**

Az egyes RO technikák nyomás szerinti legfontosabb jellemzőit a következő **1. táblázatban** foglaljuk össze.

Eljárás	Nyomástartomány (kPa)	Kezelt víz koncentrációja (g/dm <sup>3</sup> )	Átlagos kinyerés (%)
Nagy nyomás (tengervíz)	5 – 10000	10 - 50	15 - 55
Standard nyomás (brakkvíz)	3 – 4500	3,5 - 10	50 - 85
Kis nyomás	1 – 2000	0,5 - 3,5	50 - 85
Nanofiltráció	310 – 1000	< 0,5	75 - 90

1. táblázat

Ha víz, vagy más oldószer áramlik át a hígabb oldatból a töményebb felé a féligáteresztő hártván keresztül. A kialakuló ozmotikus nyomás ( $\Pi$ ):

$$\Pi = 0,07722(T+273)\Sigma m_i \quad [\text{bar}]$$

$\Pi$  - ozmózis nyomás [bar]

T - hőmérséklet [ $^{\circ}\text{C}$ ]

$\Sigma m_i$  - az oldatban levő összes ionos és nem ionos komponens molalitásainak összege.

Növekvő koncentrációval nő az ozmózis nyomás. Természetes vizekben minden mg/dm<sup>3</sup> koncentráció növekedés 0,07 kPa nyomás növekedéssel jár.

### A vízáram az RO berendezésben

A vízáram F fluxusa (g/cm<sup>2</sup>s) az alábbiak szerint írható le:

$$F_{\text{víz}} = A(\Delta p - \Delta \Pi)$$

F<sub>víz</sub> - vízáram fluxus [g/cm<sup>2</sup>s]

A - a víz permeabilitási állandója a membránon [g/cm<sup>2</sup>s bar]

Δp, ΔΠ - az alkalmazott nyomás különbség és az ozmotikus nyomás különbség [bar]

### A só-(vagy oldott anyag) áram az RO berendezésben

$$F_{\text{só}} = B(C_1 - C_2)$$

F<sub>só</sub> - a sóáram fluxus [g/cm<sup>2</sup>s]

B - a só permeabilitási állandója a membránon [cm/s]

C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> - a membrán két oldalán kialakult koncentráció gradiens [g/cm<sup>3</sup>]

A permeabilitási állandók (A,B) a membrántól függenek. Ha nő az alkalmazott nyomás (Δp), nő az átment víz fluxusa, míg a sóáram gyakorlatilag nem változik. A sóáram csak a membrán két oldalán kialakult ΔC=C<sub>1</sub>-C<sub>2</sub> koncentráció különbségtől függ. De ha nő a tápvíz sótartalma, nő az ozmózis nyomás és így csökken az átment víz fluxusa.

### A százalékos sótöményedés (salt rejection)

$$ST = 100 - \text{sóáthordás \%} = \frac{C_{\text{táp}} - C_{\text{permeát}}}{C_{\text{táp}}} \cdot 100$$

$$\text{A sótöményedés sebessége} = \frac{C_{\text{táp}}}{C_{\text{permeát}}}$$

A sótöményedés függ:

- az alkalmazott membrántól
- a visszanyerési százaléktól (recovery)
- a tápvíz koncentrációtól (C<sub>táp</sub>)
- a tápvízben levő ionok vegyértékétől (általában a magasabb vegyértékű ionok jobban visszamaradnak, töményednek)
- egyéb faktoroktól.

### Példa

Brakkvíz összes oldott anyag tartalma TDS<sub>táp</sub> = 2500 mg/l. A permeátum koncentráció: TDS<sub>táp</sub> = 85 mg/l. Mekkora a sótöményedés és a sóáthordás?

$$\text{sótöményedés [\%]} = \frac{C_1 - C_2}{C_1} \cdot 100 = \frac{2500 - 85}{2500} \cdot 100 = 96,6\%$$

a sóáthordás [%]= 100 - 96,6 = 3,4 %

### A visszanyerési százalék (recovery)

A visszanyerési százalék (recovery) a termék permeátum-víz térfogatáramának aránya a tápvíz térfogatáramához viszonyítva.

$$\text{Visszanyerés [\%]} = \frac{V_{t\ddot{t}p} - V_{\text{koncentr\ddot{t}tum}}}{V_{t\ddot{t}p}} \cdot 100$$

Minél nagyobb a visszanyerés, annál nagyobb a kezelt vízből elvont víztérfogat. A visszanyerési százalék függ:

- a vízminőségtől,
- a membránt eltömő kritikus vegyületek ( $\text{CaSO}_4$ ,  $\text{SrSO}_4$ ,  $\text{BaSO}_4$ ) koncentrátumban kialakult koncentrációinak a telítési koncentrációk százalékában kifejezett értékeitől.

Példa:

Egy RO berendezésben 25 m<sup>3</sup>/nap tápvízből 20 m<sup>3</sup>/nap tiszta vizet állítanak elő. Mekkora a kinyerési százalék.?

$$\text{Visszanyerési [\%]} = \frac{25 - 5}{25} \cdot 100 \equiv \frac{20}{25} \cdot 100 \equiv 80\%$$

### A szükséges tápvíz mennyisége

Adott termék víz térfogatáram előállításához szükséges tápvíz mennyisége (nominális kapacitás) alapján a szükséges tápvíz mennyisége:

szükséges tápvíz = nominális kapacitás/ visszanyerési százalék

Példa:

Egy RO üzem visszanyerése 75 % . Mennyi tápvíz kell 20 m<sup>3</sup>/nap tiszta víz (nominális kapacitás) előállításához?

$$\text{szükséges tápvíz} = \frac{20\text{m}^3 / \text{nap}}{0,75} \equiv 26,6\text{m}^3 / \text{nap}$$

Minél kisebb molekulákat szűr ki a membrán (minél kisebb az MWC) annál magasabb a szervesanyag visszatartás. A nem-disszociált részecskék

zömmel átmennek, míg a sók visszatartása magas egy MWC = 100-as membrán esetén.

### **Membrán anyagok**

- cellulóz acetát (CA), (CDA), CTA
- poliamid (PA)
- aromás poliamidok, poliéter - aminok

A vékonyfilmes kompozit membránok nagyszámú különféle polimerből készülhetnek.

#### Cellulóz-acetát membránok

Minél magasabb az acetyl csoport aránya, annál nagyobb a sóvisszatartás és annál kisebb a vízárám. Ezek a többi membránhoz képest olcsóbbak, klórnak jobban ellenállnak (1 mg/l koncentrációig), de biológiai ellenállásuk kicsi és hidrolizálnak cellulózra és ecetsavra. Ez főleg alacsony és magas pH értéknél gyors. A hőmérséklet ugyancsak gyorsítja a hidrolízist. Optimális pH = 5 - 6.

#### Poliamid és vékonyfilm kompozit membránok (PA és TFC)

Klór és oxidálószer hatására bomlanak, de biológiai támadásnak ellenállnak és nem hidrolizálnak. Optimális pH = 4 - 11. A membránok tulajdonságai a tömörödés, kompakció és eltömődés (fouling) miatt időben változnak. A kompakció a műanyagnál megfigyelt "kúszási" jelenséghez hasonló, nyomóerő hatására megy végbe. A kompakciós sebesség nő a tápvíznyomás növekedésével és a hőmérséklettel. A kompakció zöme az első évben következik be és irreverzibilis. Az iparban alkalmazott membránok 21-35 °C hőmérsékleten üzemelnek. **A hőfok növekedésével nő a fluxus.** A membránt eltömő anyagok keménységből, kolloid ülepedésből, iszapból, fémoxidokból, szerves anyagokból, és szilikátokból származnak. Előkezelés szükséges. Ez szűrésből és vegyszeradagolásból állhat és megnöveli a membrán élettartamát. Az eltömődést jelzi a permeátum mennyiségének csökkenése,  $\Delta p$  növekedése, sóáthordás növekedése. Felület tisztítással javítható. Oxidálószer és a szabad klór károsítja a membránok anyagát.

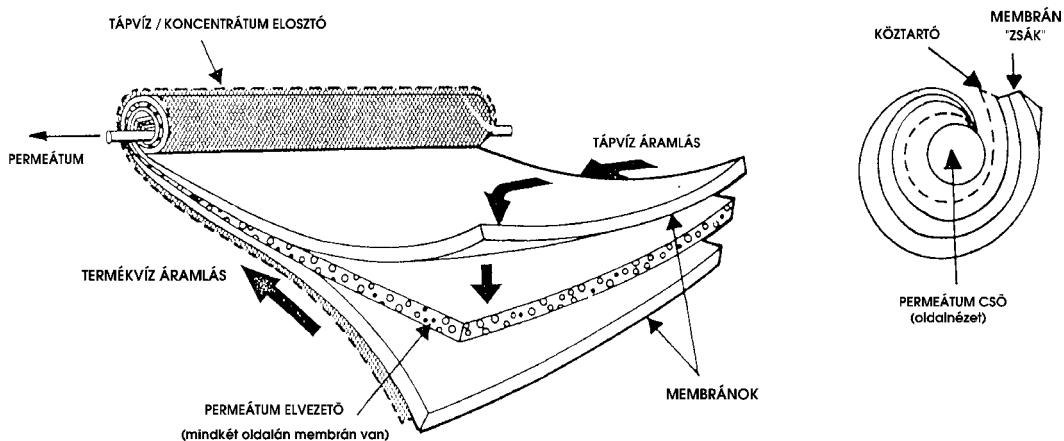
### **Membránkonfigurációk:**

Négyféle megoldás terjed:

- spirális tekercs membrán
- üreges szálal membrán
- csőmembrán
- keretes síkmembrán

Városi vízkezeléshez csak az első két típust használják.

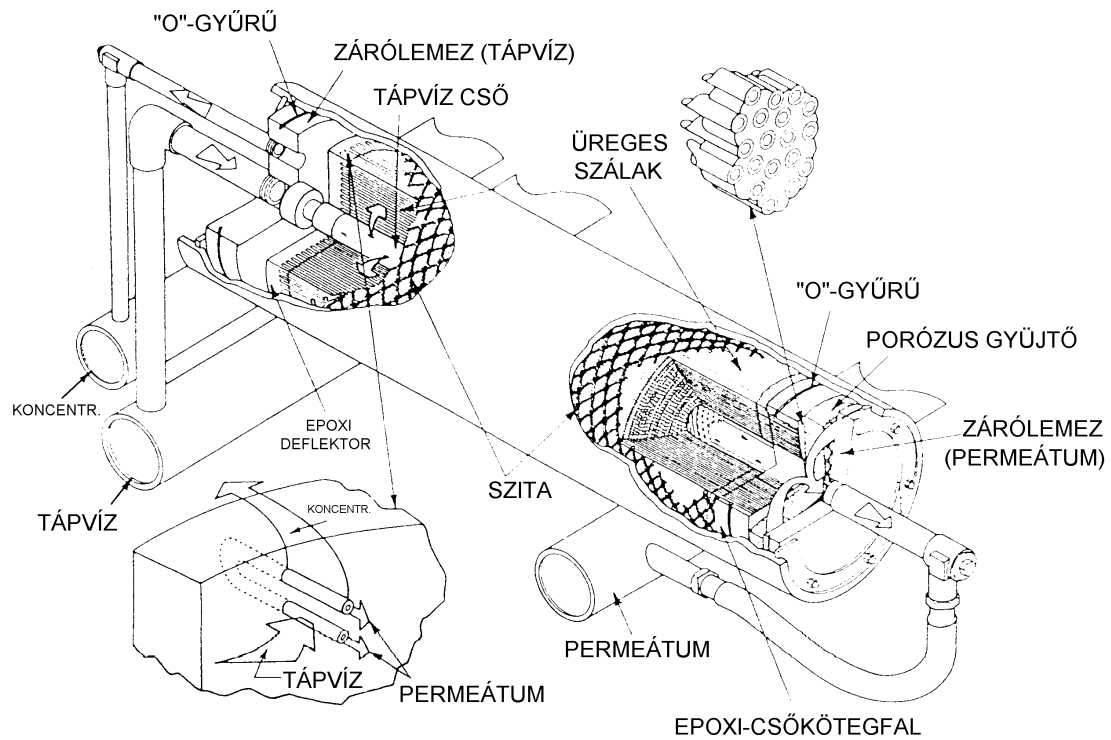
A spirális tekercsmembrán (lásd **3.ábra**)



3. ábra

Két síkmembránból áll, melyeket porózus hordozó választ el egymástól. A kialakult szendvics három oldalát összeragasztják, a kialakult "zsák" negyedik oldalát perforált üreges műanyag csőre ragasztják, amely a permeátumot gyűjti össze. Két vagy több ilyen "zsákot" rögzítenek a gyűjtő csőhöz és spirálként feltekerik. Kocsonya tekercsnek (jelly roll) is hívják az iparban. Több ilyen hengert üvegszálak hálójában sorba kapcsolnak.

Az üreges szálak membránok (lásd 4.ábra)

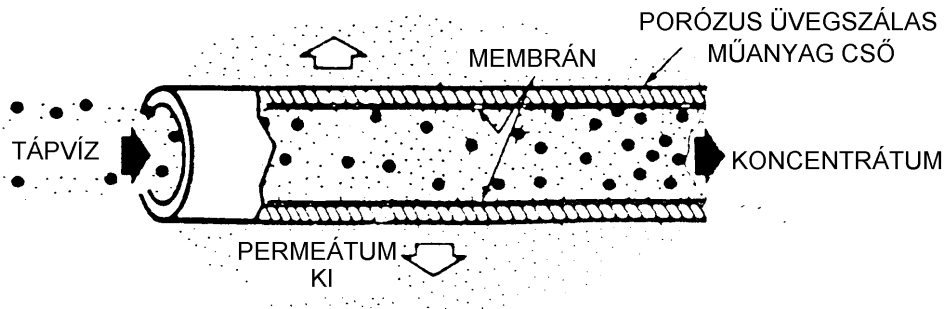


4. ábra Üreges-szálás RO membrán

Több ezer csomóba összefogott üreges szálból állnak, mindegyik hajszálszerű szál U - alakban meghajlítva helyezkedik el és mindkét végüket epoxi gyanta csökötegfalba rögzítették. A köteget szövetből és szitából álló csomagban rögzítik, majd egy üvegszálás poliészter házba helyezik.

A csőmembránok (lásd 5.ábra)

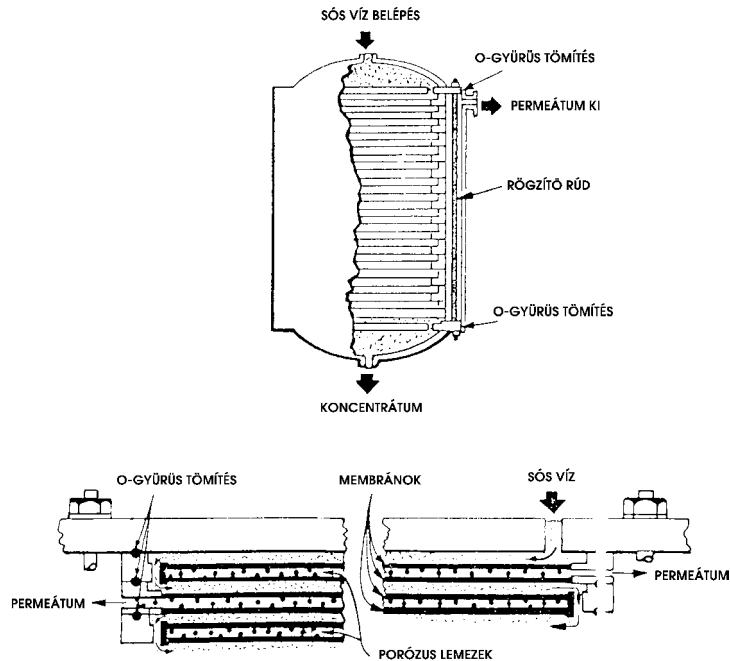




5. ábra RO csőmembrán

Egy porózus csőbe épített membránból állnak. A tápvíz a cső belsejében nyomás alatt átszivárog a membránon, majd a porózus csőfalán. Magas elkészítési költsége miatt a nagy térfogatú vízkezelésekben nem alkalmazzák őket, de ipari alkalmazásuk elterjedt. Kicsi a térfogategységre eső fajlagos felületük.

A keretes síkmembránok (lásd **6.ábra**)

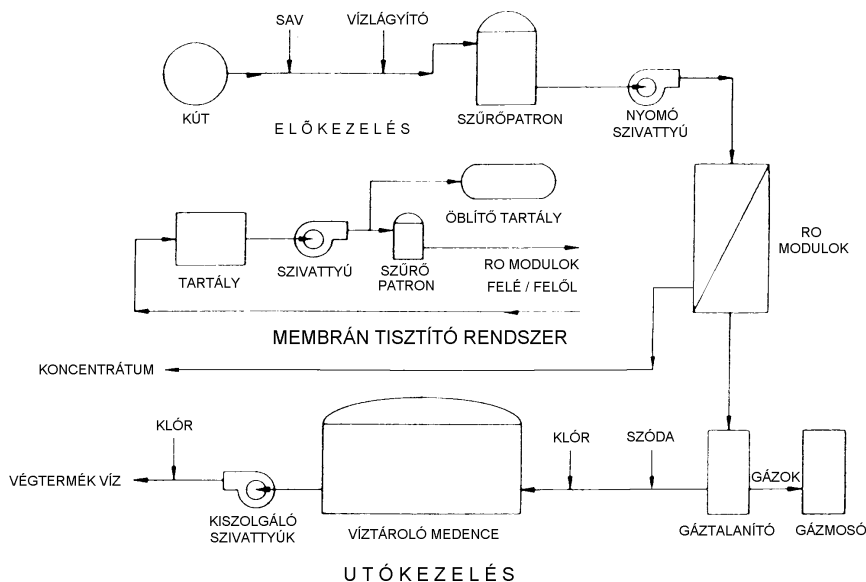


6.ábra Keretes sík RO membrán

Szendvicsszerkezetű lapokból áll, kör, vagy négyzetalakban összeállítva. Nagy térfogatú vizek kezeléséhez alkalmatlanok.

### A fordított ozmózis (RO) rendszer részei és telepítése

Az RO rendszerek műveleteinek tipikus folyamatábráját a következő **7.ábrán** mutatjuk be.



7. ábra Fordított ozmózis folyamat ábrája

**Tápvizek** Előnyös a talajvíz, mert kémiai stabil. A korai RO rendszerek acél-házazs kivitelben, függőleges turbinaszivattyús megoldással készültek, acél és bronz szerkezeti anyagokkal. Ezek korróziós termékei károsították a membránokat és a szivattyú tömítésein beszivárgó levegő oxidálta a vas és kén vegyületeket. Ezért újabban rozsdamentes acélt, PVC-t és üvegszálaspoliésztert alkalmaznak. Javították a szivattyú tömítésein is.

Igen fontos a feldolgozandó tápvíz alapos elemzése is. Általában három önálló elemzést javasolnak. Felszíni vizek kezelése esetén további előkezelések szükségesek a szezonális ingadozások kiküszöbölésére. Itt fontos a folyamatos minőségellenőrzés.

**Előkezelések** A membránok élettartama szempontjából fontosak. A lebegő anyagokat ki kell szűrni (iszapok, lebegő ásványok). **A Silt Density Index (SDI)** (lebegő anyag) mérését rendszeresen el kell végezni. Ez a mérőszám a lebegő és koloid anyag tartalom mennyiségét jelzi. A spirális tekercs membránok maximum SDI = 5, az üreges szálaspoliészter membránok maximum SDI = 3 - 4 értékig üzemeltethetők.

A membránok vízkövesedését vegyszeradagolással (tömény  $H_2SO_4$ ) akadályozzák meg. Ez a koncentrátumban negatív Langlier indexet okoz (tengervíz koncentrátumban negatív Stiff - Davis indexet). Ezért két pH mérőt helyeznek el, egyet a tápvízben, egyet pedig a permeátumban. A vegyszeradagolást a patronos előszűrés előtt végzik és egy sztatikus keverőt is alkalmaznak hozzá. **A vízkőképződés egy Na-ciklusú ioncserés vízlágyítással is kiküszöbölhető**, de ez drágább mint a savadagolás.

A vízkezelés leállításakor a membránokat savas vízzel (vagy klórmentes permeátummal) leöblítik. Hosszabb leállítás esetén a membránokat sterilizálni kell, formaldehid vagy Na-metabiszulfid oldattal töltik fel őket. Alternatív megoldásként minden nap 30 percre beindítják őket.

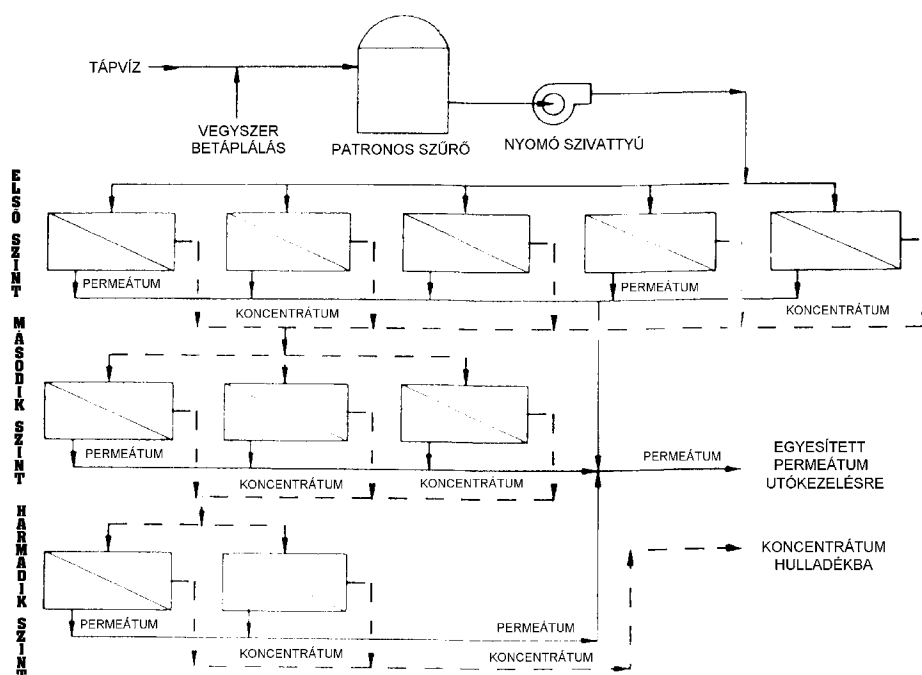
A szulfát kicsapódás bonyolultabb probléma, brakkvizekben okoz problémát, tenger-vízben kevésbé problémás. Először Na-hexametafoszfátot adagoltak a vizekhez a sav-adagolás után és az előszűrés előtt. Jelenleg új szintetikus adalékokat használnak és ezzel a Langlier indexet + 1,9-re állítják be. Ez

lecsökkenti a savadagolás mennyiségét. A tápvizek előszűréséhez 5 µm pórusméretű patronos előszűrők szükségesek.  $\Delta p = 103 \text{ kPa}$  fölött a szűrőt frissre cserélik.

Fontos a tápvíz szervesanyag és biológiai-anyag tartalma is. Általában. A maximális szerves széntartalom  $\text{TOC}_{\text{max}} = 20 \text{ mg/l}$ . Túl magas BOI és KOI a mikrobiológiai szennyezők magas értékére utal. A vizet klórozni, csak klórrezisztens membránok esetében, korlátozott mértékben szabad. Detergensek, koagulálószer jelenléte ugyancsak káros. ( $\text{Al}^{3+} \equiv 0,1 \text{ mg/l}$ ) Olajok, zsírok ugyancsak károsítják a membrán anyagát.

### Membránok kapcsolása, membránblokkok

A membránokat általában modulokba szervezik. A következő **8.ábrán** egy 3 fokozatú 5-3-2 rendszerű RO rendszert mutatunk be.



8. ábra Fordított ozmózis folyamat ábrája

Egyfokozatú rendszerrel max. 55 %-os, kétfokozatúval max. 75-80 %-os, háromfokozatúval max. 85-90 %-os kinyerés érhető el. Többfokozatú rendszereknél az előző egység koncentrátuma a következő egység tápvize lesz kihasználva az elvételi maradék nyomásokat.

A rendszer tervezéséhez szükséges adatok:

- vízminőségi adatok
- blokk, és vonal kapacitások
- kinyerési-, vagy konverziós százalék
- termékvíz minősége
- hőmérséklet tartomány
- tápvíz nyomás, elvételi nyomás

Egy membrán üzemi élettartama 3-5 év.

**Műszerezés:** A berendezés védelmére szükséges. A következő jelenségek esetén mindenképpen le kell állni a vízkezeléssel:

- a szivattyú nyomás emelkedésekor
- alacsony elvételi nyomás esetén
- túl alacsony vagy túl magas pH esetén
- nem megfelelő tápvíz áramlás esetén
- magas tápvíz zavarosság esetén
- magas tápvíznyomás esetén
- magas tápvíz fajlagos. vezetőképesség esetén
- túl alacsony, vagy túl magas permeátum kitermelés esetén
- magas permeátum fajlagos. vezetőképesség esetén
- alacsony vízkőképződés gátló vegyszer koncentráció esetén

**Utókezelés:** Gázmentesítésből (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S) pH utóbeállításból (szódával, vagy mésszel) állhat. A termék vizet esetleg dezinficiálják klórozással.

**Energiavisszanyerés:** Elsősorban a tengervíz kezelő RO esetén (itt magas a nyomás ~5900 kPa) Ez lehet Pelton-kerék vagy turbina. Újabban kisebb nyomású rendszerekben is próbálkoznak az energia visszanyeréssel búvárszivattú + motor/generátor segítségével. A turbinát a nyomás alatti koncentrátum áramba helyezik. A termelt elektromosságot a hálózatba táplálják vissza.

### **Tisztító rendszerek és membrán felújítás**

A tisztítórendszer rozsdamentes acélszivattyúból, polipropilén vagy üvegszál poliszter edényzetből, 1-5 μ pórusméretű patronos szűrőkből, rozsdamentes csővezetékéből, szelepekből, ellenőrző műszerekből áll. A tisztítás szükségességét az alábbi jelek jelzik:

- a sóáthordás növekedése > 15 %
- a modul nyomásesése növekedése > 20 %
- tápvíz-nyomásigény növekedése > 20 %
- permeátum térfogatáram csökkenés > 5 %
- koncentrátum térfogatáram változás > 5 %
- eltömődés, kicsapódás

Speciális tisztító vegyszereket forgalmaznak . Biztonsági szempontból fontos a megfelelő szellőztetés, a bőr és testre kerülő vegyszerek elkerülése.

Eltömődés függvényében felújítás szükséges. Minden membránra a gyártó javasol eljárást és vegyszert (például PVA-krotonsav kopolimert, PV-metilétert és tanninsavat).

### **RO egység művelete és karbantartása**

A tápvizet rendszeresen elemezni kell, a kémiai és biológiai paramétereket grafikusán célszerű ábrázolni. Ellenőrizni kell a savazó rendszert, a pH ellenőrző rendszert, a vízkőképződés-gátló, adagoló rendszert. A patronos szűrőedényeket naponta át kell öblíteni és a  $\Delta p$  értéket naponta mérni és diagramban ábrázolni kell. Ha  $\Delta p$  változás > 100 kPa patroncsere, vagy tisztítás szükséges. A tápvíz, a koncentrátum fajlagos vezető-képességét és a térfogatáramokat, pH-t, nyomásokat naponta ellenőrizni kell.

### **RO - rendszer alkalmazása**

Az RO vízkezelő rendszerek sótartalom és üzemelési nyomás függvényében csoportosíthatók. A tengervíz kezelésére sikeresen alkalmazzák világszerte. Brakkvíz és egyéb vizek kezelésére alkalmazható, ha a vízben, levő természetes és mesterséges szerves anyagokat el kell távolítani. A modern RO vízkezelőknél MWC - 100 -as érték kívánatos)

### **Mérési feladat:**

1. A membránszűrő berendezés technológiai ábrájának elkészítése.
2. A membránszűrő berendezés üzemeltetése, az üzemi jellemzők figyelemmel kísérése:  
öt percenként leolvasandó illetve meghatározandó:
  - a berendezés szivattyúja után uralkodó nyomás,
  - a sűrítmény mennyisége (térfogatárama  $\text{dm}^3/\text{perc}$ )
  - a termék (sómentes-víz) mennyisége (térfogatárama:  $\text{dm}^3/\text{perc}$ )
3. Az egyes technológiai lépések vizeiből mintavétel és vezetőképesség mérés
  - ivóvíz
  - Na- ciklusú ioncserélőn áthaladt víz
  - termékvíz
  - sűrítmény

Harminc percig üzemeltetve az RO-berendezést, grafikusan ábrázoljuk a termék és a sűrítmény vezetőképességét az idő függvényében, valamint a termékvíz és a sűrítmény térfogatáramát.

A mért átlagos térfogatáram értékek alapján számoljuk a visszanyerési százalékot.

Ellenőrző kérdések:

1. Rajzolja fel egy RO-berendezés technológia kapcsolási rajzát.
2. Milyen anyagokat alkalmazhatunk az ipari membránoknál?
3. Milyen technológiai paramétereket célszerű betartani a poliamid illetve a cellulózacetát membránoknál?
4. Hogyan függ CA-membránoknál az acetilezés mértékétől az elválasztás hatásfoka?
5. Melyek a legelterjedtebb RO-membrán kialakítási megoldások?
6. Mi a szerepe az aktívszénnek a RO-technológiában?
7. Milyen feladatokra alkalmasak még a sómentesítésen kívül a membrántechnikai eljárások?
8. Milyen jellemzőktől függ a membránok elválasztó képessége?
9. Hogyan akadályozható meg a betöményedés miatt jelentkező sókiválás membránon?