

Kémiai technológia

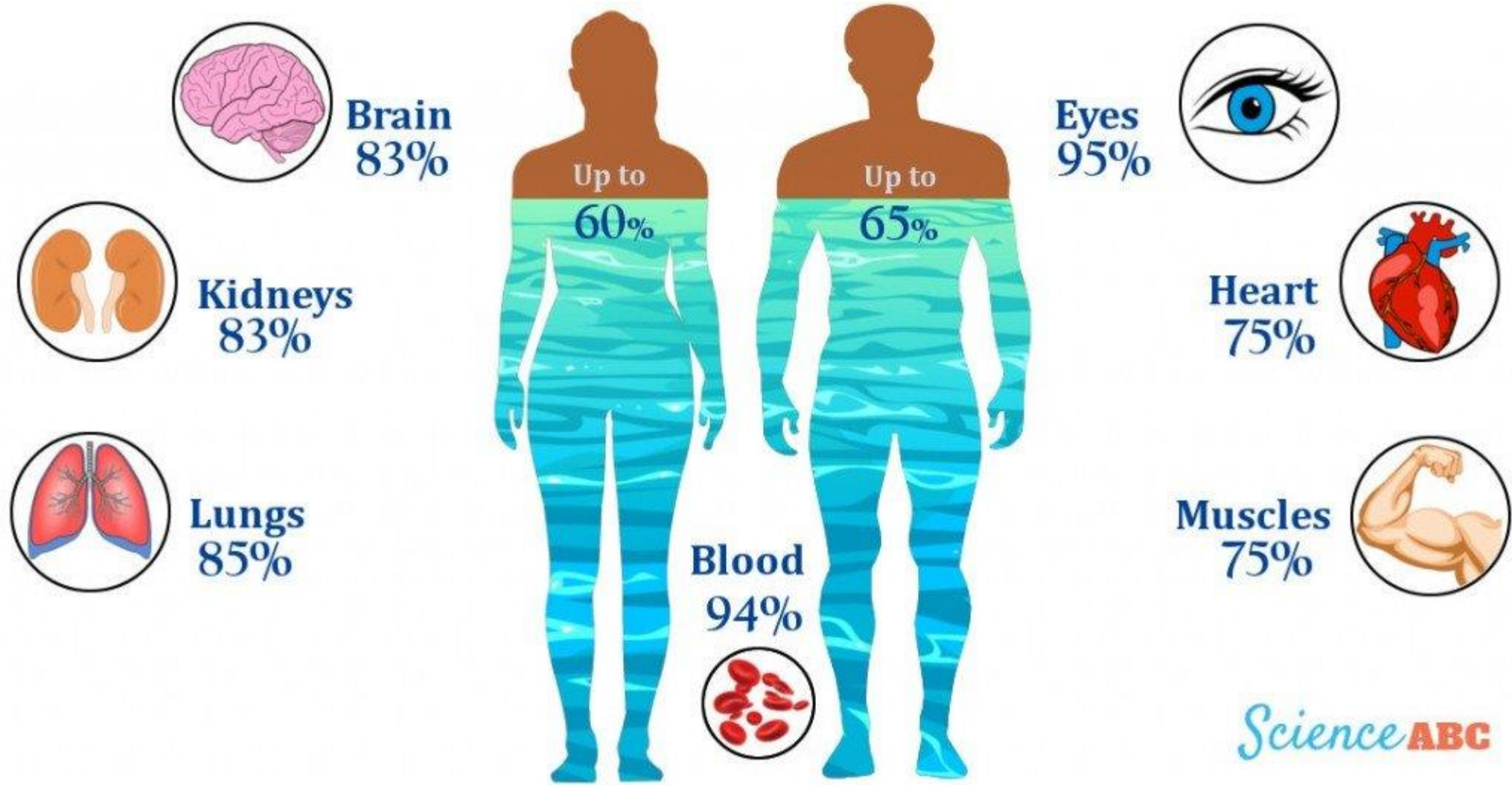
Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Kun Róbert



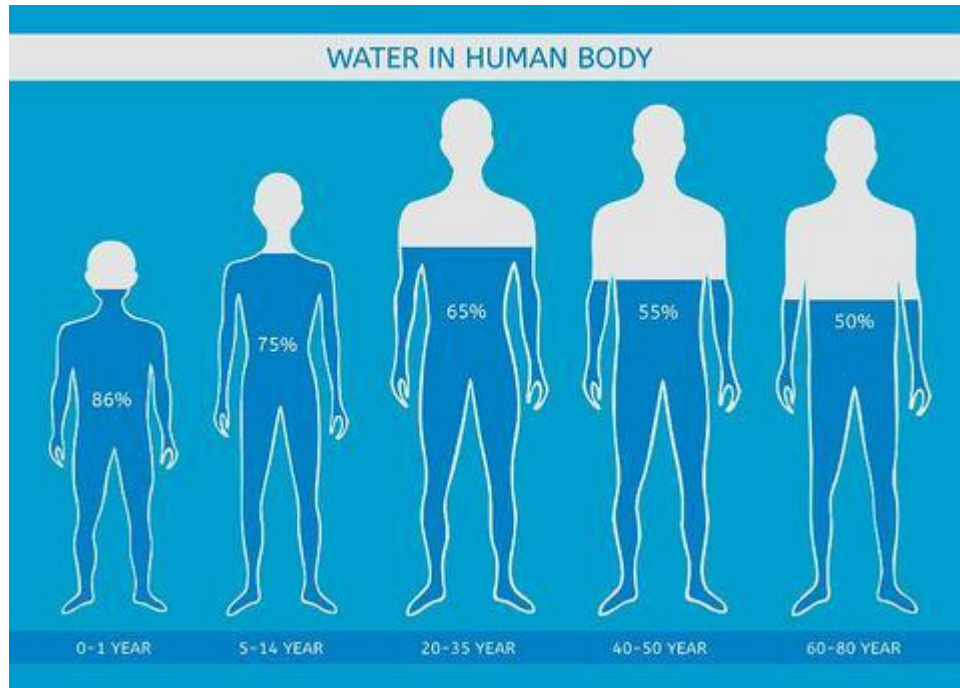
A víz kémiai technológiája Vízipari technológiák

Víz az emberi testben



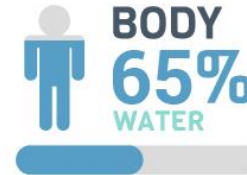
Science **ABC**

Víz az emberi testben



BODY WATER

INFOGRAPHICS



HOW MUCH
DO YOU
REALLY
NEED?



÷ 8 =



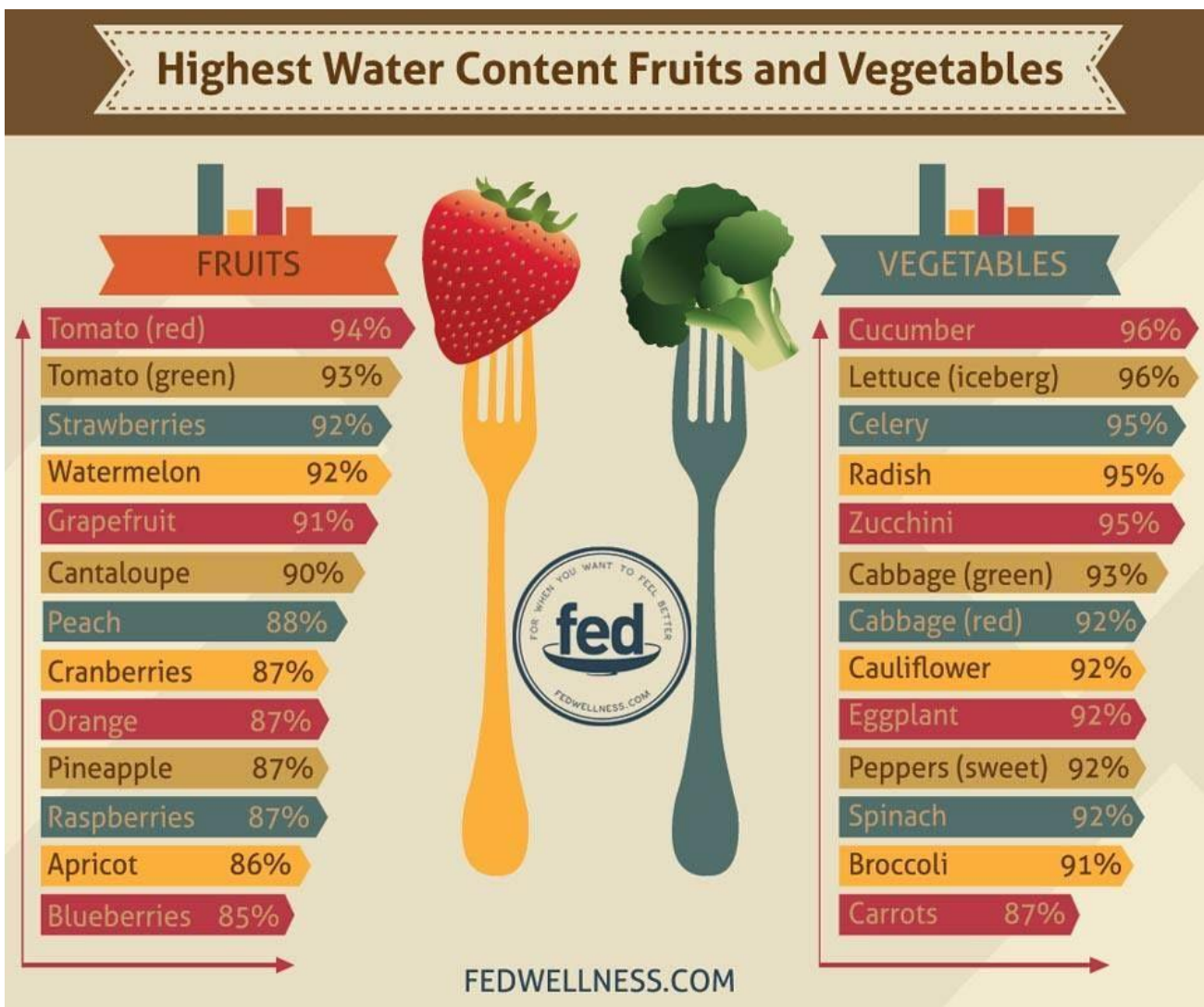
BODY
WEIGHT
(lbs) / 2

1 = 8
OUNCES

WATER
NEEDED
PER DAY



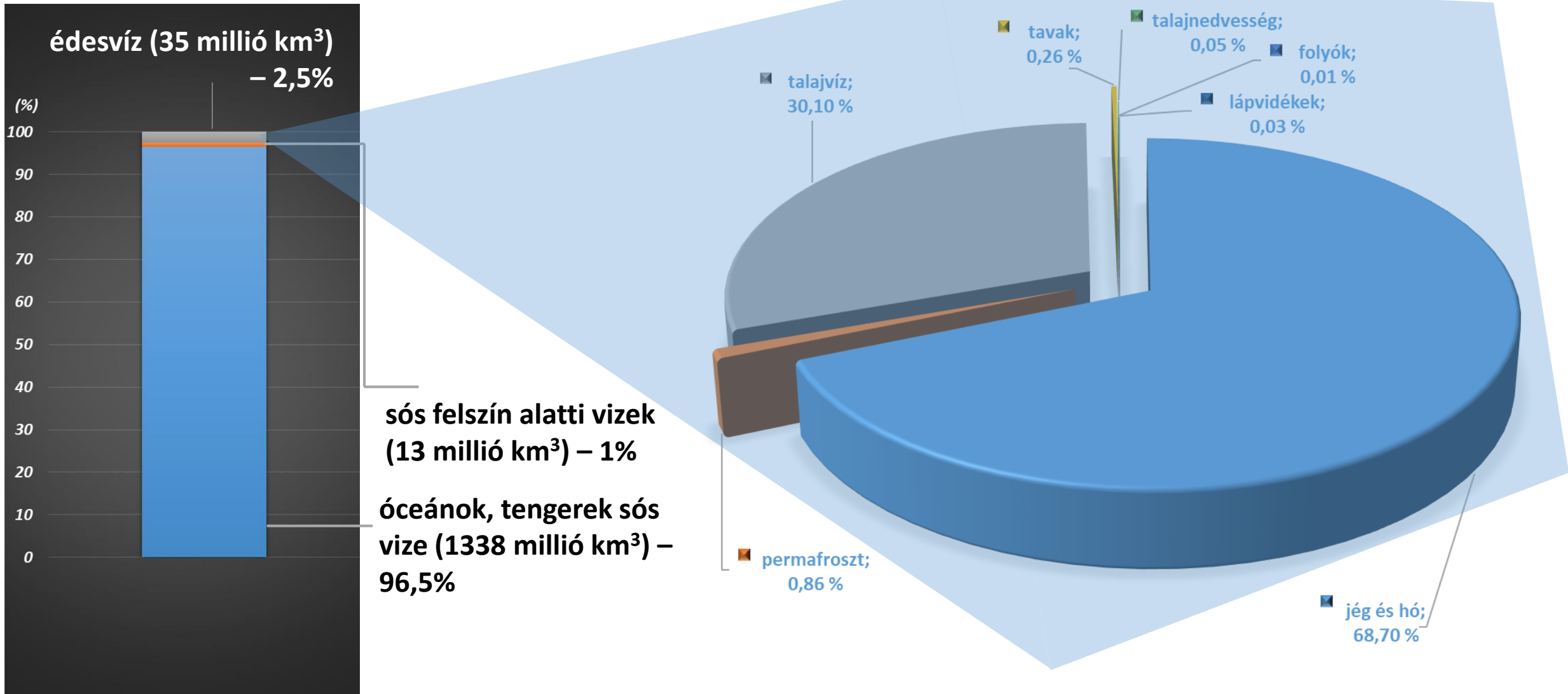
Víz az élelmiszerben





- Földfelszín 70,8%-át víz borítja
- Hidroszféra
- Tengervizek és édesvizek

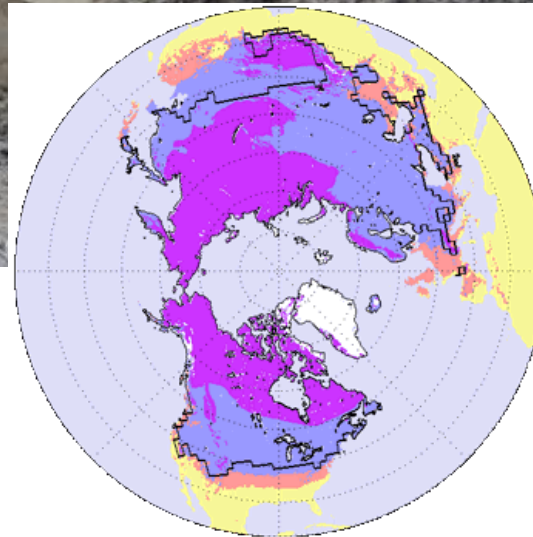
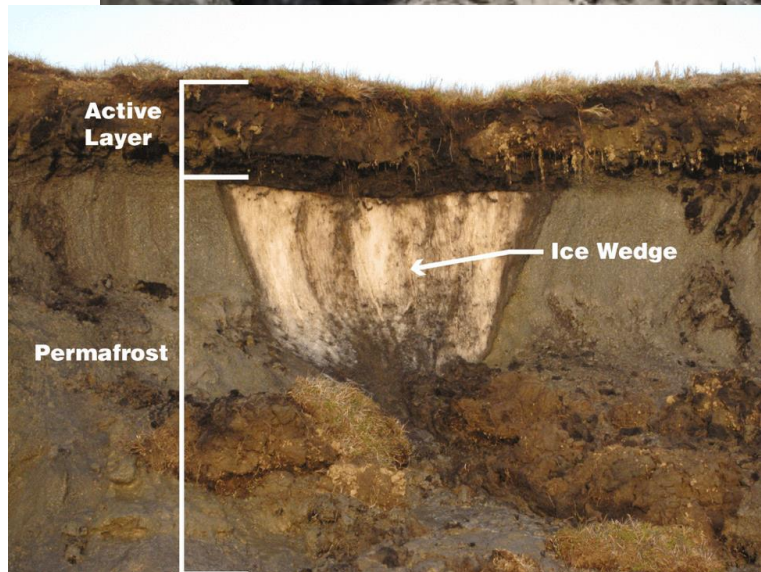
A vízfajták megoszlása a Földön



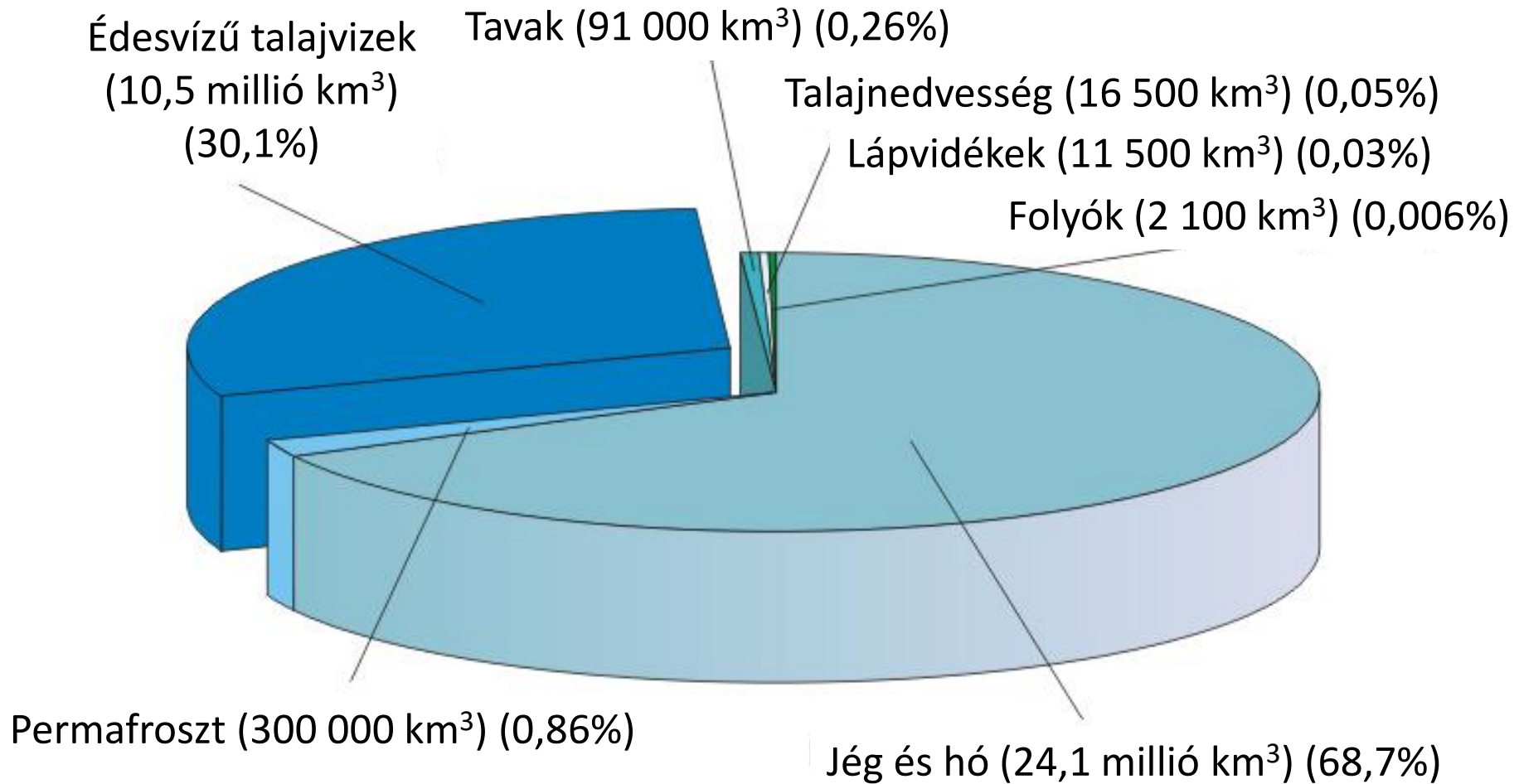
A permafroszt



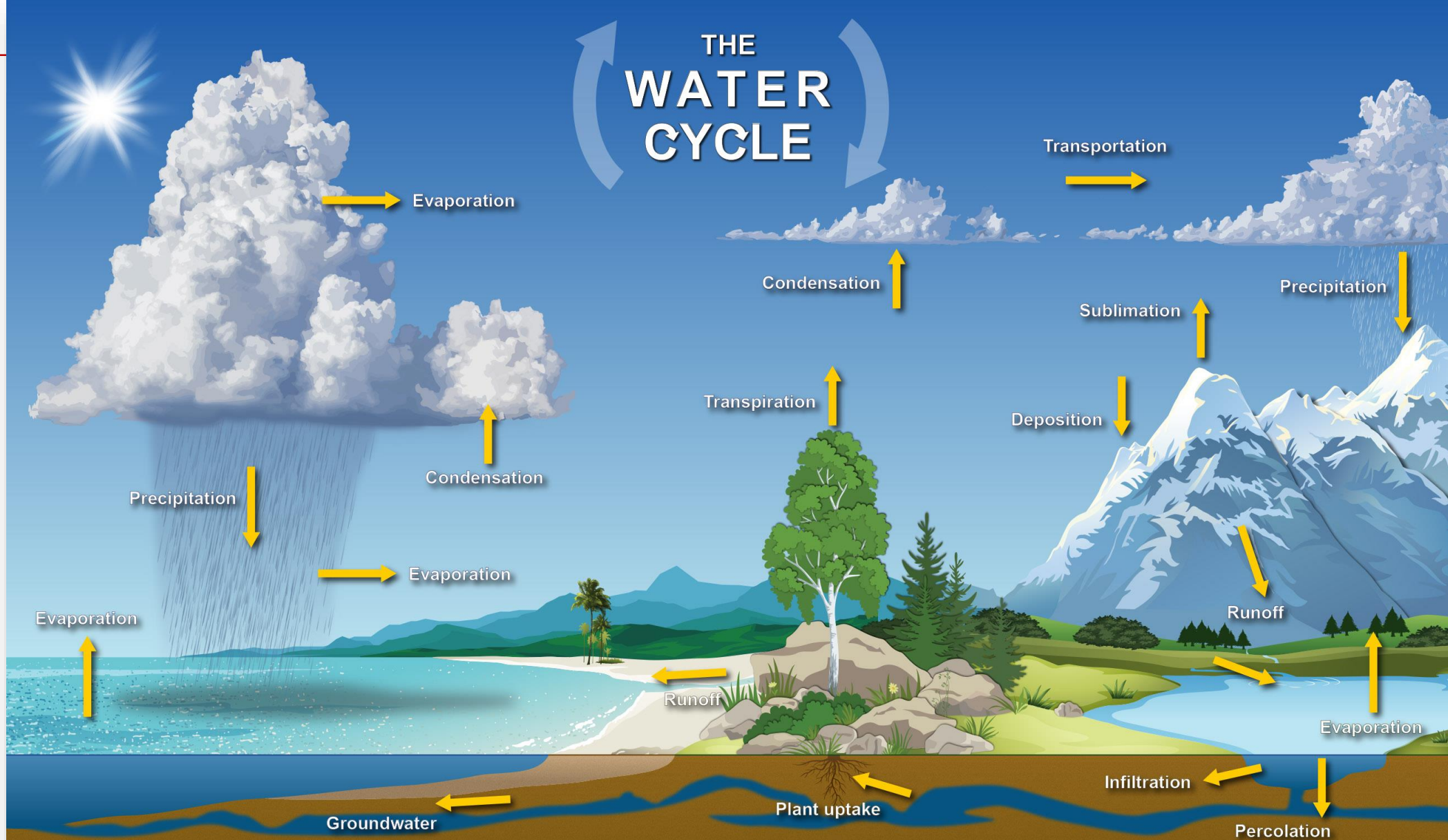
TYPES OF PERMAFROST COVER



A Föld édesvízkészletének felosztása



THE WATER CYCLE



EVAPORATION: The process where liquid water changes into water vapor (gas).

CONDENSATION: The process where water vapor (gas) changes into water droplets (liquid).

PLANT UPTAKE: Water taken from the groundwater flow and soil moisture.

TRANSPIRATION: Evaporation of liquid water from plants and trees into the atmosphere.

TRANSPORTATION: The movement of solid, liquid and gaseous water through the atmosphere.

RUNOFF: River, lake, and stream transport of water and transport of ice in glaciers.

PRECIPITATION: Water that falls to the earth. Most precipitation falls as rain but includes snow, sleet, drizzle, and hail.

GROUNDWATER: Underground water flow (aquifers).

DEPOSITION: The process where water vapor (gas) changes into ice (solid), skipping the liquid phase.

SUBLIMATION: The process where ice and snow (solid) change into water vapor (gas), skipping the liquid phase.

INFILTRATION: Movement of water into the ground from the surface.

PERCOLATION: Movement of water past the soil going deep into the groundwater.



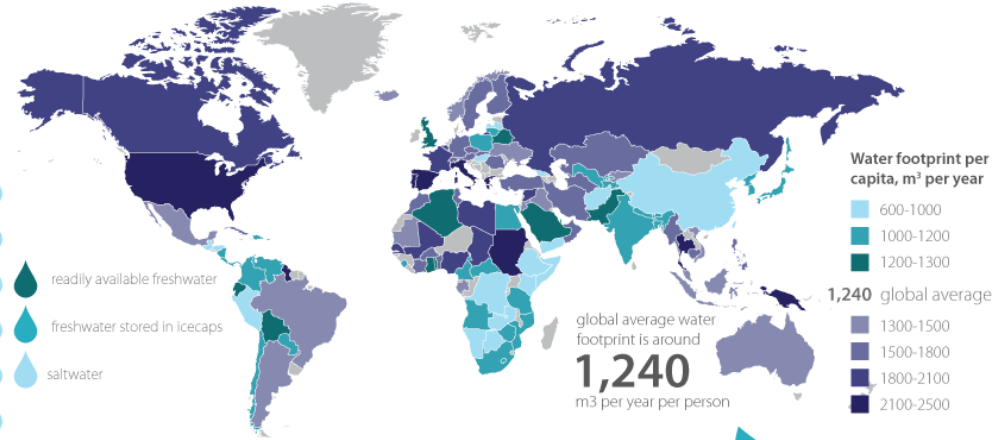
National Weather Service
www.weather.gov/jetstream

A globális vízlábnyom

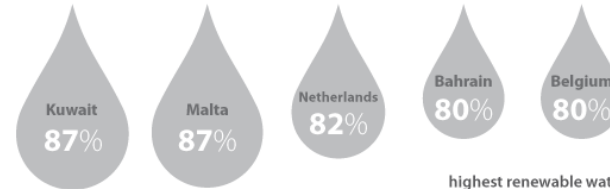
the global water footprint

The 'water footprint' of a country is defined as the volume of water needed for the production of goods and services consumed by the inhabitants of the country.

amount of freshwater available

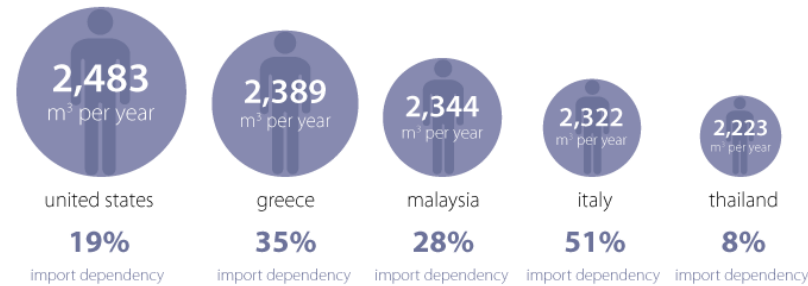


countries most dependent on water imports

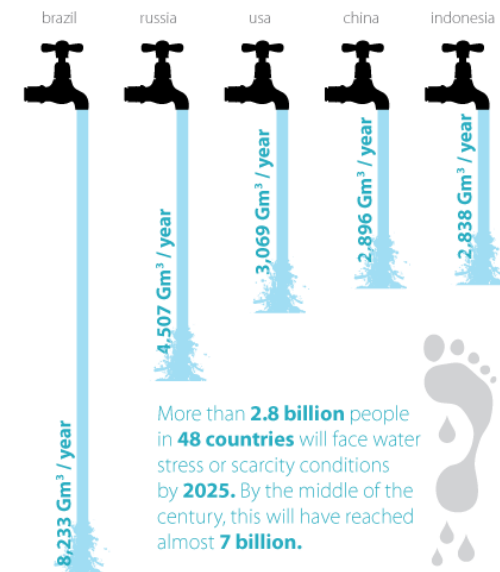


70%
of existing freshwater is withdrawn for irrigation in agriculture

the highest water footprints per capita

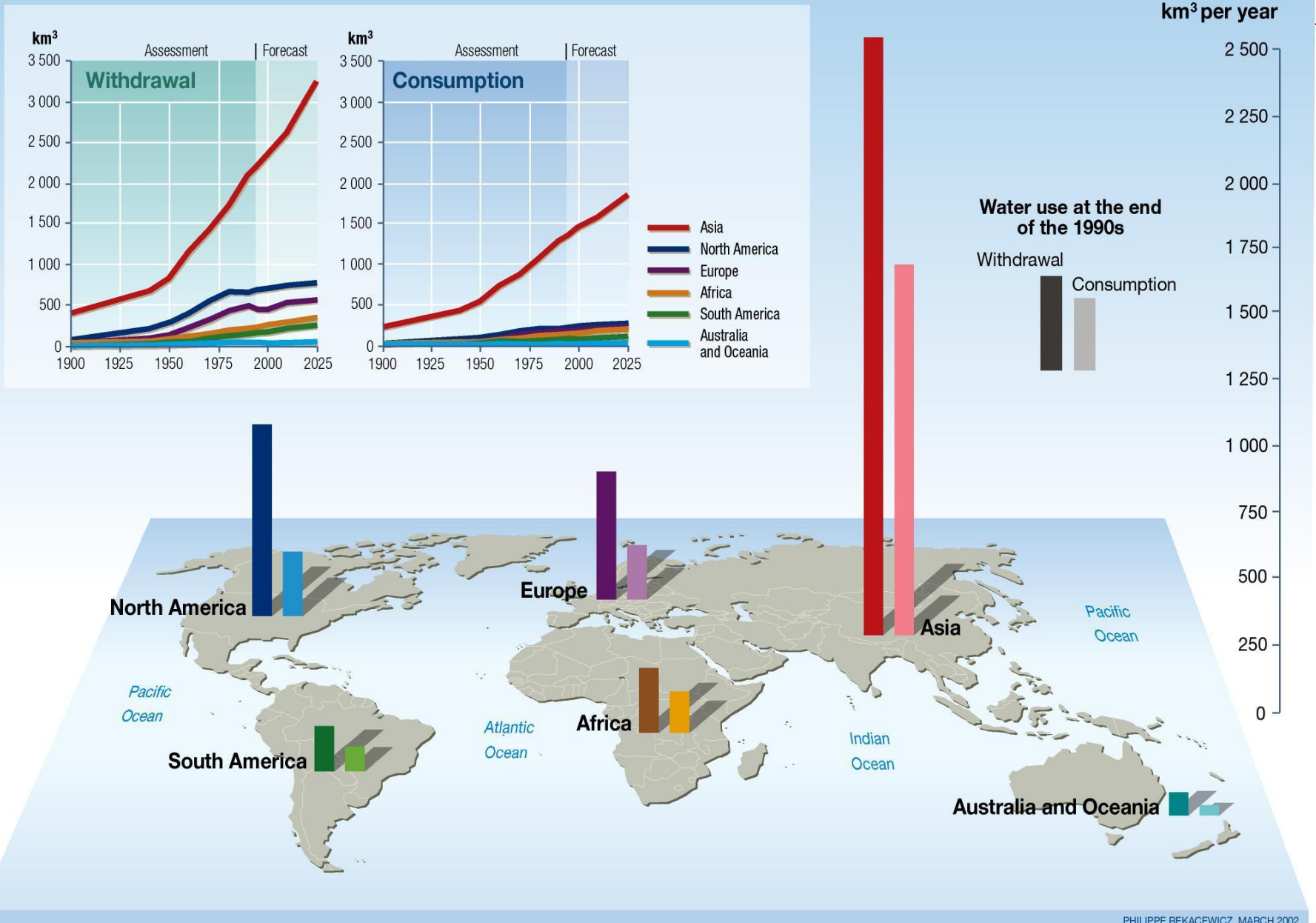


highest renewable water resources



water footprint of different foods

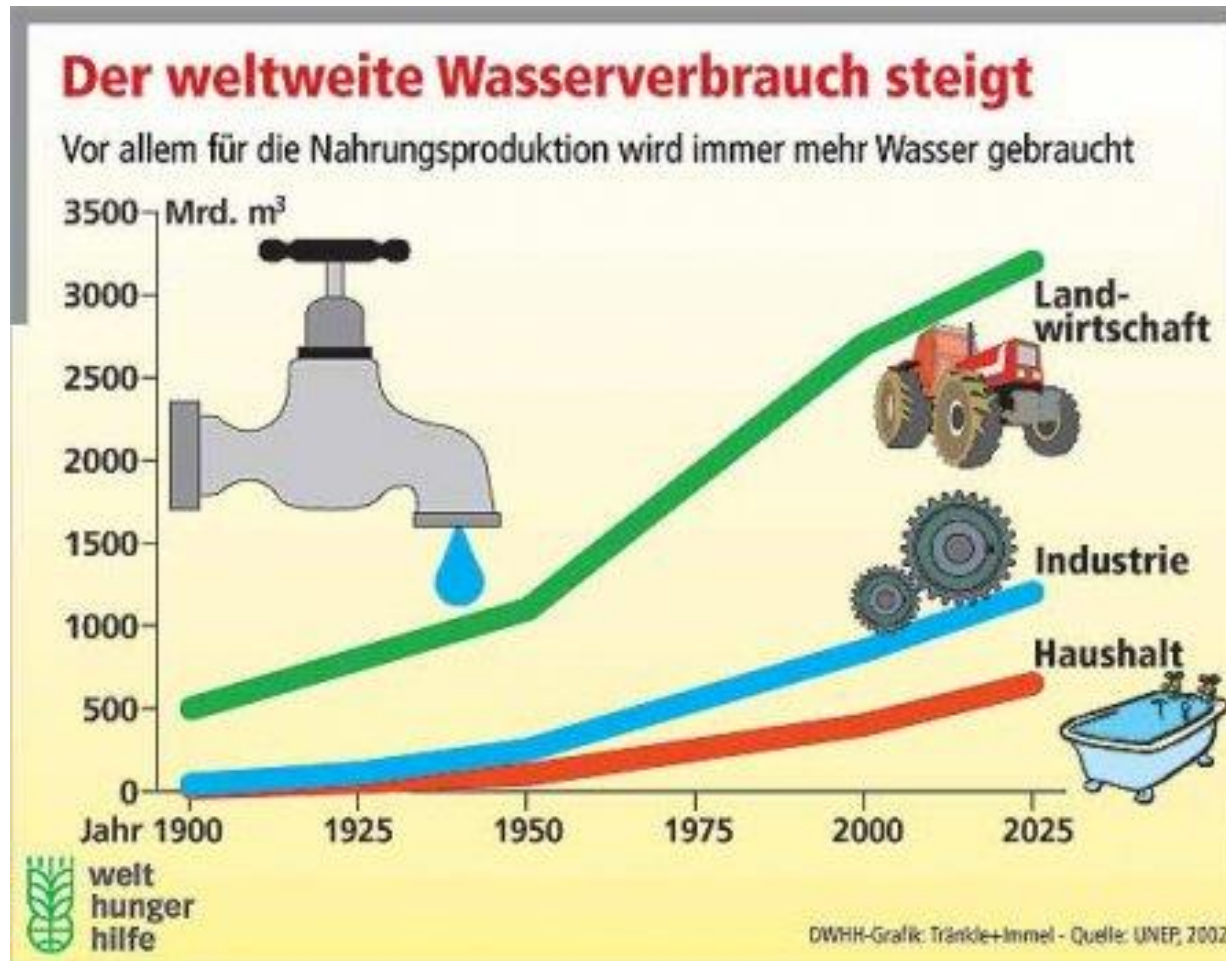




PHILIPPE REKACEWICZ, MARCH 2002

Source: Igor A. Shiklomanov, State Hydrological Institute (SHI, St. Petersburg) and United Nations Educational, Scientific and Cultural Organisation (UNESCO, Paris), 1999; *World Resources 2000-2001, People and Ecosystems: The Fraying Web of Life*, World Resources Institute (WRI), Washington DC, 2000; Paul Harrison and Fred Pearce, *AAAS Atlas of Population 2001*, American Association for the Advancement of Science, University of California Press, Berkeley.

A globális vízfelhasználás alakulása



A víz ipari felhasználása

A vízre szükség van, mint:

- nyersanyag
- energiaforrás (potenciális energia, hőenergia)
- vízi utak
- életfolyamatok alapfeltétele

A víz felhasználható, mint:

- ivóvíz, lakossági víz
- öntözés
- hőközlő anyag
- oldószer

A vizek jellemezhetők:

- oldott anyagok
- víz keménység
- pH

Az egyes iparágak közelítő vízigénye

Iparág, termék	Vizfelhasználás	Dimenzió
Acél hengerlés	1900	l / t
Vasöntöde	4000	l / t
Vegyszerek	5	l / l
Sörfőzde	5	l / l
Textilfestés	80	l / kg
Papíripar	54 000	l / t
Galvanizálás	15 000	l / t
Autóipar	5000	l / jármű
Alumíniumgyártás	8500	l / t
Húsfeldolgozás	16	l / kg

A vizek forrásai

1) Atmoszférikus (csapadék) víz

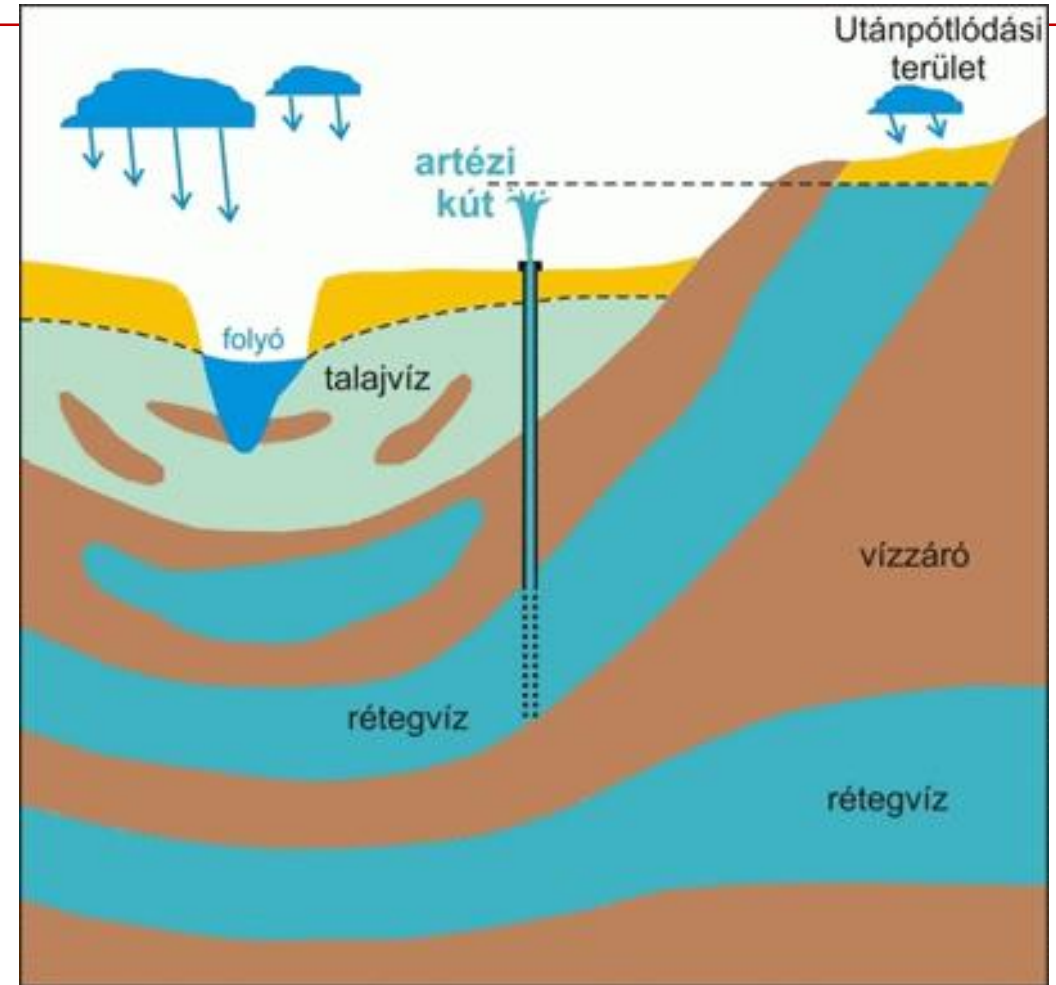
- lágy víz, oldott gázok (CO_2 , O_2 , stb.)

2) Felszíni vizek

- édesvíz: folyók, tavak, stb.
- sós vizek: tengerek, óceánok (sótartalom: 3,3-3,7 m/m%)

3) Felszín alatti vizek

- karsztvizek, ásványvizek
- talajvíz (az első vízzáró réteg felett), pl. kútvíz
- rétegvíz (a vízzáró rétegek között), pl. artézi víz
- hévizek ($T > 30^\circ\text{C}$), termálvizek ($T > 37^\circ\text{C}$), gyógyvizek, gejzírek



A víz fizikai kémiai tulajdonságai

A természetes vizek – **több komponensű/többfázisú rendszerek!**

- oldott sók
- oldott gázok (O_2 , CO_2 , N_2 , egyéb)
- szuszpendált anyagok (lebegő részecskék, homok, agyag, növényi részek)
- mikroorganizmusok



A vizek kémiai összetétele

- a) vízben oldott **sók**
- b) vízben oldott **gázok**
- c) vízben oldott **szerves anyagok**

Vízben oldott sók:

Általában keménységet okozó sók. Változó keménység és állandó keménység (összege az „összes keménység”)

- *Változó keménység:* termikusan eltávolítható (kiforralható), vízkőkiválást okoz
 - Ca^{2+} - és Mg^{2+} kationok hidrogénkarbonáttal képzett sói
- *Állandó keménység:* forralással nem távolítható el
 - Ca^{2+} - és Mg^{2+} kationok klorid-, szulfát-, nitrát anionokkal képzett sói
 - egyéb ionok, kisebb koncentrációban: Na^+ , K^+ , Fe^{2+} , Mn^{2+} , SiO_3^{2-} , stb.
 - vízlágyítási eljárásokkal szüntethető meg

Fontosabb vízlágyítási eljárások (részletek később):

- vegyszeres vízlágyítás (trisó, mész-szódás eljárás)
- ioncserélő oszlopokkal
- desztilláció (lásd desztillált víz)
- membrántechnikák (membránszűrés, fordított ozmózis)

A vizek kémiai összetétele

Vízben oldott gázok:

O₂: fontos élettani hatás, vízi élőlények számára elengedhetetlen

N₂: kevésbé oldódik, csekély jelentősége van

CO₂: fizikailag oldott és kémiailag oldott forma (= kötött CO₂, HCO₃⁻ és CO₃²⁻ formájában)

H₂S: mérgező, helyenként fordul elő

NH₃: mérgező, helyenként előfordulhat

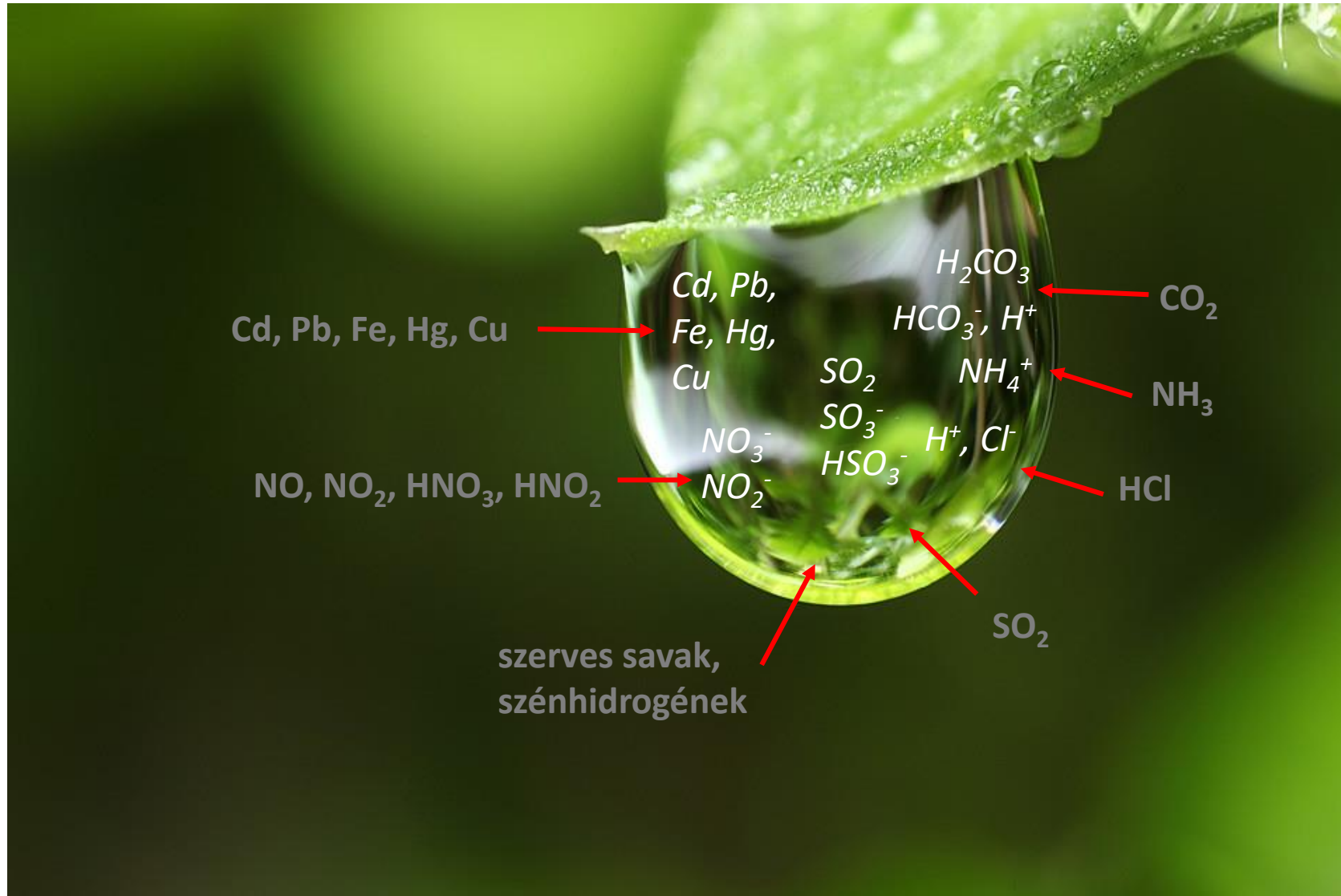
Vízben oldott szerves anyagok:

- természetes és mesterséges eredetűek (pl. gyógyszermaradványok, metabolitok, hormonok, mosószer, növényvédőszer-maradványok stb.)
- jelenlétük sokszor káros, vízminőséget rontják
- a vízben oldott szerves anyagok mennyiségét a KOI és BOI mérőszámokkal jellemzik (mg oxigén/liter víz)
(*KOI: kémiai oxigénigény, BOI: biológiai oxigénigény*)

Vízben szuszpendált anyagok:

- durva- és finomszemcsés szennyezők
- szervesetlen (homok, agyag), vagy szerves eredetűek (állati, növényi részek, algák, gombák, baktériumok, vírusok, stb.)
- kolloid-állapotú szennyezők

Az esővíz kémiai összetétele



A felszíni vizek kémiai összetétele

Kationok	Anionok	Koncentráció [mg/kg]
Na ⁺ , K ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺	HCO ₃ ⁻ , Cl ⁻ , SO ₄ ²⁻	1-10 ⁴
NH ₄ ⁺ , Fe ²⁺ , Mn ²⁺	HSiO ₃ ⁻ , F ⁻ , NO ₃ ⁻ , CO ₃ ²⁻	0,1-10
Cu ²⁺ , Zn ²⁺ , Ni ²⁺ , Al ³⁺	HS ⁻ , J ⁻ , NO ₂ ⁻ , H ₂ PO ₄ ⁻	0,1

Inert gázok	O ₂ , N ₂	1-10
Kémiaailag oldódó gázok	CO ₂	10-10 ²

	component	rain water	river water	sea water
Esővíz Folyóvíz Tengervíz jellemző összetétele (ppm-ben megadva)	Na	1.1	5.8	10,560
	K	0.26	2.1	380
	Ca	0.97	20	400
	Mg	0.36	3.4	1,270
	Cl	1.1	5.7	18980
	SO ₄ ²⁻	4.2	12	2650
	carbonate and CO ₂ (aq)	1.2	35	140
	Si	0.83	8.1	.05-2 (surface) 2.5-5 (deep)

A vizek minőségi vizsgálatai

- felhasználástól függetlenül (pl. ivóvíz, öntözővíz, kazántápvíz, stb.) a víz minőségét vizsgálni kell!
- mintavételezés helyessége döntő fontosságú
- minta homogenitását biztosítani kell
- minősítés történhet: fizikai, kémiai és /vagy biológiai szempontból

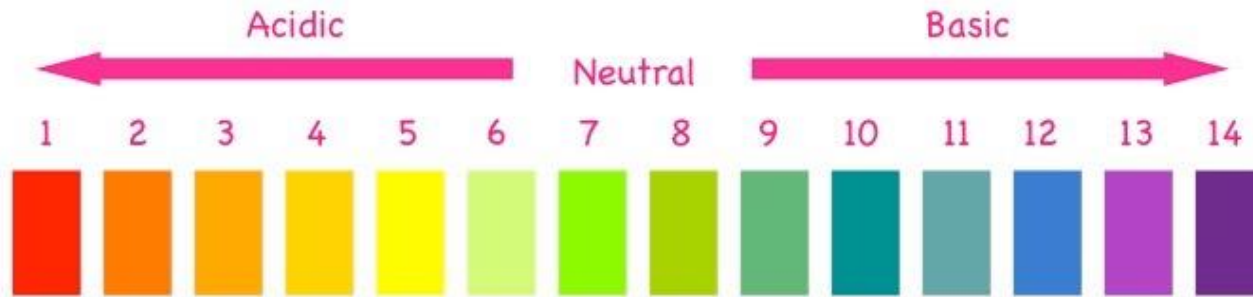
Minősítés szempontjai lehetnek:

- zavarosság
- kémhatás (pH)
- oxigénigény (KOI, BOI)
- keménység
- kation- és anionos összetétel (pl. ásványvizek, gyógyvizek)
- szervesanyag-tartalom
- radioaktivitás
- mikrobiológiai jellemzők (baktériumok, gombák, stb.)

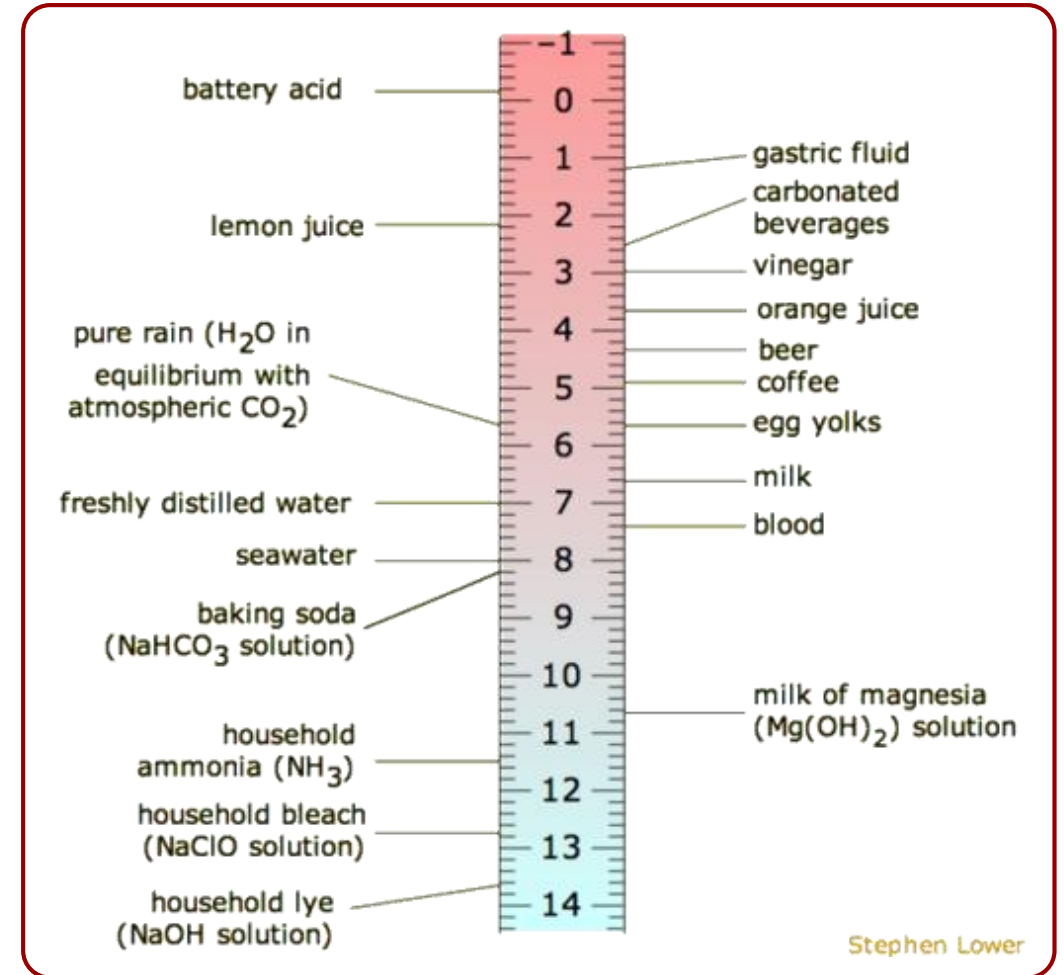
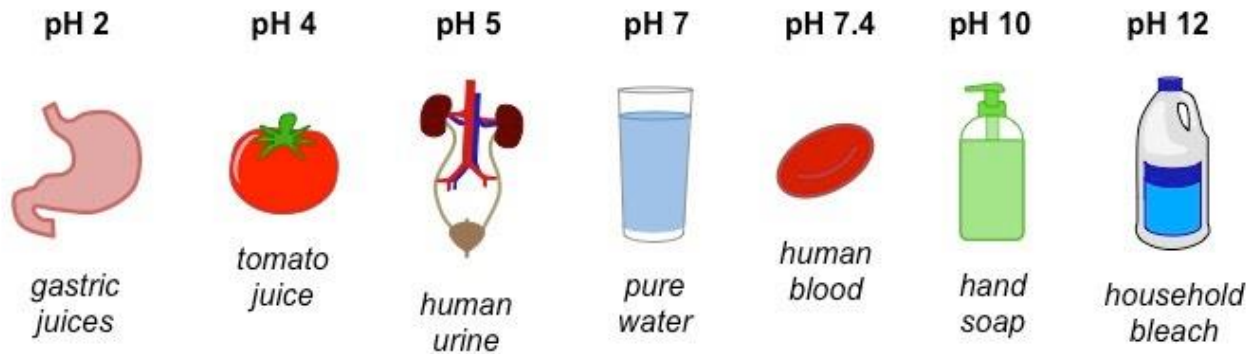
Vizek jellemzésére szolgáló „oxigénigény adatok”:

- **Biológiai oxigénigény (BOI):** a vízben lévő szerves anyagok **mikroorganizmusok által** történő biokémiai oxidálódáshoz szükséges oldott molekuláris oxigén mennyiséget adja meg egy meghatározott időintervallumra vonatkozóan (pl. 5 nap) 20 °C-on. BOI értékét mg/l –ben adják meg. *A víz biológiai úton lebontható szervesanyag tartalmát fejezi ki.*
- **Teljes biológiai oxigénigény (TBOI):** a vízben lévő szerves anyagok **teljes biokémiai lebontásához** szükséges oxigén mennyisége.
- **Elméleti oxigénigény (EOI):** a **szén-dioxidig és vízig** történő teljes oxidáláshoz elméletileg szükséges oxigénmennyiség
- **Kémiai oxigénigény (KOI):** azon oxigén mennyiségét fejezi ki, amely szükséges az egységnyi térfogatú vízben lévő szerves anyag oxidációjához **oxidálószer alkalmazásával** (mg/l); *COD: chemical oxygen demand*

A víz pH értéke



Examples of pH Conditions:



A víz elektromos vezetőképessége

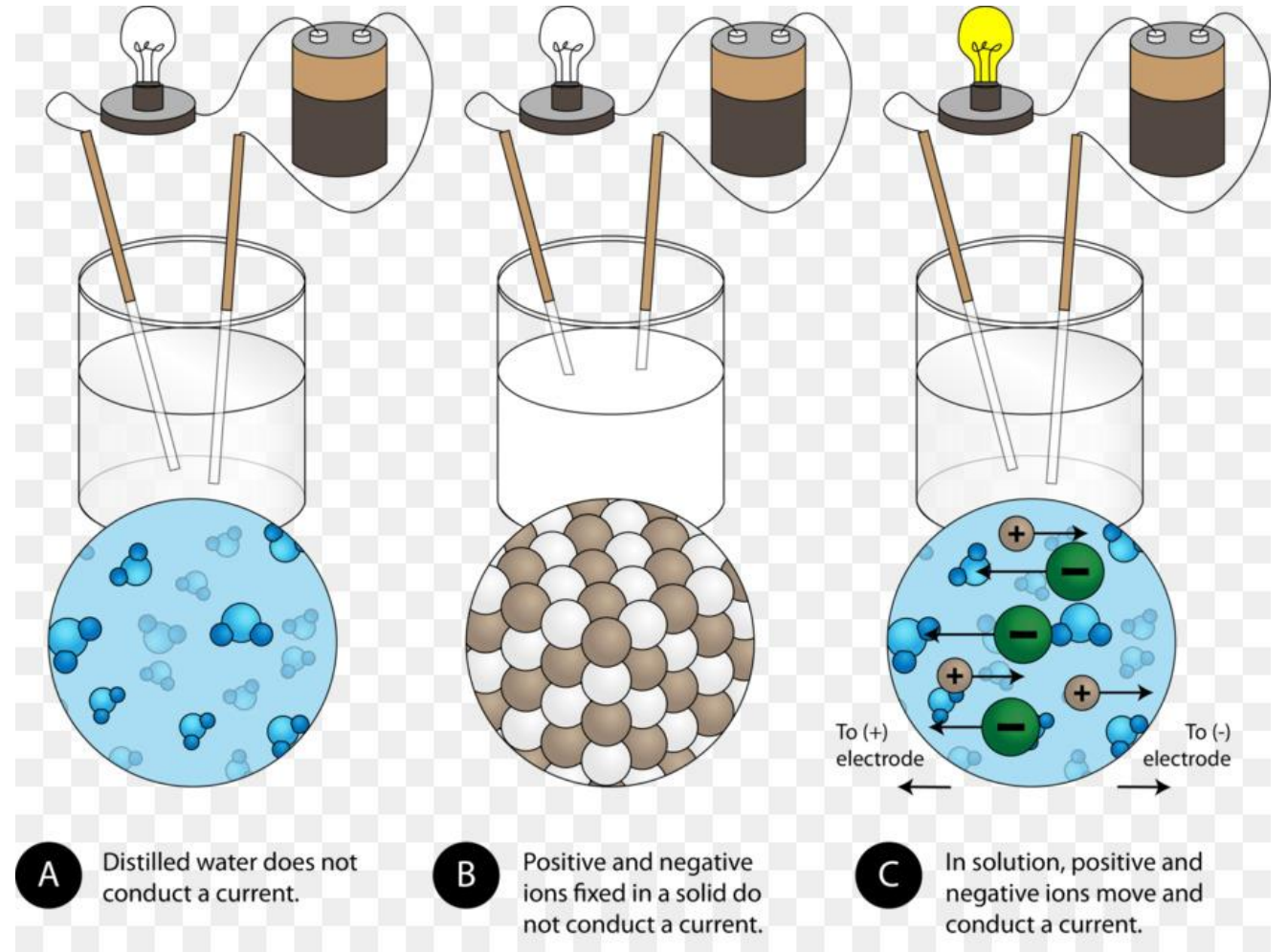
Oldat	Fajlagos vezetőképesség
Abszolút tiszta víz	0.055 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Erőművi kazánvíz	1.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Jó városi víz	50 $\mu\text{S}/\text{cm}$
Óceán vize	53 mS/cm

- A víz másodfajú vezető.
- Az elektromos vezetést az elektromos erőterben elmozduló ionok biztosítják.

Az oldatok (elektrolitok) ellenállása (R): $R = \rho \frac{l}{A}$

(l : hossz, A : keresztmetszet, ρ : fajlagos ellenállás)

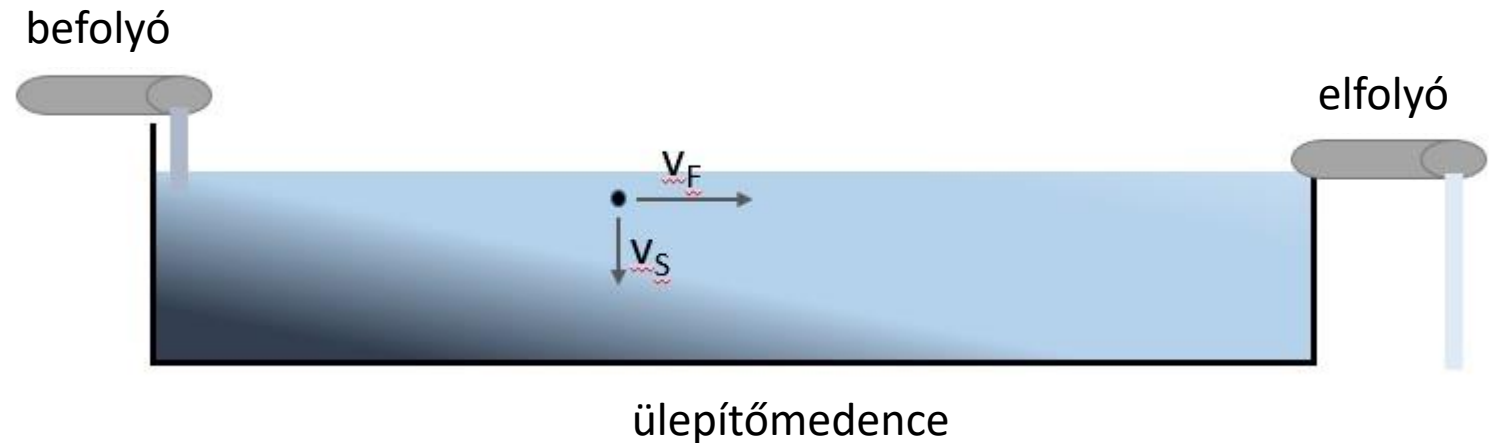
Fajlagos vezetés (κ): $\kappa = \frac{1}{\rho} [\Omega^{-1} \text{cm}^{-1}] \text{ ill. } [S \cdot \text{cm}^{-1}]$



- Ülepítés
- Derítés
- Centrifugálás
- Szűrés

- *fizikai*
- *kémiai*
- *biológiai műveletek*

1) Ülepítés



Ülepítés célja: a víznél nagyobb sűrűségű lebegő szennyezések eltávolítása (nem kolloid mérettartományú szemcsék)

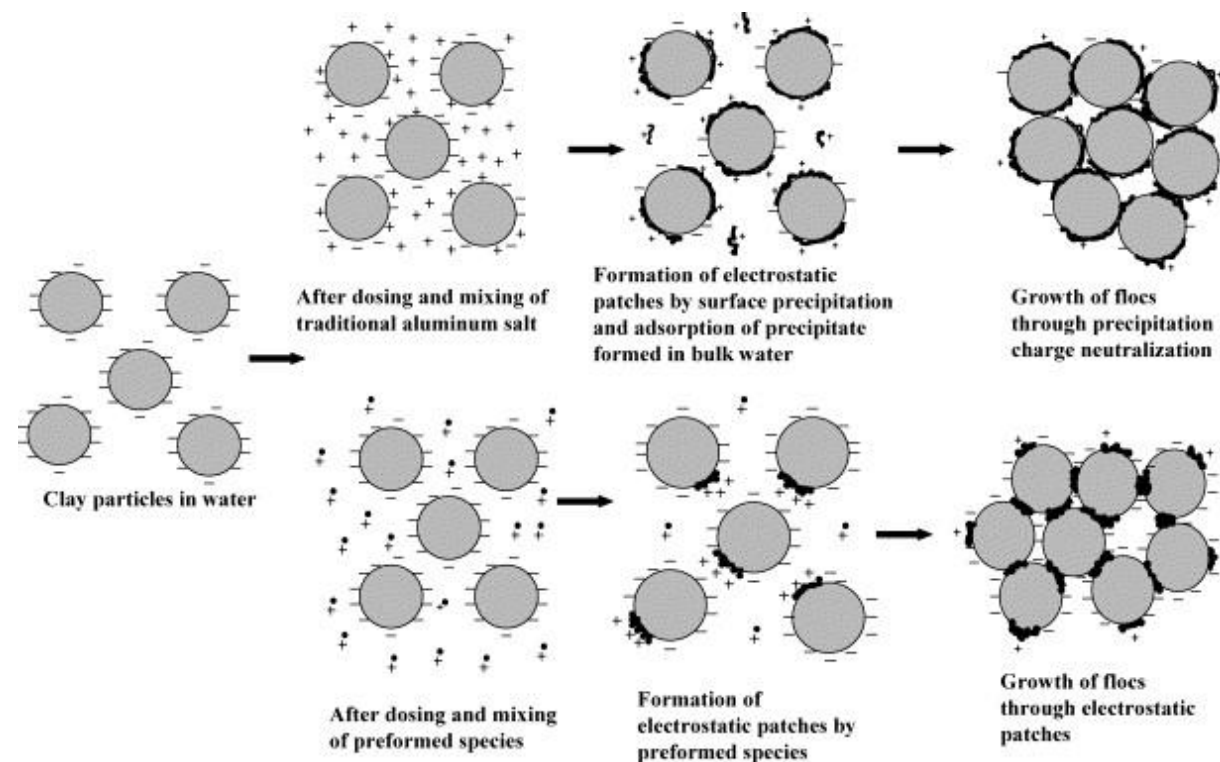
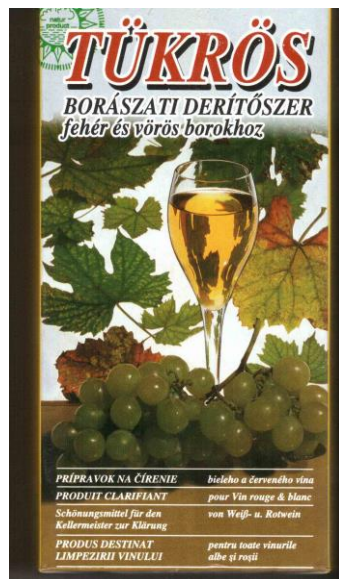
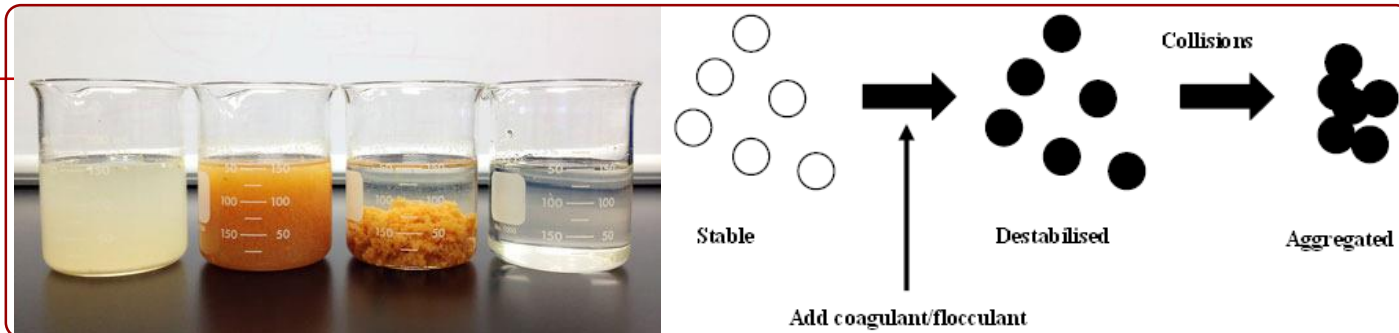
Ülepítés megvalósítása: nagy befogadóképességű, szakaszosan, vagy folyamatos üzemben működő medencék.



2) Derítés

Derítés célja: kolloid méretű lebegő, nem ülepedő szemcsék/szennyeződések eltávolítása. A derítószer hatására jól ülepedő, szűrhető csapadék keletkezik.

Derítés megvalósítása: derítószer adagolása, pH állítás

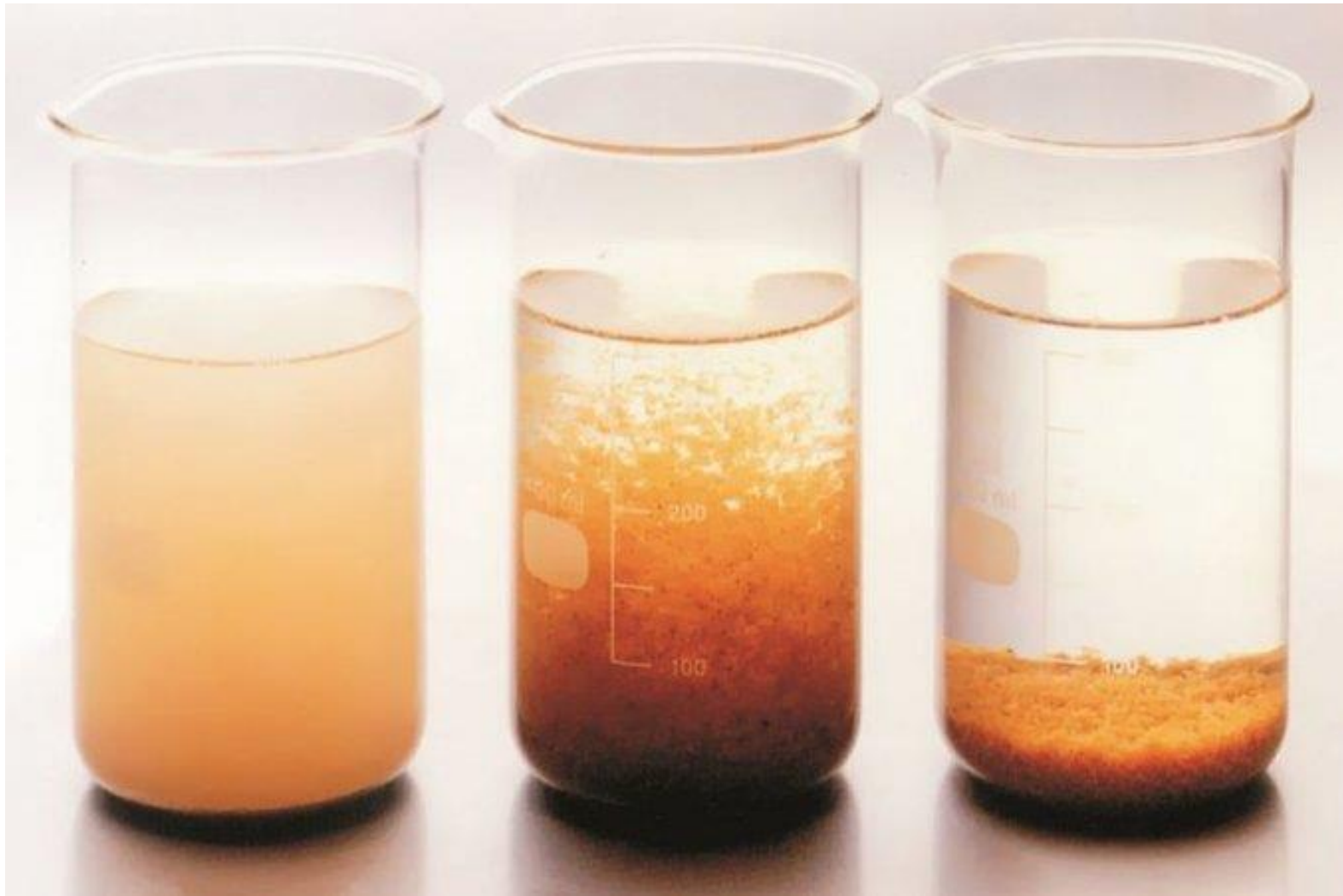


+ Non-preformed mononuclear Al species - Preformed polymeric Al species

Poli(alumínium-klorid) (4%)

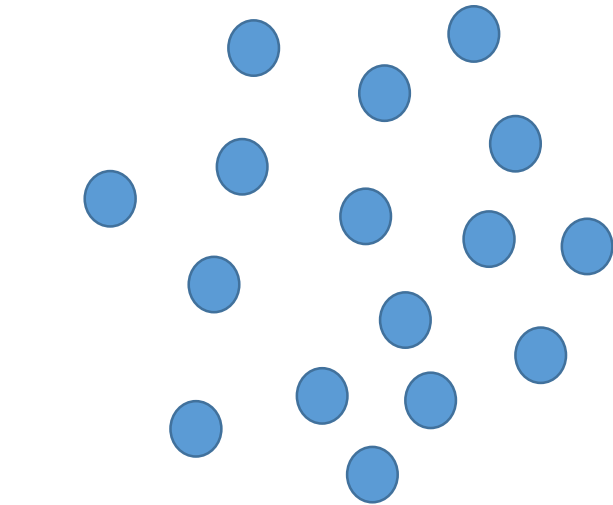
bentonit alapú derítőszer

2) Derítés



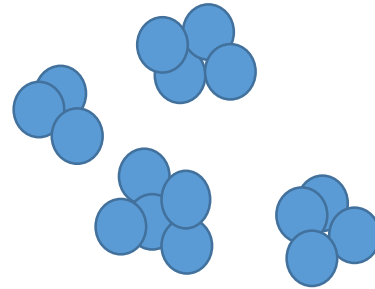
2) Derítés

Koaguláció és flokkuláció jelenségei



heterogén inkoherens diszperz rendszer (pl. kolloidális szol)

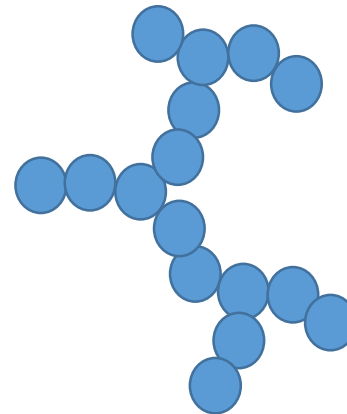
koaguláció



Koagulált állapotú heterogén, **inkoherens** diszperz rendszer
(koagulum, aggregátum)

(jellemzője: gyorsabban ülepedő, kisebb-nagyobb méretű aggregátumok)

flokkuláció



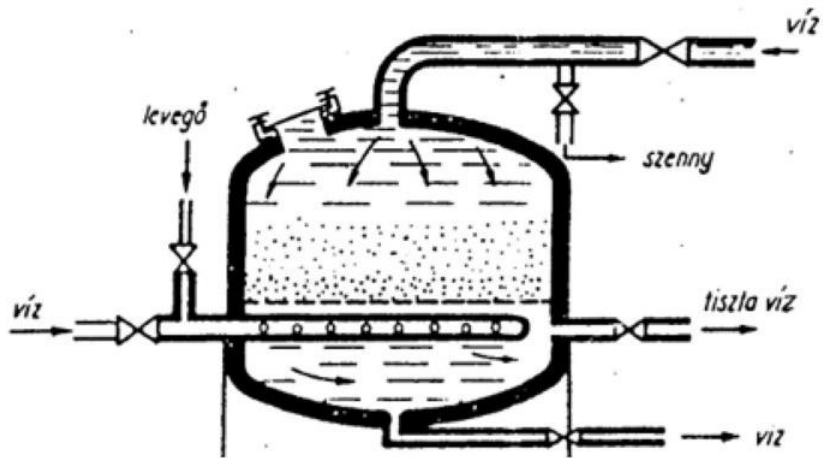
Koagulált állapotú heterogén, **koherens** diszperz rendszer
(flukkulálás, flokkulum)

(jellemzője: lassabban, vagy nem ülepedő koherens, gélyszerű részecskehalmoz)

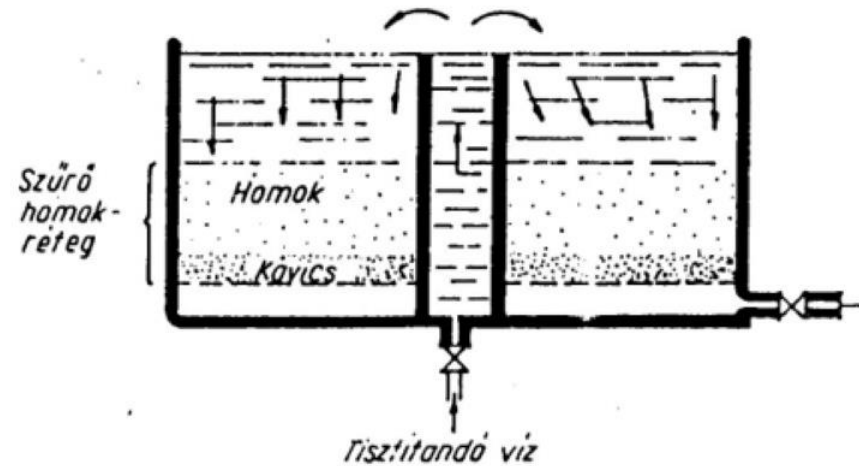
3) Szűrés

Szűrés célja: az üleptés vagy derítés után a vízben maradó (vagy kevésbé szennyezett vizekben eredetileg fellelhető) lebegő szennyezések teljes eltávolítása.

Szűrés megvalósítása: nyitott vagy zárt rendszerű szűrőberendezésekkel



zárt rendszerű szűrés



nyitott rendszerű szűrés

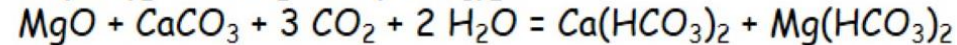
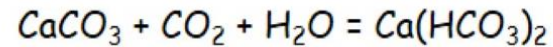
Vízből kivonandó egyéb komponensek:

- Oldott gázok (gáztalanítás)
- Vas-tartalom
- Mangán-tartalom
- Olaj-tartalom
- Mikroorganizmusok (fertőtlenítés)

Víz gáztalanítása

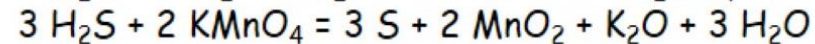
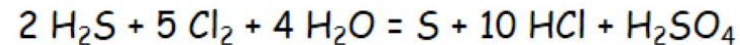
Szén-dioxid mentesítésre van szükség, ha a víz a karbonát-hidrogénkarbonát egyensúly fenntartásához szükséges mennyiségnél több CO_2 -ot tartalmaz. Az agresszív CO_2 miatt a víz korrozívá válik és megtámadja a cement- és betonépítményeket ill. fémfelületeket, így pl. a kazánok falát és a csővezetékeket.

A CO_2 eltávolítása fizikai és kémiai úton lehetséges. Ez megvalósítható a nyomás csökkentésével, a hőmérséklet emelésével, kémiai elnyeletéssel.



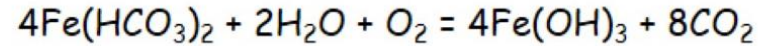
A fenti folyamatok növelik a víz karbonát keménységét.

Kénhidrogén-mentesítés általában oxidációs módszerrel történik.



A víz vastalanítása

A vas a vízben hidrogén-karbonát alakjában lehet jelen, amely oxidáció hatására oldhatatlan csapadékká alakul.



A víz mangántalanítása

Eltávolítása a vashoz hasonlóan oxidációval történik.

A víz olajtalanítása

A fészíni vizek és az ipari kondenzvizek olajszennyeződését különféle eljárásokkal csökkenthetjük:

- sorbakapcsolt olajleválasztó edényekkel,
- adszorbens anyagokkal.

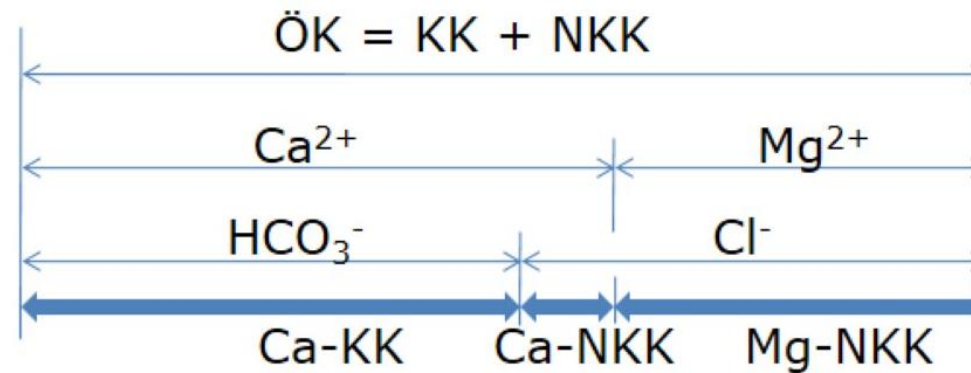
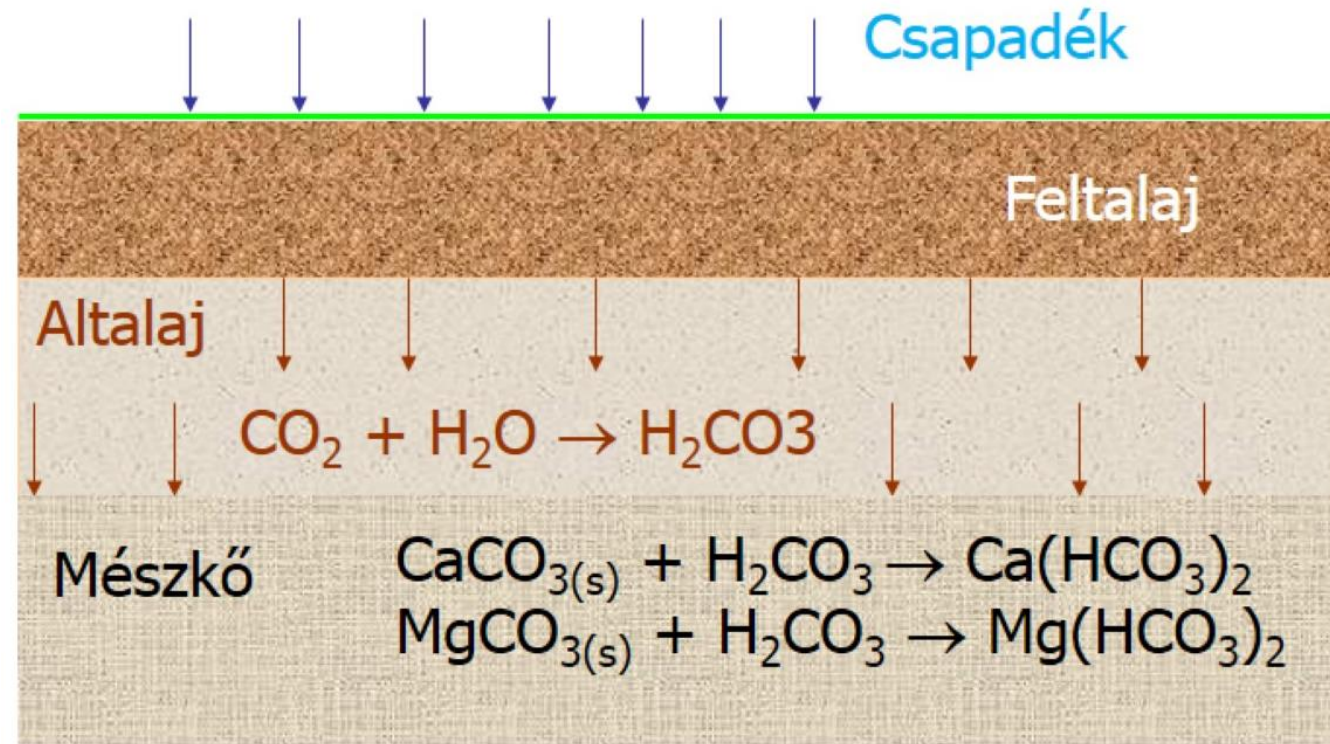
A víz fertőtlenítése

Célja a fertőzést okozó mikroorganizmusok (baktériumok, protozoák, algák, amóbák stb.) eltávolítása.

A lakossági vízvezetékek vizének tisztításánál az egyik legfontosabb művelet a víz fertőtlenítése.

- A vizek keménységét a vízben oldott többértékű kationok (Ca^{2+} , Mg^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+}) okozzák.
- Karbonát-keménység (KK): karbonát (CO_3^{2-}) és hidrogén-karbonát (HCO_3^-) sók oldódása eredményezi.
- Nem-karbonát keménység (NKK): egyéb anionok által képzett sók jelenléte (SO_4^{2-} , Cl^- , NO_3^- , stb.) okozza.
- Összes keménység (ÖK): KK + NKK összege
- A keménységet okozó ionok eltávolítása a „vízlágyítás”.

A keménység kialakulása



A vízkeménység mérőszámai

1 nk° keménységű az a víz, melynek 1 dm³-ében 10 mg CaO-dal egyenértékű keménységet okozó (Ca és Mg) só van feloldva.

Keménység egysége	1 mval/l	Német 1 nk (dH)	Francia 1 fk (fH)	Angol 1 ak (eH)	Amerikai 1 ppm	Nemzetközi 1 mmol/l
	28 mg CaO vagy 50 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	10 mg CaO 1 l H ₂ O	10 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	1 grain CaCO ₃ per gallon ≈ 14,3 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	1 part per million ≈ 1 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O	100 mg CaCO ₃ 1 l H ₂ O
1 mval/l	1	2,8	5	3,51	50	0,5
1 °dH	0,357	1	1,786	1,25	17,86	0,1786
1 °fH	0,2	0,5599	1	0,7	10	0,1
1 °eH	0,285	0,7999	1,429	1	14,29	0,1429
1 ppm	0,02	0,056	0,1	0,07	1	0,01
1 mmol/l	2	5,6	10	7	100	1

A vízkeménység besorolásai

Keménység		Besorolás
mmol/l	°nk	
0-0,7	0-4	Nagyon lágy
0,7-1,5	4-8	Lágy
1,5-2,2	8-12	Közepesen kemény
2,2-3,2	12-18	Eléggé kemény
3,2-5,3	18-30	Kemény
>5,4	>30	Nagyon kemény

Vizek lúgossága

Lúgosság, savasság

- Savasság a lúg semlegesítő képessége a vízben
- A savak olyan anyagok, melyek protont (H^+) adnak át más anyagoknak
- A lúgok sav semlegesítő ásványok a vízben
- A lúgosság az összes lúgosságot okozó anyag mely protont fogyaszt, azaz savat semlegesít

Savas környezet a korrózióra való hajlamot, míg lúgos környezet a különböző sók lerakódásra való hajlamát erősíti (természetesen ezeket más tényezők is befolyásolják, mint pl. hőmérséklet, vezetőképesség stb.).

Természetes vizeinkben a pH 7 feletti, azaz lúgos tartomány az általános. Ezekben a vizekben a lúgtartalmat főként karbonát (CO_3^{2-}), illetve bikarbonát (HCO_3^-) ionok adják.

A lúgosság mértékének meghatározására kétféle módszer terjedt el. Mindkettő ún. titrálásos eljárás, amikor olyan indikátor adunk a vízmintához, mely egy adott pH értéknél határozottan színt vált miután adott koncentrációjú savat adagolunk a mintához, melynek mennyisége adja a lúgosság értékét.

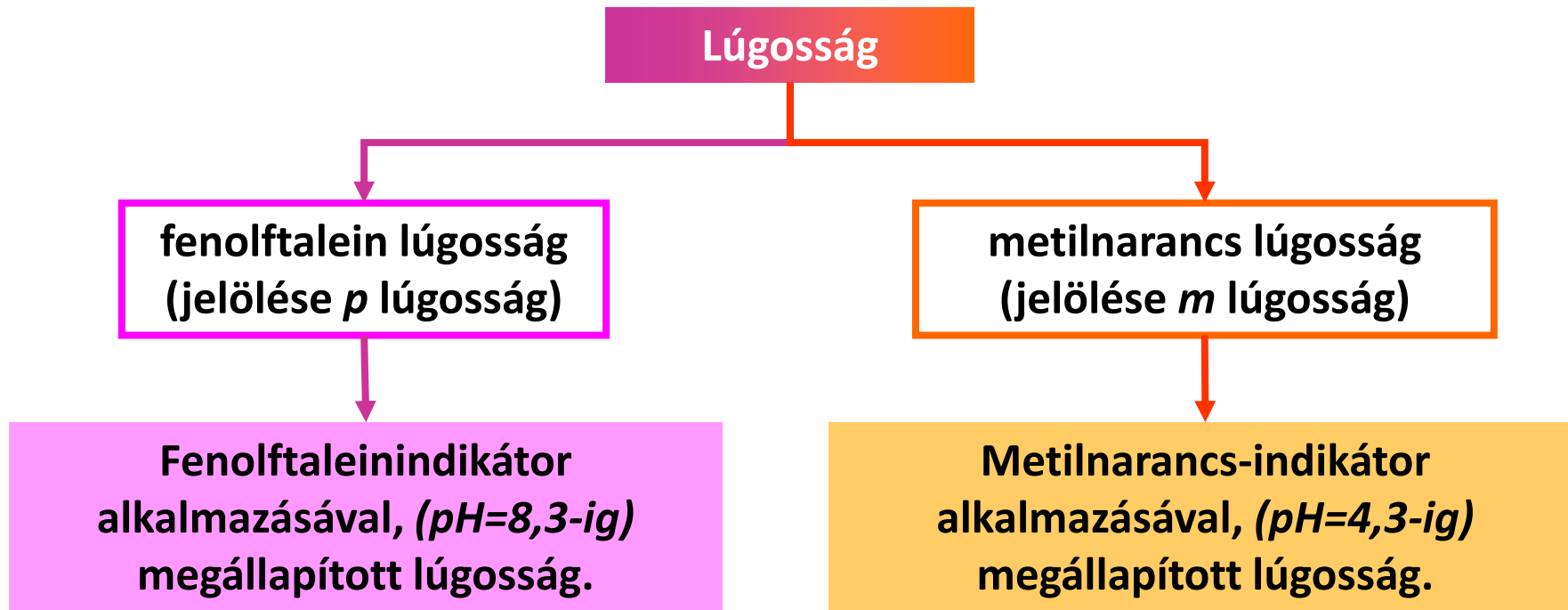
p-lúgosság – meghatározása során fenolftalein indikátort adunk a mintához, mely a titrálás során pH 8,3 értéknél vált lilásról színtelenre. Mértékegysége: $mmol/dm^3$

m-lúgosság - meghatározása során metil-narancs indikátort használunk, mely pH 4,3 értéknél sárgából vörös színre vált a titrálás során. Mértékegysége $mmol/dm^3$

Vizek lúgossága

A víz lúgosságának meghatározása során csak azt vizsgáljuk, hogy a lúgos víz mennyi savval reagál.

Lúgosság alatt értjük a vízben lévő, savval (sósav, $c = 0,1 \text{ mol/dm}^3$) reakcióba lépő anyagok összességét, amely a titrálás végpontjának pH-értékétől függ.



A lúgosság értékét egyértékű ionra számolva mmol/dm^3 -ben adjuk meg.

Keménység és lúgosság kapcsolata

Ha a vízben nincs szabad lúgtartalom és nincsenek karbonátionok, akkor a lúgosság nem haladja meg a 8,3-es pH-t.

Ekkor a víz p -lúgossága nulla.

A víz lúgosságát ekkor a kalcium- és magnézium-hidrogén-karbonátok okozzák.

Vagyis azok az anyagok, amelyek a változó keménységet is okozzák!

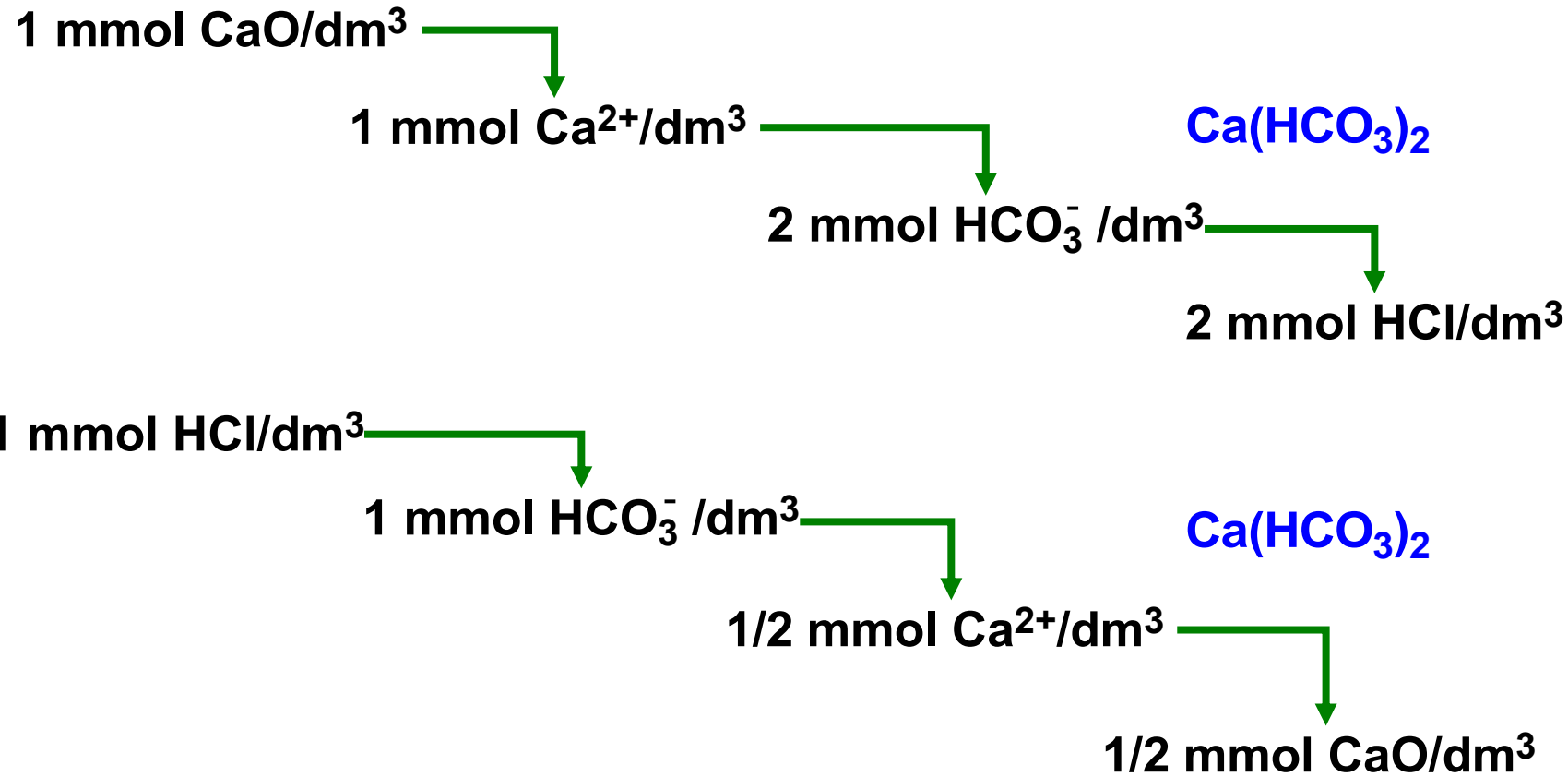
$p = [\text{OH}^-] + \frac{1}{2} [\text{CO}_3^{2-}]$ (mekv/dm³) pH=8,3-ig: Az adagolt savval semlegesítjük az OH⁻-t és a karbonát felét.

$m = [\text{OH}^-] + [\text{CO}_3^{2-}] + [\text{HCO}_3^-]$ (mekv/dm³) pH=4,3-ig: Az adagolt savval semlegesítjük az OH⁻-t, karbonátot, H-karbonátot.

Emlékeztetőül:

1 mmol CaO/dm³ keménységű az a víz, melynek 1 dm³-ében 1 mmol CaO-dal egyenértékű keménységet okozó (Ca és Mg) só van feloldva.

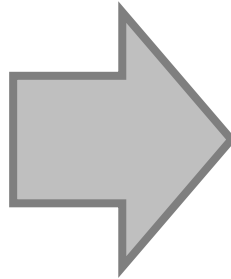
Meg kell tehát állapítani a CaO és a HCl közötti arányt!



A mmol CaO/dm³-ban kifejezett változó keménység tehát az *m*-lúgosság fele.

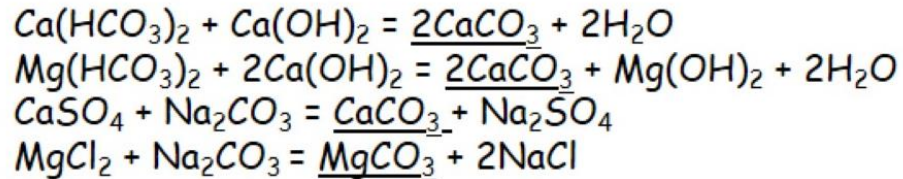
- 1) Termikus eljárás
- 2) Meszes (és mész-szódás) eljárás (Ca(OH)_2 , Na_2CO_3)
- 3) Trinátrium-foszfátos (Na_3PO_4) eljárás
- 4) Ioncserés eljárás

1) Termikus eljárás: melegítés hatására a $\text{Ca(HCO}_3)_2$ és $\text{Mg(HCO}_3)_2$ oldhatatlan CaCO_3 és MgCO_3 -tá alakul.



2) Meszes (és mész-szódás) eljárás (Ca(OH)_2 , Na_2CO_3)

A meszes vízlagytás: A meszes vízlagytás során Ca(OH)_2 vagy CaO adagolásával végzik a víz keménységének csökkentését. A Ca(OH)_2 kémiai reakcióba lép a változó keménységet okozó sókkal és csapadékot képez velük, tehát a [változó keménységet okozó sók koncentrációja, ezáltal a változó keménység csökken](#). Az állandó keménységet okozó vegyületek közül csak a magnézium tartalmú sókkal lép reakcióba, a reakció során a magnézium vegyületek kicsapódnak, de ekvivalens mennyiségű kalcium kerül a vízbe. A meszes vízlagytás során a Ca(OH)_2 szintén csapadékot képez a vízben lévő oldott szén-dioxiddal is.

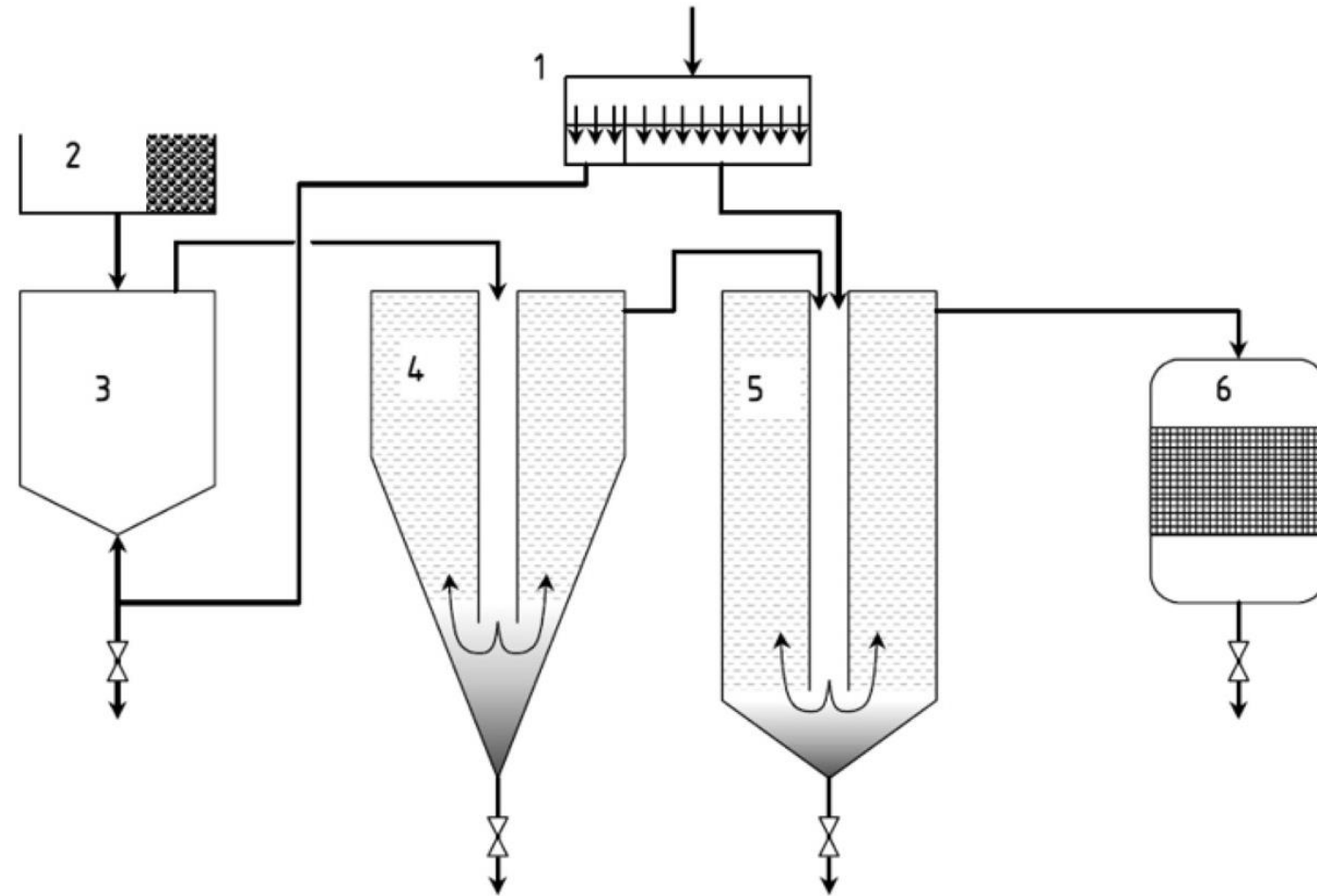


A CaCO_3 oldhatósági minimuma $\text{pH}=9-9,5$, a MgCO_3 -é pedig $\text{pH}\sim 11$. A kívánt pH -értéket mészfölösleg adagolásával biztosítják, ez kb. 1,25 mekv/l mészfölösleg. Ha oldott CO_2 is jelen van további mészfogyasztás lép föl. A víz keménységi viszonyainak, a kalcium és magnéziumsók arányának ismeretében a reakcióegyenletek alapján meghatározható a lagytáshoz szükséges mészsükséglet:

$$\begin{aligned}M(\text{CaO})[\text{g}/\text{m}^3] &= 10\text{KK}[\text{nk}^0] + 1,4\text{MgO}[\text{g}/\text{m}^3] + 1,27\text{CO}_2[\text{g}/\text{m}^3] \text{ vagy} \\ M(\text{CaO})[\text{g}/\text{m}^3] &= 10\text{KK}[\text{nk}^0] + \text{MgK}[\text{nk}^0] + \text{CO}_2\text{K}[\text{nk}^0]\end{aligned}$$

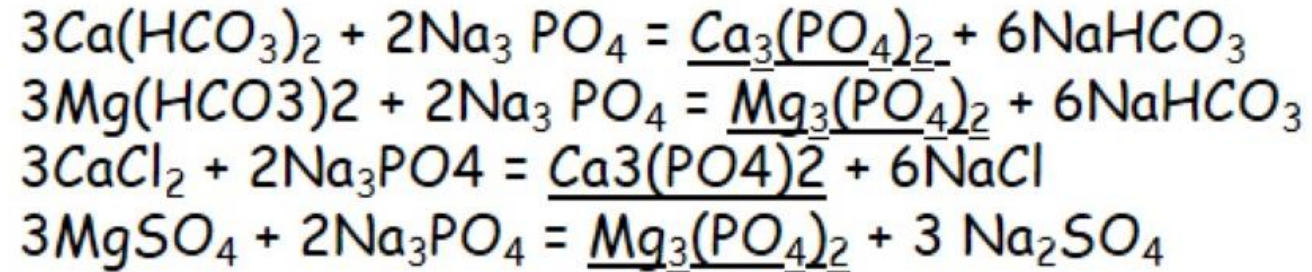
$$\text{A szódaszükséglet pedig: } M(\text{Na}_2\text{CO}_3)[\text{g}/\text{m}^3] = 18,9\text{NKK}[\text{nk}^0]$$

Hidegen 4 nk° (40mg/l CaO),
melegen 1 nk° (10mg/l CaO)
keménység biztosítható.



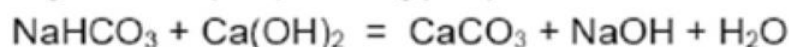
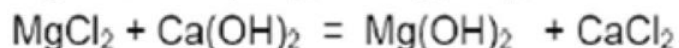
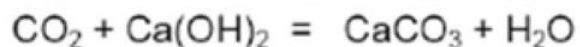
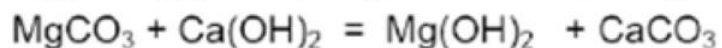
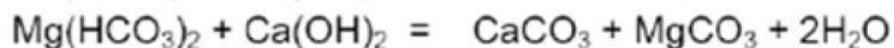
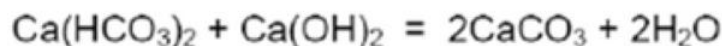
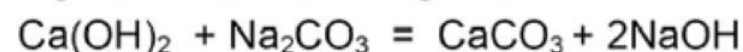
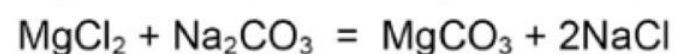
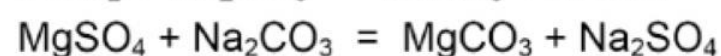
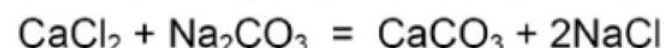
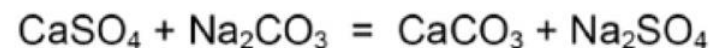
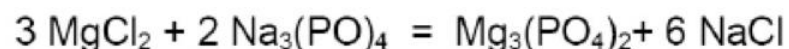
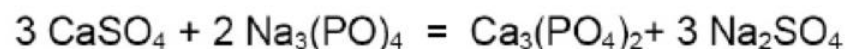
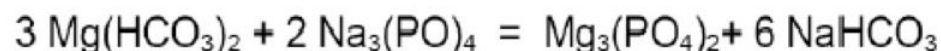
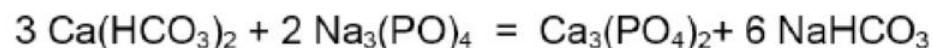
Mészvizes vízlágyító

1- vízelosztó, 2- mészoltó, 3- mésztejadagoló, 4- mésztelítő, 5- reaktor, 6- szűrő

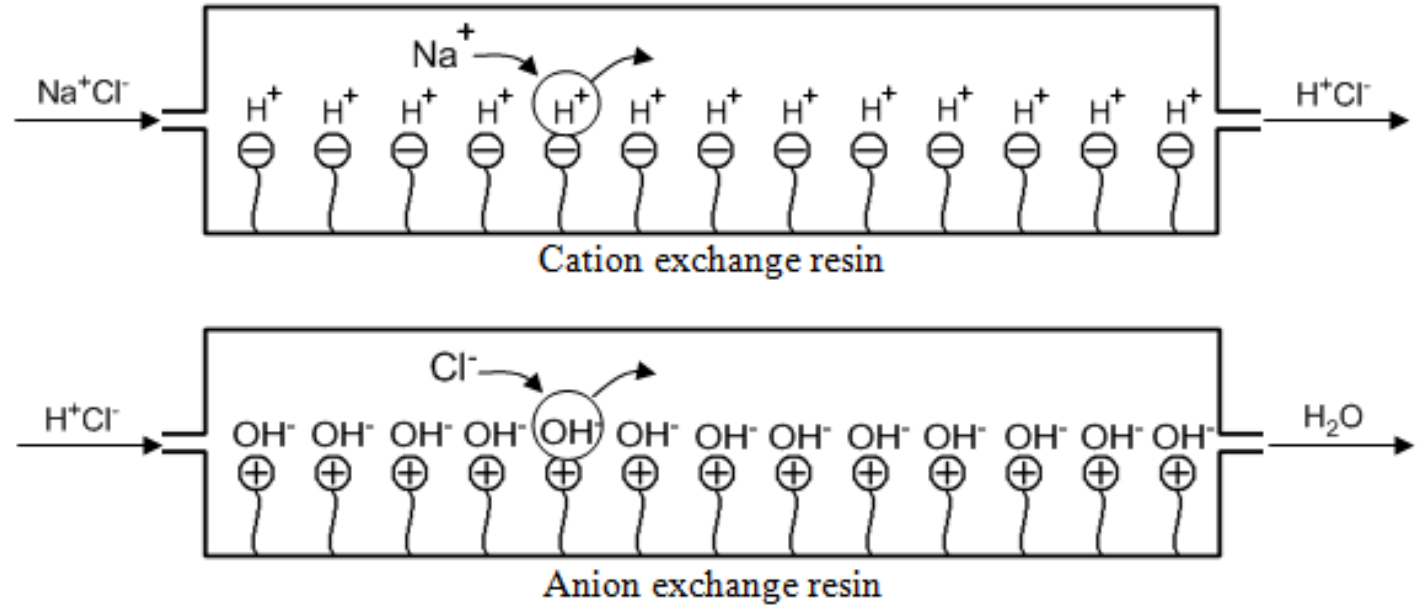
3) Trinátrium-foszfátos (Na_3PO_4) eljárás

A lágyításhoz szükséges trisó mennyisége:

$$M(\text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 12\text{H}_2\text{O})[\text{g}/\text{m}^3] = 45\text{ÖK}[\text{nk}^0]$$

Meszes eljárás**Szódás eljárás****Trinátrium-foszfátos (Na_3PO_4) eljárás**

4) Ioncserés eljárás



Az ioncserélők olyan szilárd anyagok (polisztirol alapú műgyanták), amelyek pozitív vagy negatív töltésű ionos csoportokat tartalmaznak és az azokhoz kapcsolódó, szabadon mozgó ionjaikat képesek más, azonos töltésű ellenionokkal kicserélni.

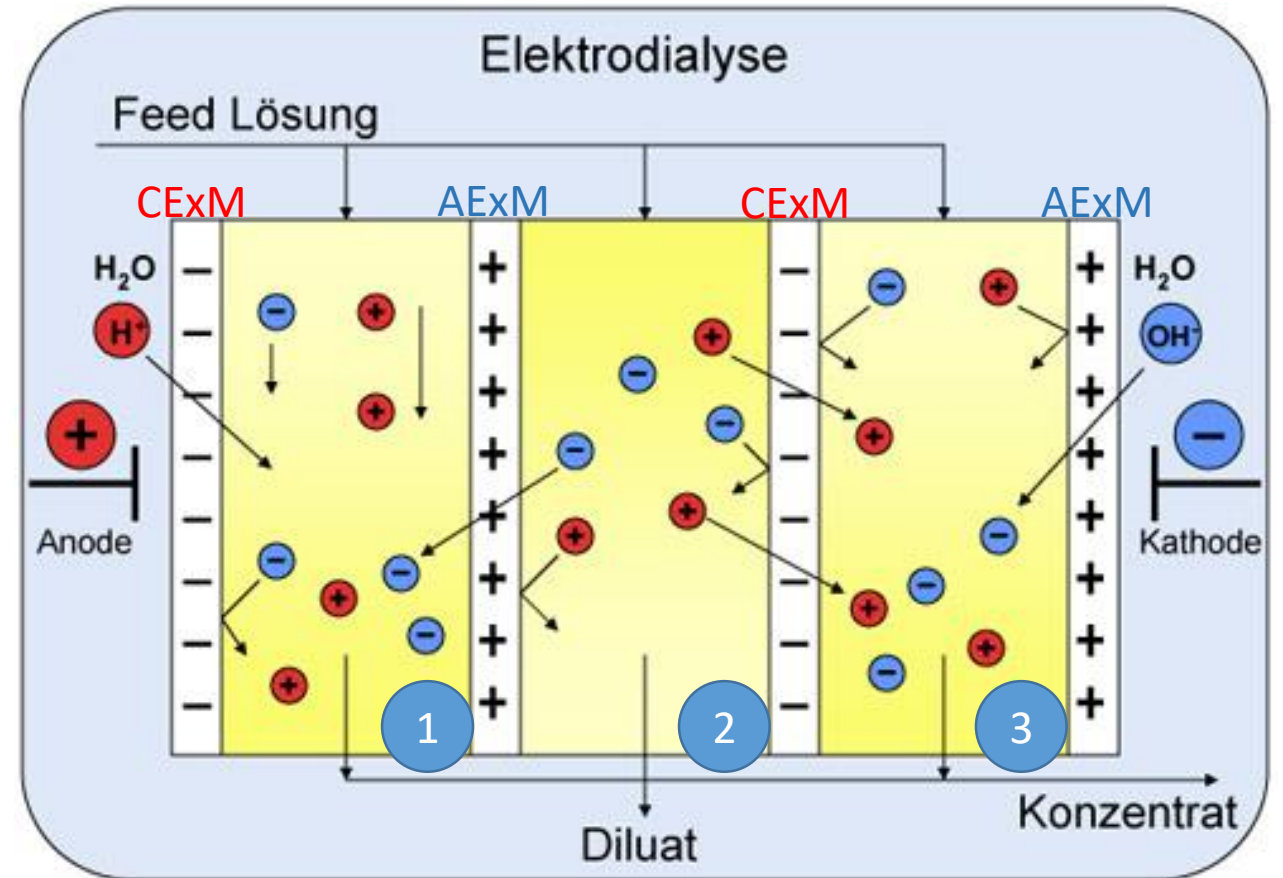
Ipari és ivóvíz előállításra különféle membrántechnológiák alkalmazhatók.

- **Elektrodialízis (ED)**
- **Elektrodeionizálás (EDI)**
- **Fordított ozmózis (RO)**
- **Nanoszűrés (NF)**
- **Ultraszűrés (UF)**
- **Mikroszűrés (MF)**

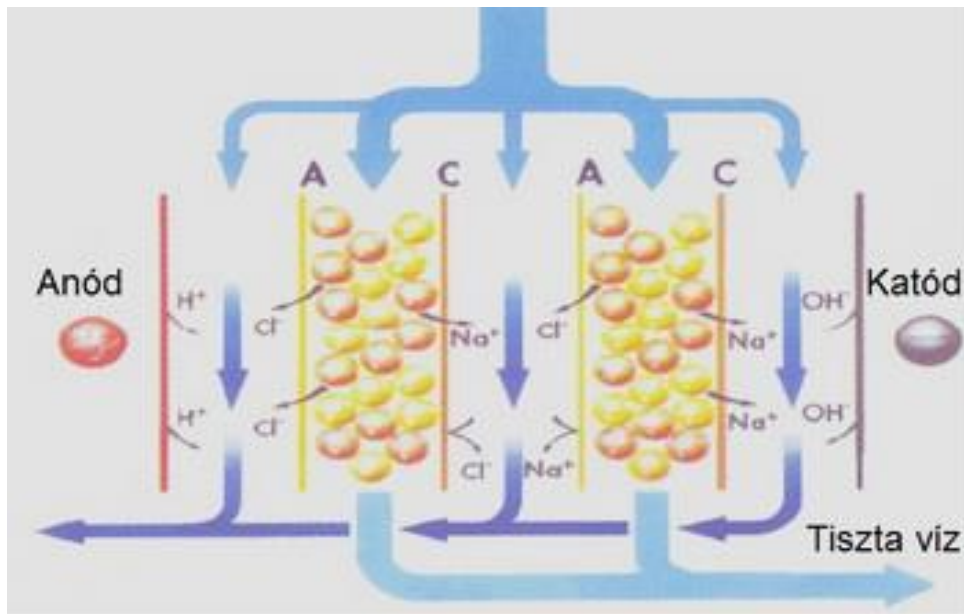
Vízkezelés membrántechnikákkal – Elektrodialízis (ED)

Elektrokémiai membrántechnika

Elektromos erőtér és
ioncserélő membránok együttes használata



Vízkezelés membrántechnikákkal – Elektrodialízis (ED)

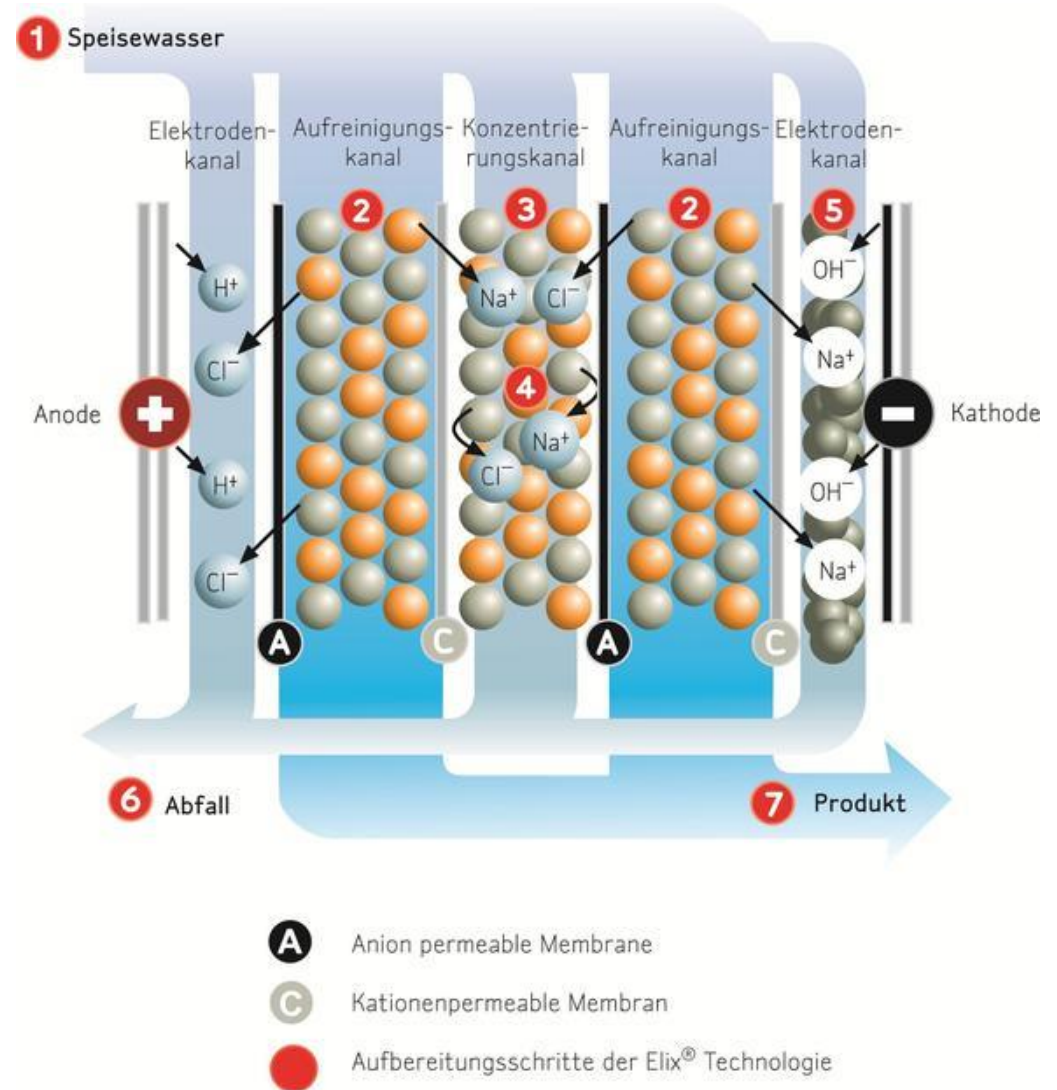


A tisztítandó vizet egy cellába vezetik. A cellában két elektród van, melyek közt féligáteresztő (szemipermeábilis) hártyák sorát helyezik el, váltakozva a pozitív ionokra (C = kation) áteresztő membránok és a negatív ionokra (A = anion) áteresztő membránok. Az ionok igyekeznek elkülönülni a váltakozó membránpárok közt, a tiszta víz pedig ott marad a hézagokban. Ily módon a befolyó víz két áramra oszlik, az egyik a tiszta víz (világoskék nyilak), a másik a koncentráltabb oldat (sötétkék nyilak).

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 változtatják.

Vízkezelés membrántechnikákkal – Elektrodeionizálás (EDI)

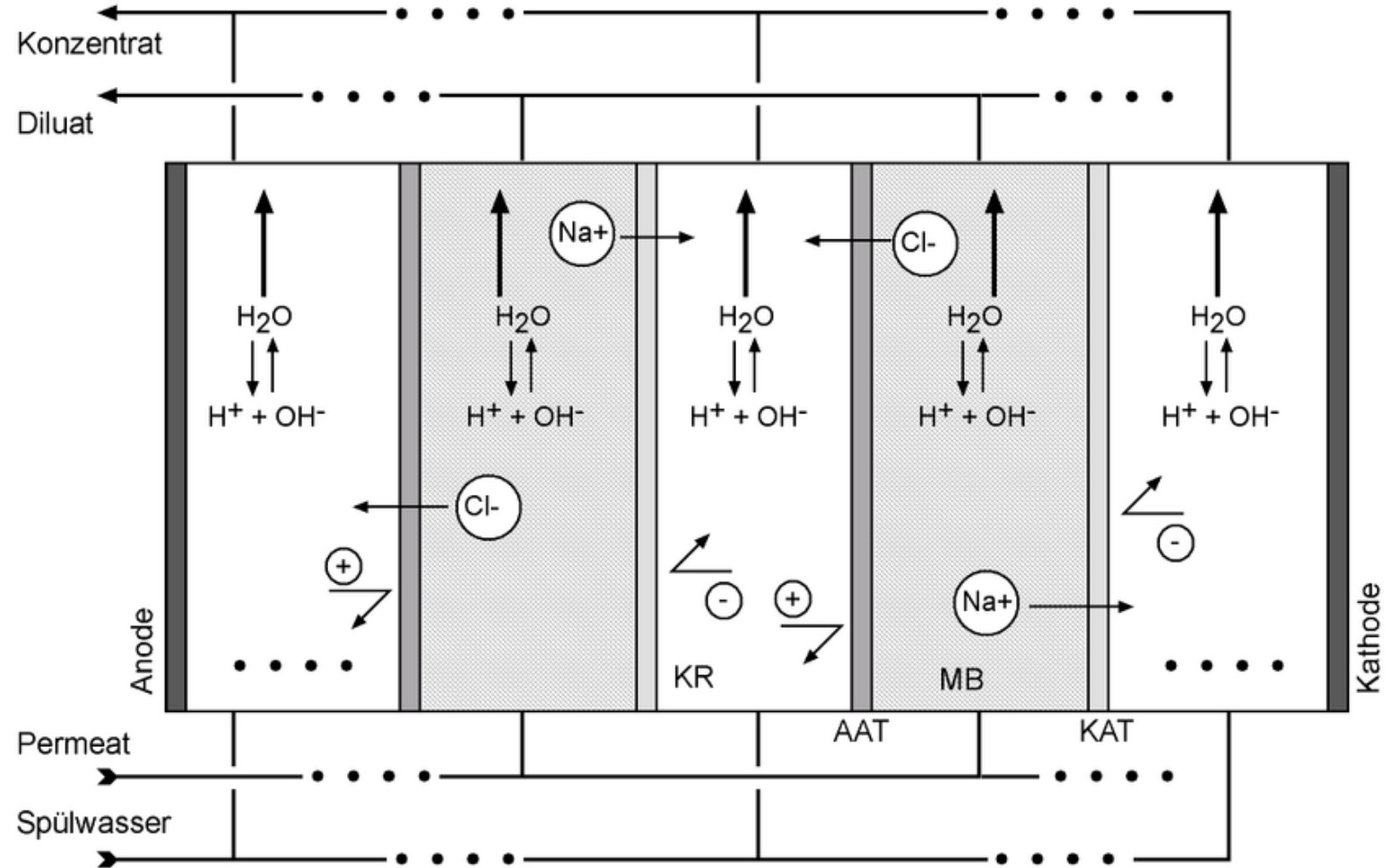
- Oldott ionok eltávolítása
- Ioncsere és elektrodialízis kombinációja
- Akár $6 \cdot 10^{-6}$ S/m vezetőképesség körülire csökkenthető a kezelt víz elektromos vezetőképessége

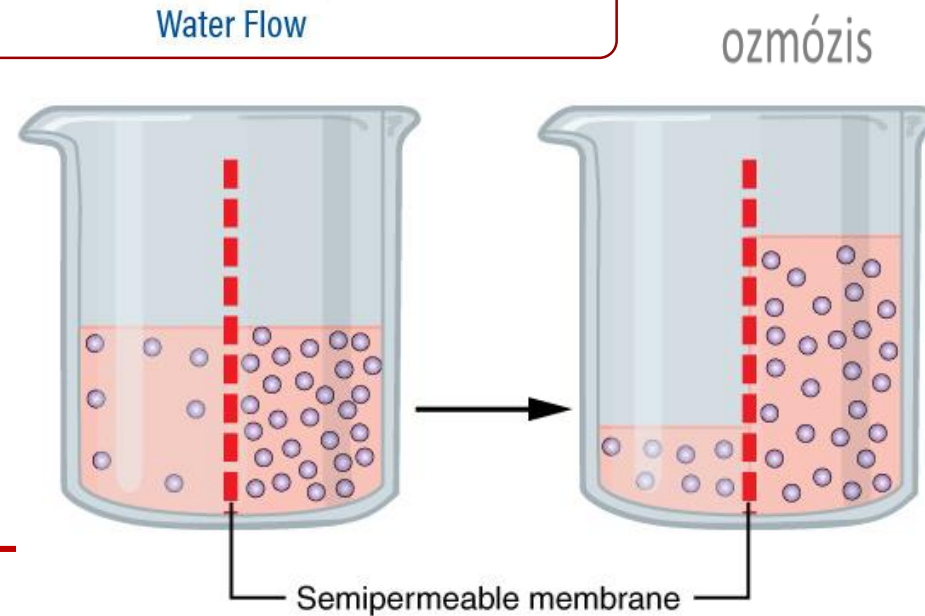
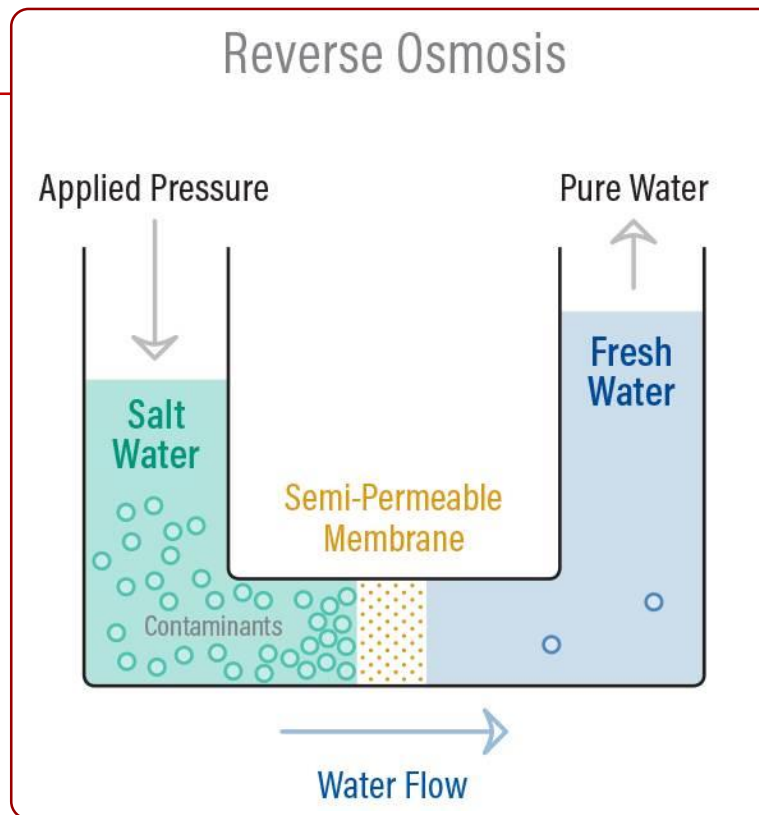
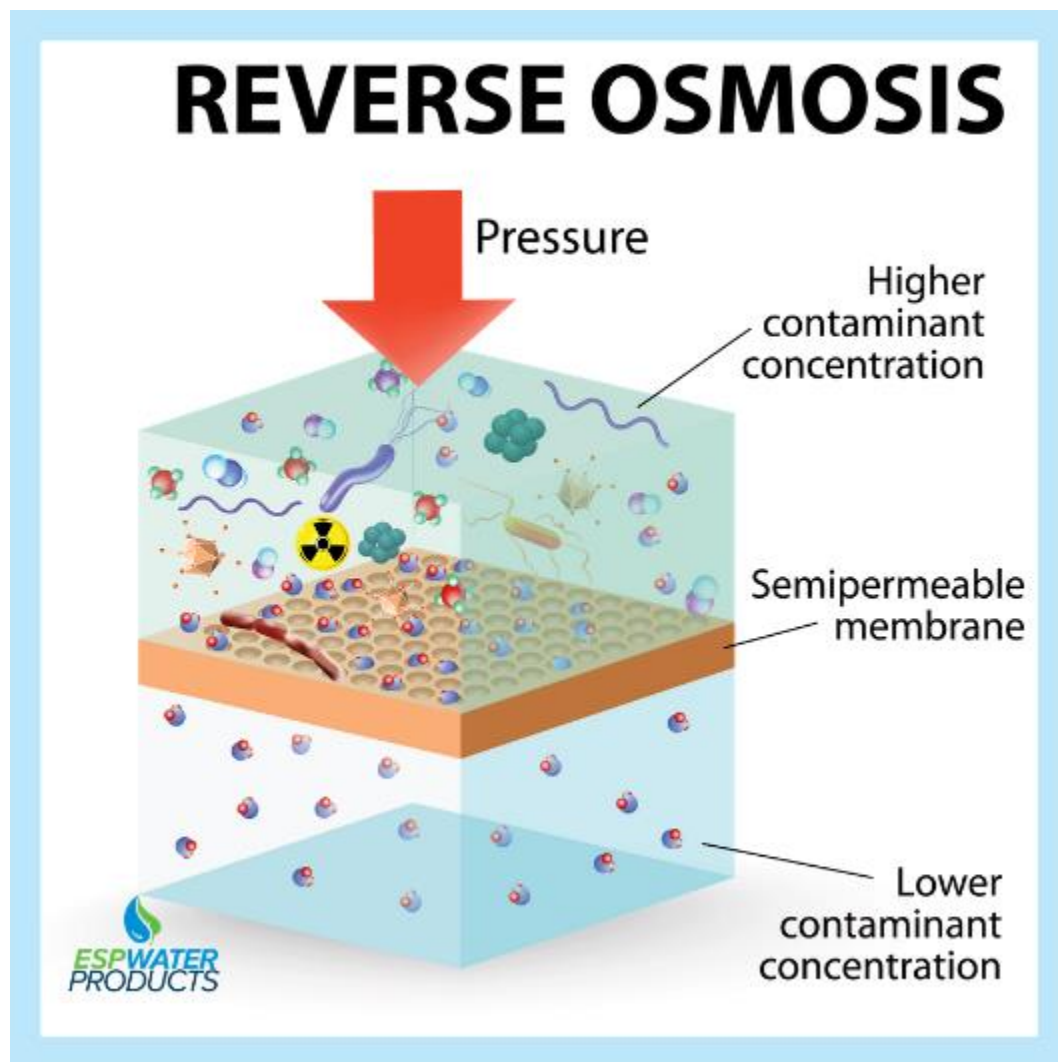


Vízkezelés membrántechnikákkal – Elektrodeionizálás (EDI)

Das voraufbereitete Wasser (Stand der Technik: Leitfähigkeit kleiner 2 mS/m) fließt kontinuierlich in das Modul. Dort wird durch das Entfernen der verbliebenen Inhaltsstoffe salzfreies Wasser (Diluat) erzeugt. Die vormals enthaltenen Stoffe werden in gelöster Form als Abwasser (Konzentrat) abgegeben.

Innerhalb des EDI-Moduls strömt das Wasser senkrecht zu dem im Modul anliegenden elektrischen Feld durch Kammern, die jeweils von einer [Anionenaustauschermembran](#) (AAT) sowie einer [Kationenaustauschermembran](#) (KAT) begrenzt und mit einem Mischbettionenaustauscher (MB, eine Kombination aus Anionen- und Kationenaustauscherharz) gefüllt sind. Durch das elektrische Feld kommt es zu einer Ladungswanderung der Ionen zur jeweiligen Elektrode. Die Austauschermembranen erlauben den Durchtritt von z. B. Anionen, während Kationen an der Durchdringung gehindert werden. So wird eine Konzentration der Ionen im Konzentratraum (KR) erreicht. Unter Einfluss des elektrischen Feldes findet gleichzeitig eine [Dissoziation](#) eines Teils der Wassermoleküle statt. Dies bewirkt eine Selbstregeneration des Mischbettionenaustauscherharzes und erlaubt einen kontinuierlichen und chemikalienfreien Betrieb.



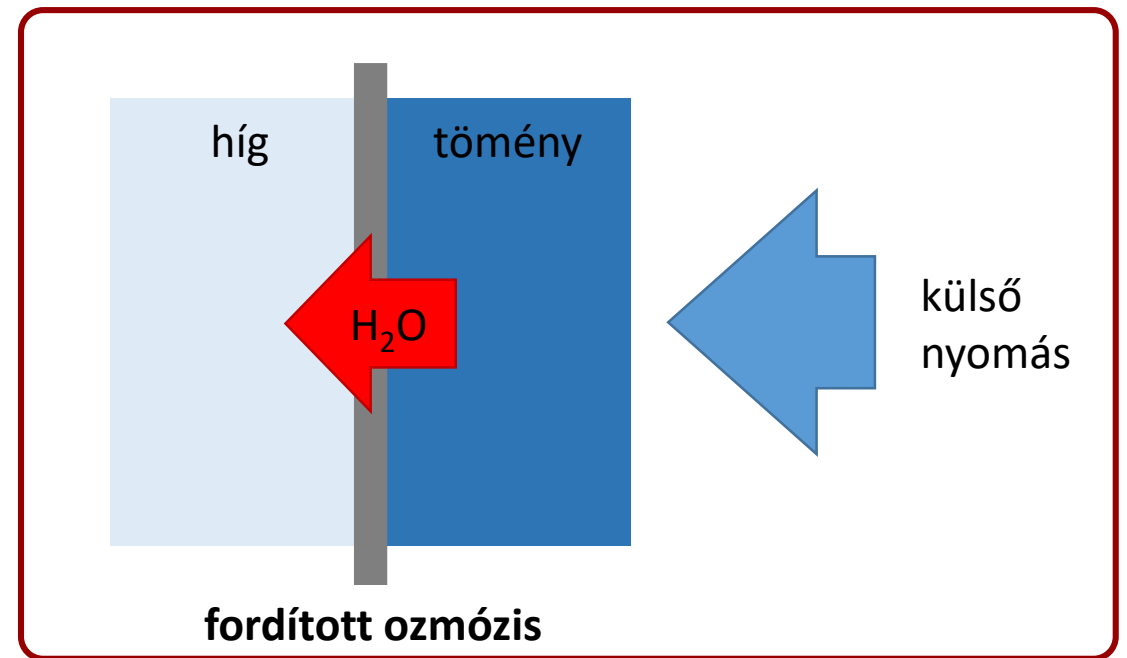
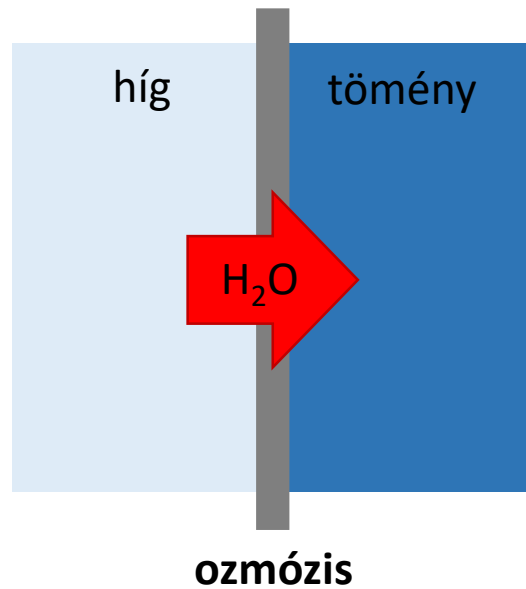


Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)

A **fordított ozmózis** során (egy hígabb oldattól féligáteresztő és mechanikailag szilárd membránnal elválasztott) tömény vizes oldatra az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomás hat.

Ilyenkor a vízmolekulák a hígabb oldatba áramlanak és a töményebb oldat koncentrációját növelik.

A folyamat ellenkezője az ozmózisnak, amelynek során a koncentrációkülönbség kiegyenlítésére megindul a vízmolekulák diffúziója a hártán keresztül a töményebb oldatba és ennek következtében túlnyomás (ozmózisnyomás) keletkezik.

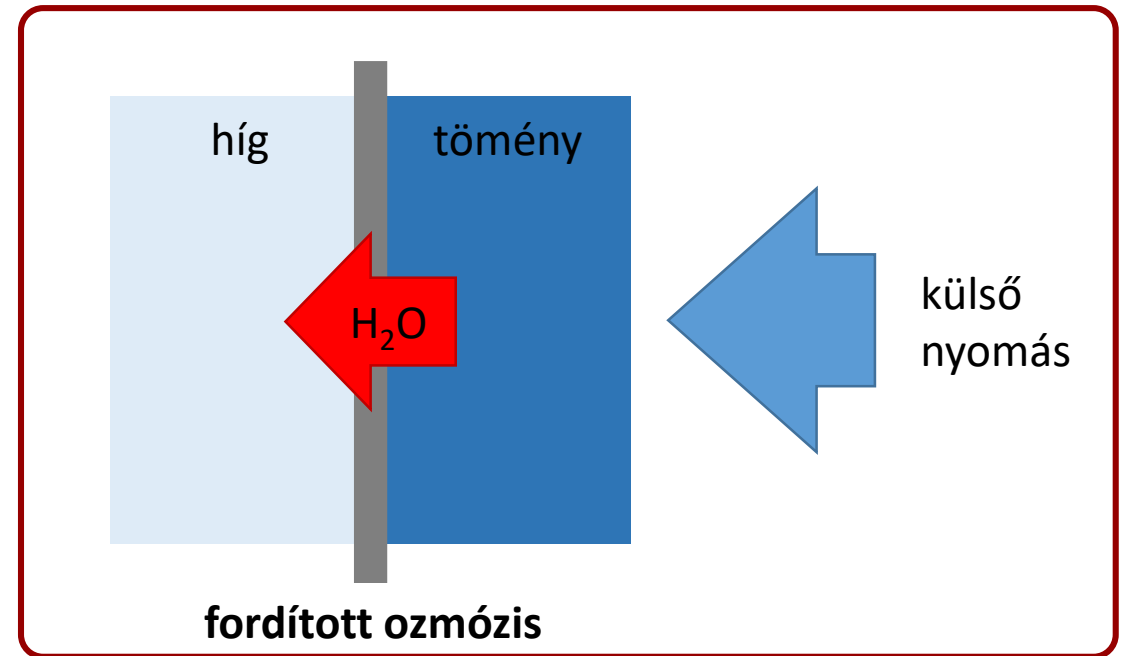
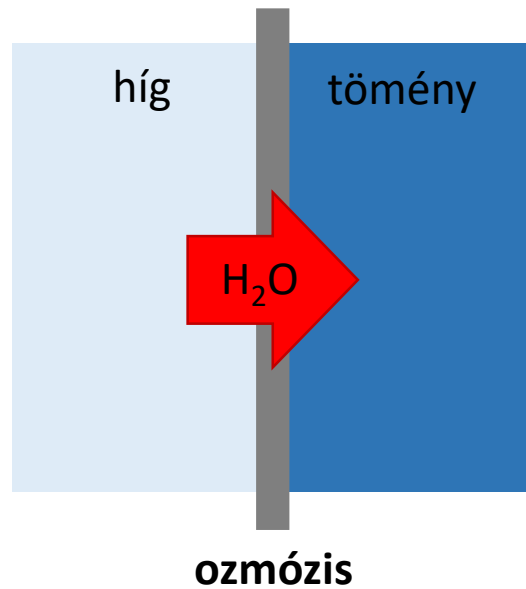


Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)

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 szemipermeábilis membrán két oldalán kialakult nyomáskülönbsége, és így a vizet a töményebb oldatból átsajtolja a membránon, míg a visszamaradt oldat sóban feldúsul.



Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)



Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)



K SERIES - INDUSTRIAL RO SYSTEMS 28,800 TO 460,000 GPD

GPD = gallons per day; 1 gal = 3,785 l

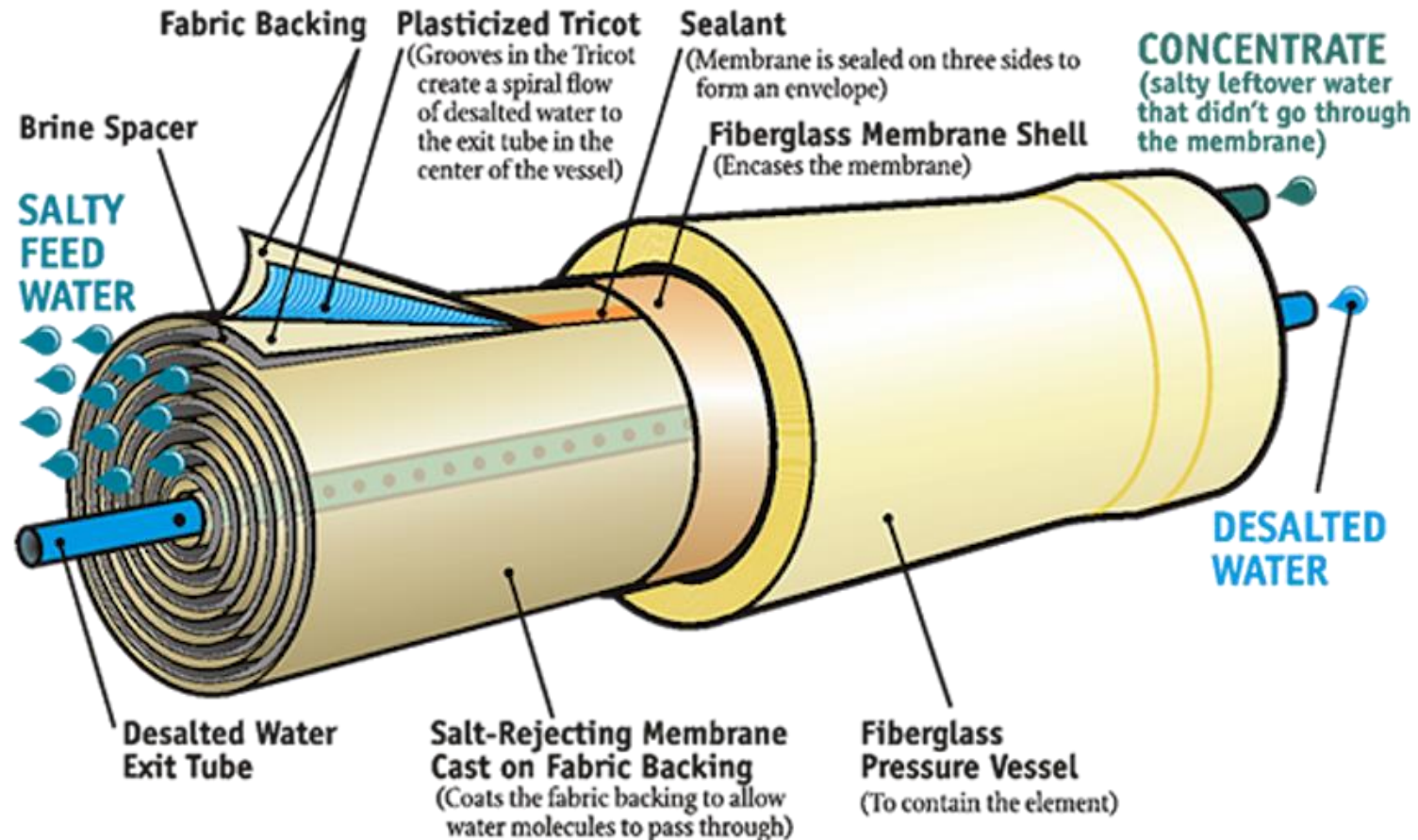
Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)



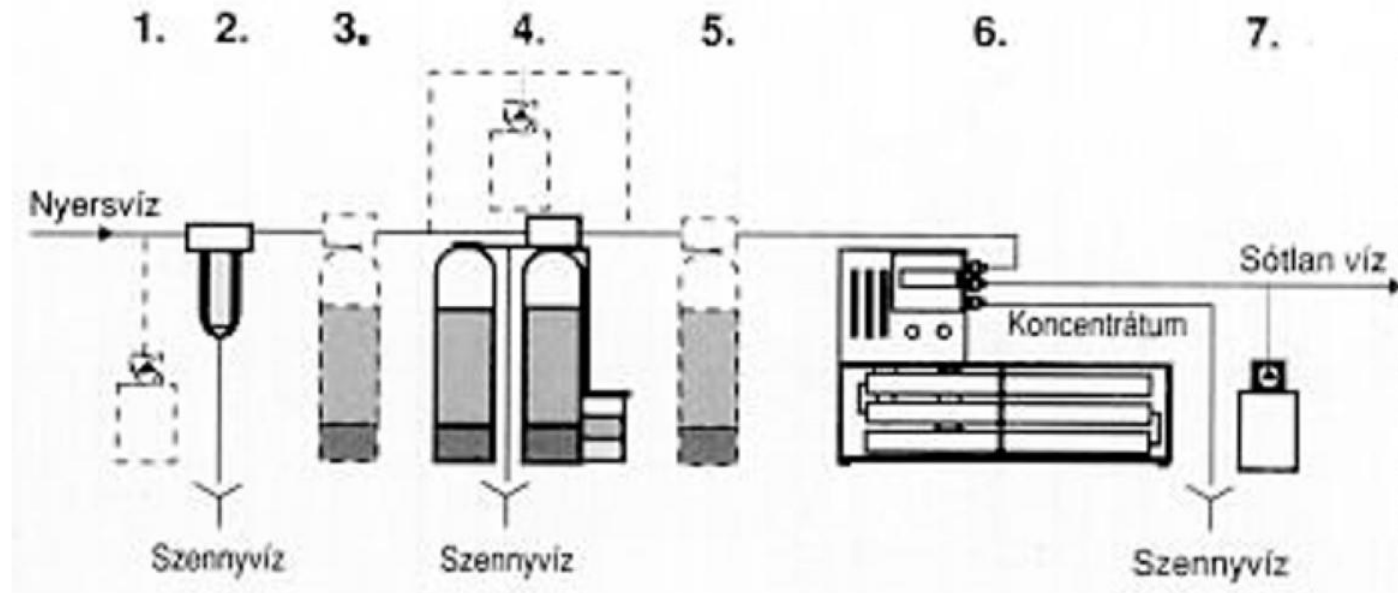
K SERIES - INDUSTRIAL RO SYSTEMS 28,800 TO 460,000 GPD

GPD = gallons per day; 1 gal = 3,785 l

Reverse Osmosis Membrane Element inside a Pressure Vessel



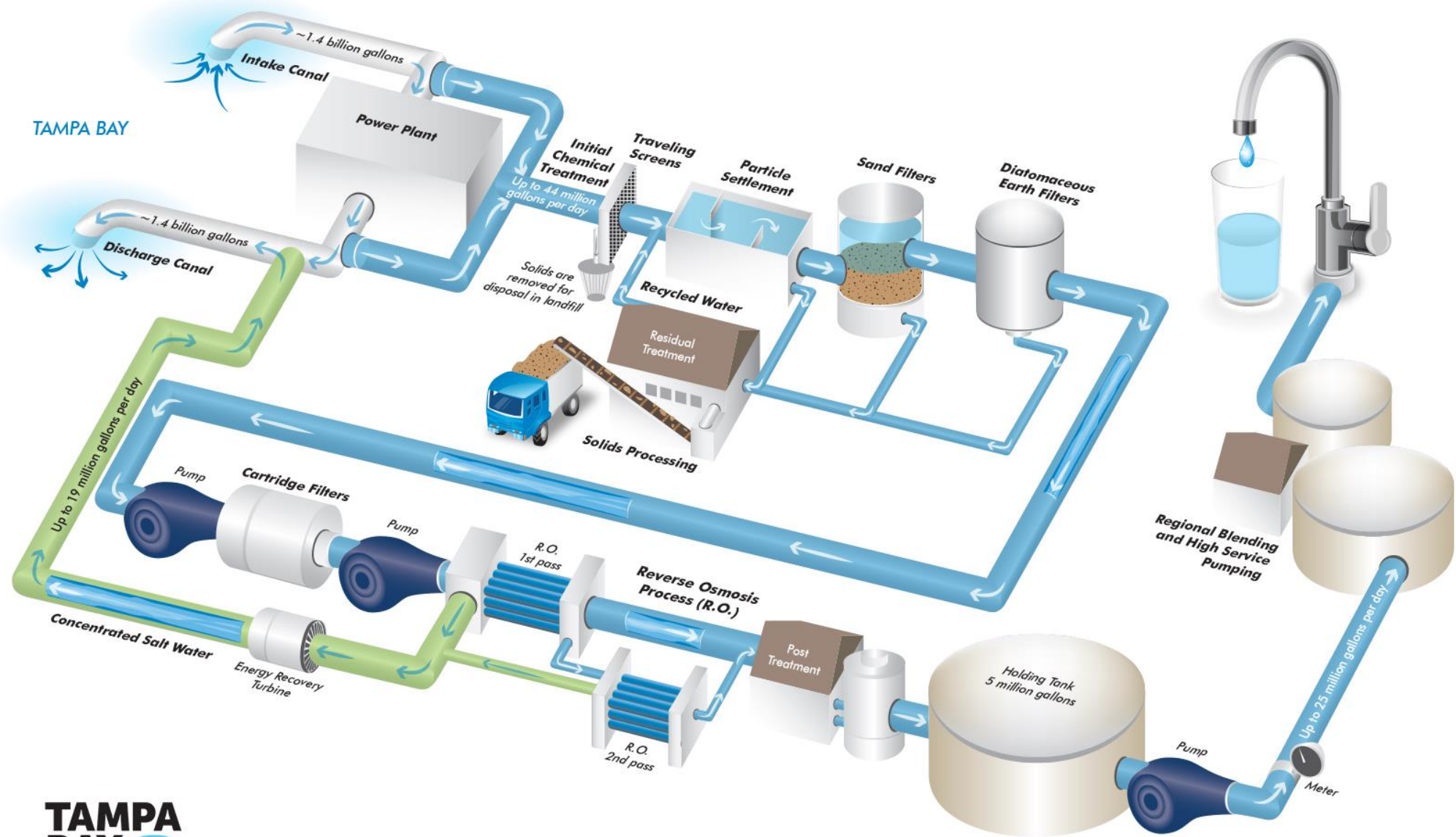
RO sótelenítő berendezés sémája



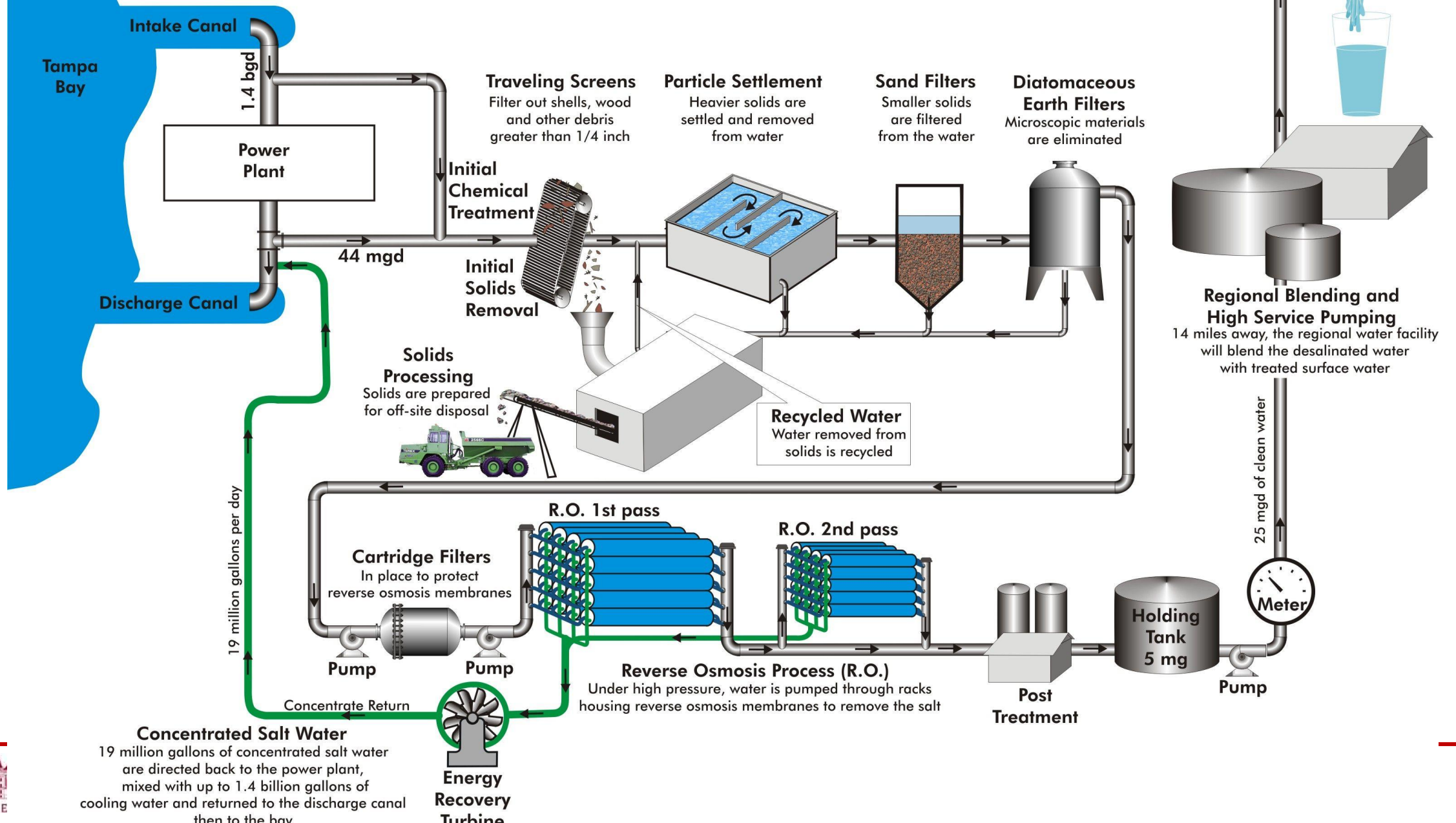
- 1) **vegyszeradagoló** (biológiai fertőzés megakadályozására)
- 2) **lebegőanyag szűrő**
- 3) **vastalanító berendezés** (>0,3 ppm vastartalom esetén)
- 4) **ikeroszlopos vízlágyító** (alternatíva: vegyszeradagoló)
- 5) **aktív szén szűrő** (szervesanyag és szabad aktív klórtartalom esetén)
- 6) **RO-berendezés**
- 7) **vegyszeradagoló** (tápvíz kondicionálás céljából)

Tampa Bay Seawater Desalination Plant Process Diagram

Vízkezelés membrántechnikákkal – Fordított ozmózis (RO)



Tampa Bay Seawater Desalination Plant Process Diagram at 25 mgd Production



Mikro- és ultraszűrés

▶ Mikro- és ultraszűrés:

- nyomás, vagy vákuum hajtóerejű elválasztás:
 - szuszpendált anyagok ($> 1 \mu\text{m}$) elválasztása;
 - kolloidok ($< 1 \mu\text{m}$ és $> 0.001 \mu\text{m}$) részleges elválasztása.

Vékony rétegek, vagy kapillárisok

MF pórusok: 0,1-0,2 mm

UF pórusok: 0,01-0,05 mm (min.0,005 mm)

Csőmembránok (5-200m)

Síkmembránok

Spirális tekercsmembránok

Kapilláris membránok (0,5-5mm uralják a piacot)

Egyéb

Részecskeméreték (átmérő)

oldott	$< 0.001 \mu\text{m}$	($< 1 \text{ nm}$)
kolloid	$0.001 - 1 \mu\text{m}$	($1 - 1000 \text{ nm}$)
szuszpendált	$> 1 \mu\text{m}$	($> 1000 \text{ nm}$)

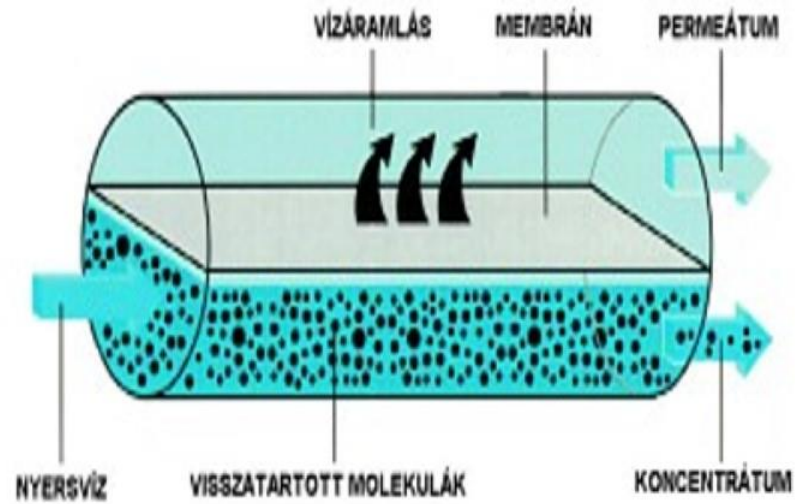
hidratált ionméretek

H ⁺	0.053 nm	H ₂ O	0.33 nm
K ⁺	0.25	Cl ⁻	0.24
Na ⁺	0.37	NO ₃ ⁻	0.26
Ca ²⁺	0.62	HCO ₃ ⁻	0.42
Mg ²⁺	0.7	SO ₄ ²⁻	0.46

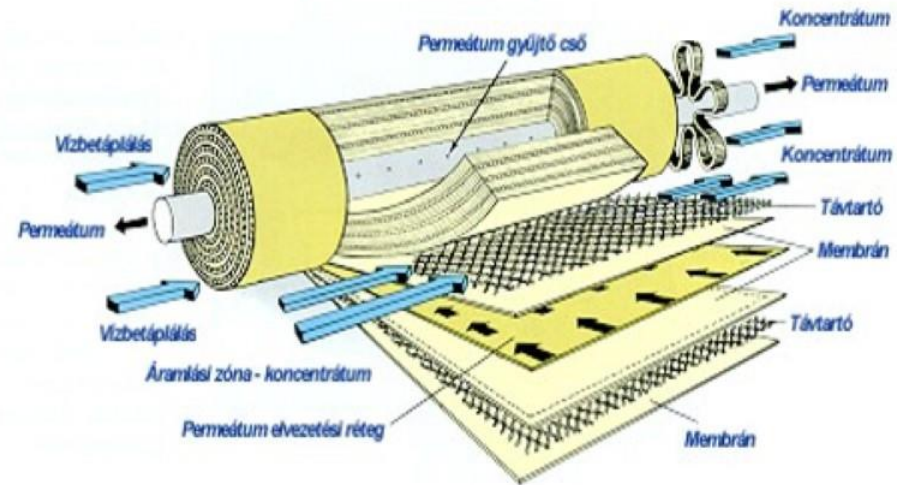
	μm	nm
mikroszűrés	0.02 – 10	20 – 10,000
ultraszűrés	0.005 – 0.02	5 – 20
nanoszűrés	< 0.001	< 1
reverz ozmózis	< 0.001	< 1

Vízkezelés membrántechnikákkal

- Napjainkban olcsóbb és megbízhatóbb membránok.
- Kisebb belépő nyomással jobb kihozatalt biztosítanak.
- A helyigény mérséklése miatt gyakran spirálemekben építik be a membránokat.



csőmembrán



spirális tekercsmembrán

A Paksi Atomerőmű sóatlanvíz termelő technológiáját az alapvetően ioncserélő technológiáról membrántechnika alapú technológiára állítják át.

Ennek során a létesülő új pótvíz előkészítő, a vízforrásként felhasznált Dunavíz kezelésével ultratiszta, finomsóatlanított vizet állít elő.

Az új vízkezelő technológia **öt, egyenként 50 m³/óra** kapacitású párhuzamos technológiai sorral működik.

A nyers vizet a kivételkor szűrés után hőcsere révén ~25 °C-ra előmelegítik, majd a mikrobiológiai kiválások elkerülésére klórozzák.

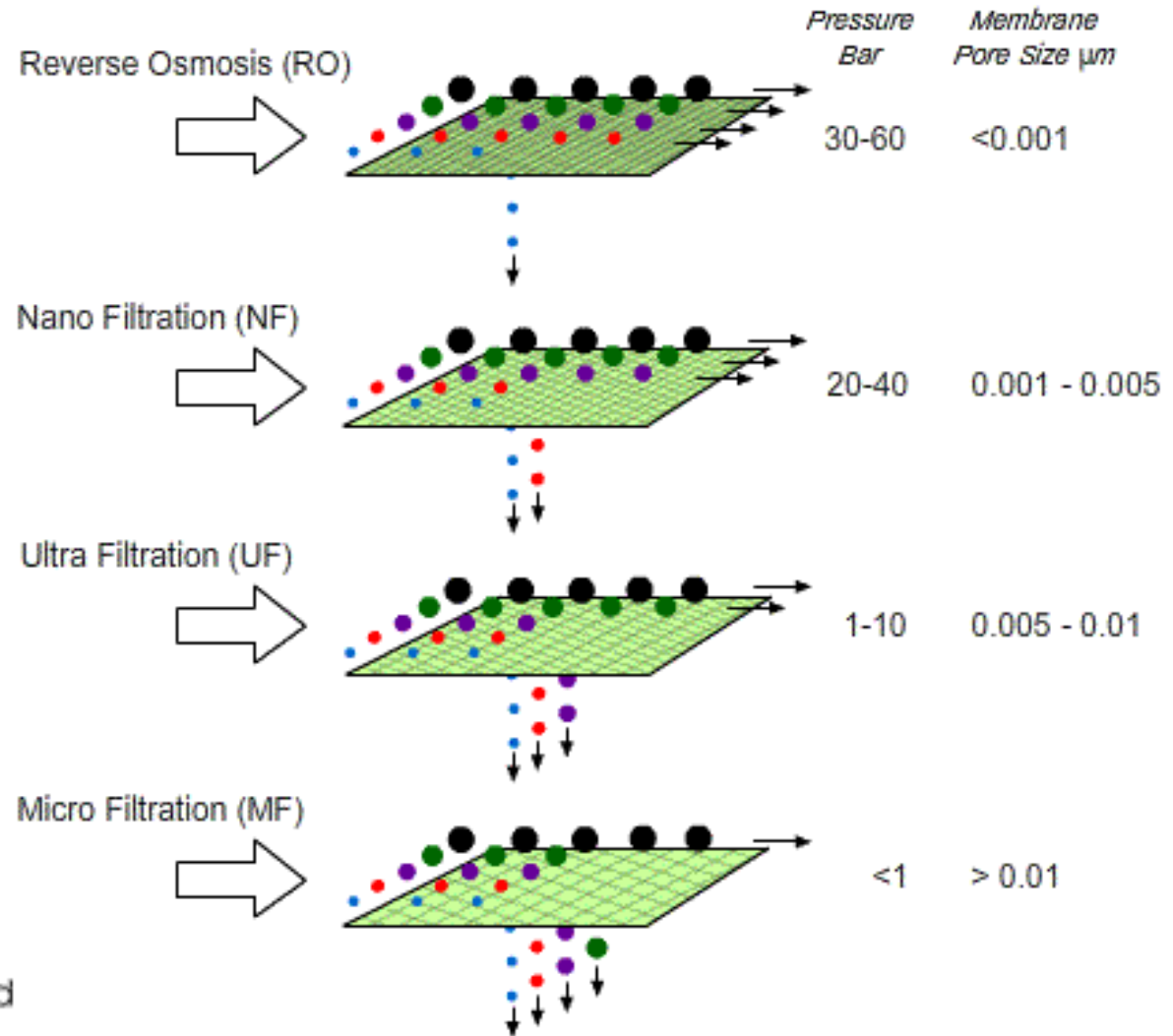
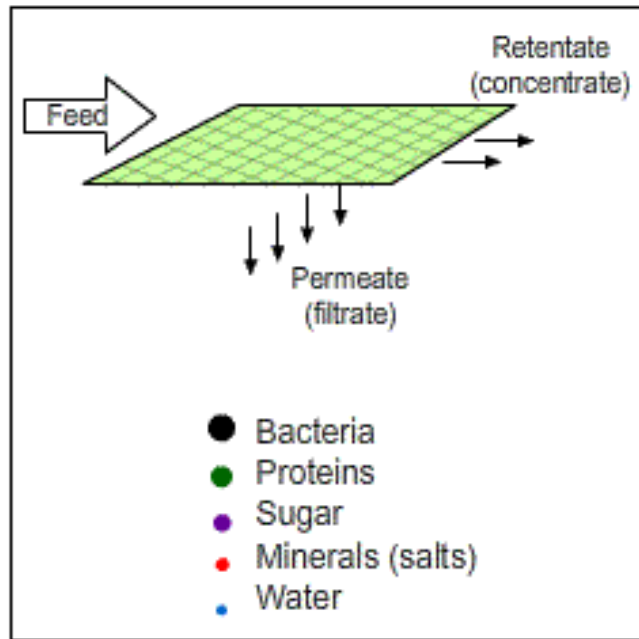
Ezután a szűrt, előmelegített és fertőtlenített víz lebegőanyag tartalmának zömét flokkulációs reakciókkal eltávolítják és ülepitik, majd a vízben lévő maradék szuszpendált lebegőanyag tartalmat ultraszűréssel tovább csökkentik.

Ezt követi a membrántechnikai alapú, az oldott sótartalom főtömegét és más komponenseket eltávolító fordított ozmózisos vízkezelés, mely előtt a víz maradék szabad klórtartalmát redukálószer adagolásával el kell távolítani, ezen felül időszakosan biocid és antiszkéling hatású vegyszereket kell adagolni a kezelendő vízhez.

A fősóatlanító lépések (RO1 és RO2) között a membránon áthaladó gáztartalom eltávolítása következik membránkontaktoros eljárással. A maradék széndioxid tartalmat lúgadagolással karbonát-hidrogénkarbonát ionos formába alakítják.

A finomsóatlanítást folyamatos elektrodeionizációs (CEDI) membrán alapú eljárással végzik, majd a termékvíz szerves anyag tartalmát UV besugárzással csökkentik, majd egy kevertágyas ioncserés végső lépéssel fejezik be a finomsóatlanító kezelést.

Vízkezelés membrántechnikákkal – mikro-, ultra-, nanoszűrés



Vízkezelés membrántechnikákkal – mikro-, ultra-, nanoszűrés)

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.**

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.

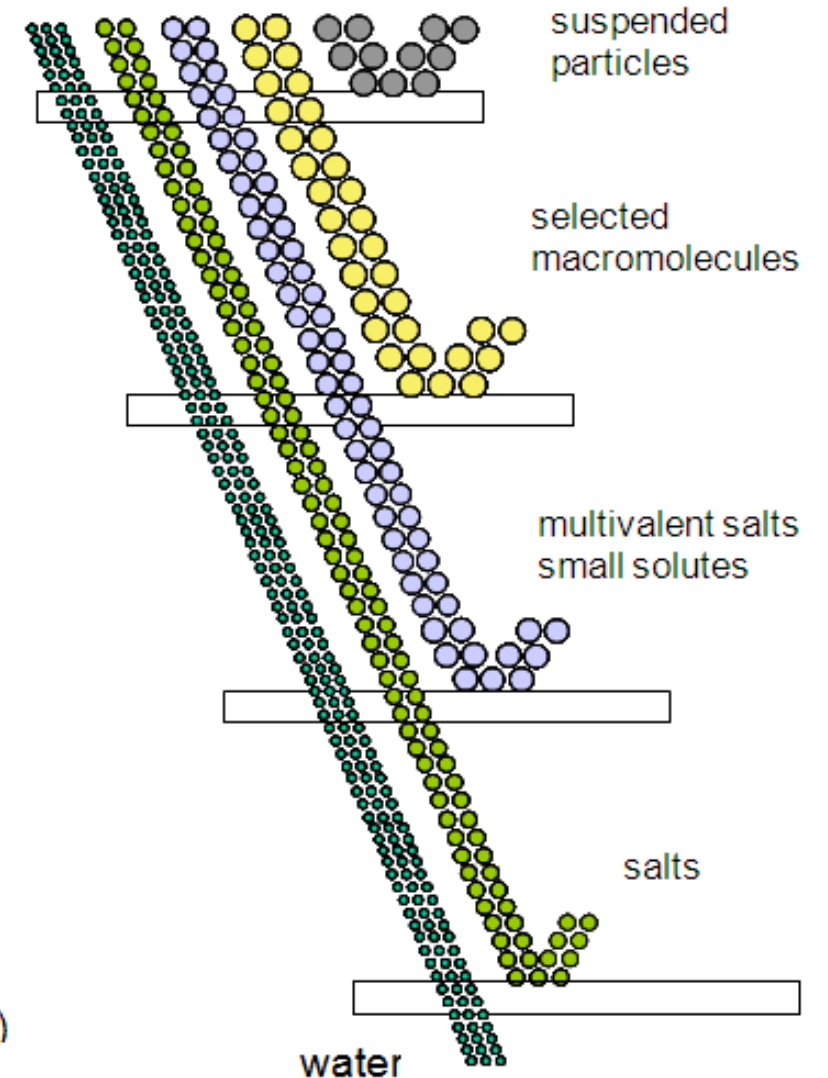
Nanoszűrés (NF) Elválasztási mérettartománya $2 \cdot 10^{-9}$ - 10^{-7} m között van. Ez egy ultra-kis nyomáskülönbséggel működő membrán, mely az 1 nm (10 \AA) alatti méretű részecskéket átengedi. Az elválasztási mérettartománya az UF és az RO között van. **A kétvegyértékű kalcium és magnézium ionokat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

MF 0.1 - 3 bar
0.1 - 5 μm

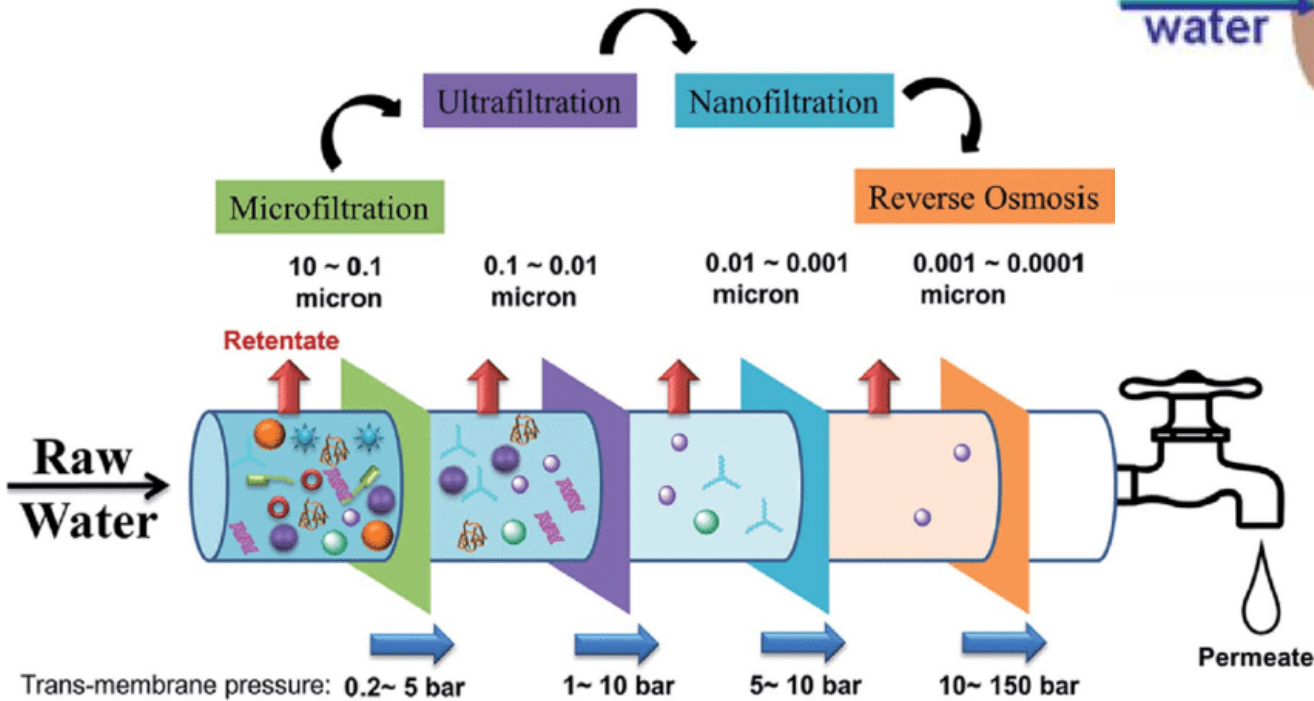
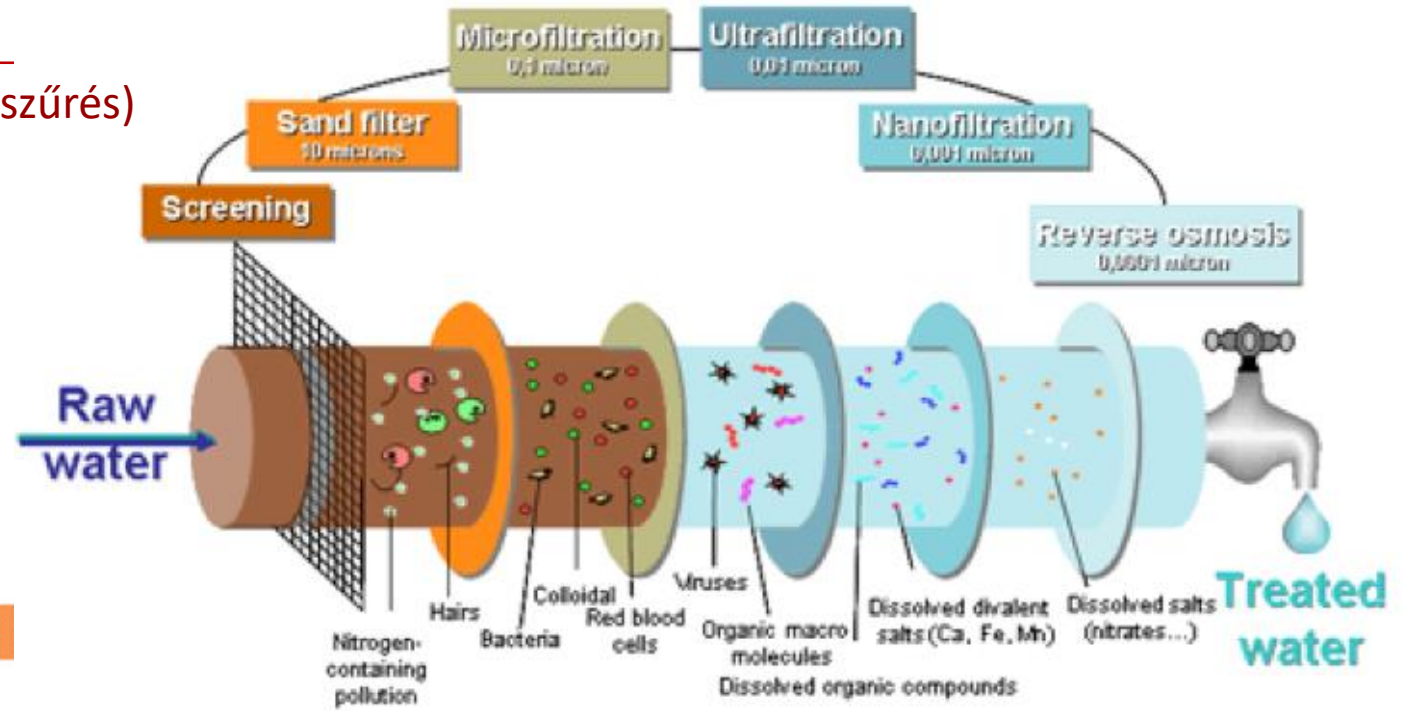
UF 2 - 10 bar
20 nm - 0.1 μm

NF 5 - 30 bar
 $\gg 1 \text{ nm}$

RO 10 - 100 bar
0.1 - 1 nm (close)



Vízkezelés membrántechnikákkal – mikro-, ultra-, nanoszűrés)



- | | |
|---|--|
|  Suspended particles |  Macromolecules |
|  Oil emulsions |  Protein |
|  Bacteria, cells |  Sub-molecular organic groups |
|  Colloidal haze |  Monovalent ions |
|  Viruses |  Divalent ions |



Szennyvíz típusok

1. Házi szennyvíz
2. Intézményi szennyvíz
3. Ipari szennyvíz
4. Kevert (városi) szennyvíz
5. Mezőgazdasági szennyvíz

Élelmiszeripari szennyvizek

- Húsipari szennyvizek (vágóhidak)
- Cukorgyártás szennyvizei
- Tejipari szennyvizek
- Konzervgyári szennyvizek

Lakosegyenérték (Leé)

60 g/fő/d BOI_5 -nek megfelelő szerves anyag. Mérések és számítások alapján egy felnőtt egy nap alatt 60 g BOI_5 -ben kifejezhető szerves anyagot juttat a szennyvízbe. A lakosegyenérték fogalmának bevezetését az ebbe szükségessé, hogy az ipari szennyvizek szennyezőanyag tartalma összehasonlítható legyen a házi szennyvizekével.

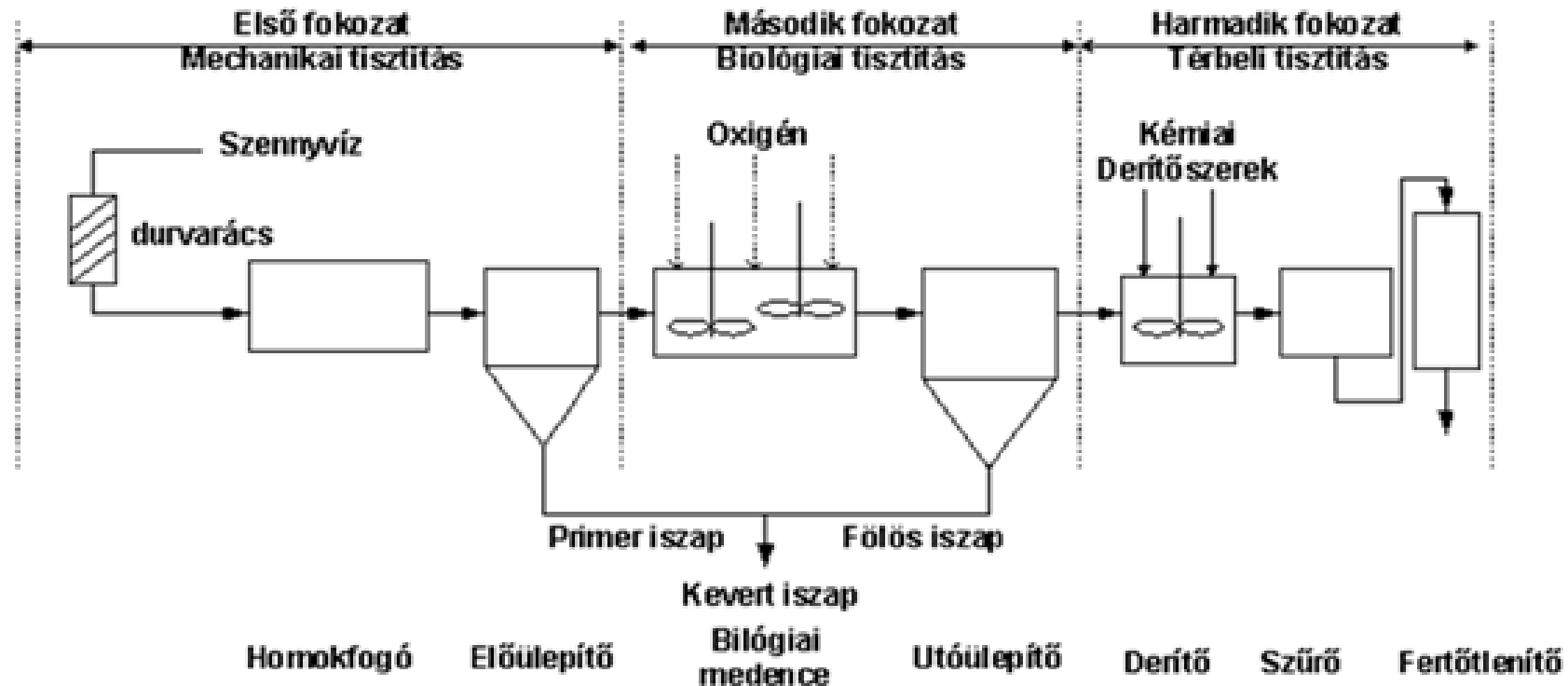
Ipari szennyvizek

- Hűtővíz
- Vegyipari szennyvíz
- Fémkohászati szennyvíz
- Gépipari szennyvizek
- Elektronikai ipar szennyvizei
- Bőripari szennyvizek
- Textilipari szennyvizek
- Papír- és cellulózipar szennyvizei

A szennyvizekben található legfontosabb szennyezőanyagok:

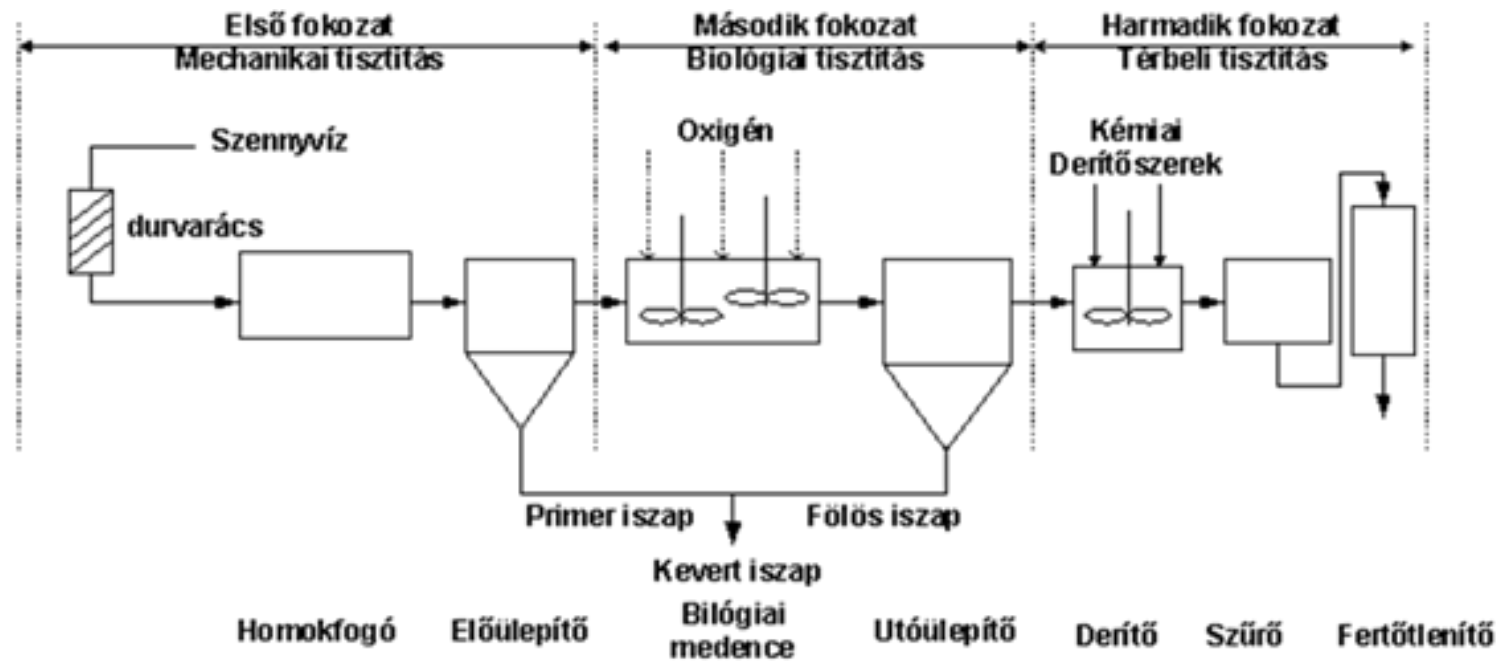
- Úszó és lebegő szennyeződések (szilárd részek, zsírok, olajok)
- Biológiailag bontható szerves szennyezőanyagok
- Növényi tápanyagok (nitrát, foszfát)
- Egyéb (szerves mikroszennyezők, nehézfémek, mosószerek, mikroorganizmusok, stb.)

Szennyvíztisztítás általános folyamata



Első fokú, vagy mechanikai tisztításkor a szennyvíz fizikailag elválasztható, darabosabb úszó és lebegő anyagait távolítják el rácsok szűrők, ülepítők segítségével.

Szennyvíztisztítás általános folyamata



Másodfokú, vagy biológiai tisztítás során a szennyvízben lévő mikroorganizmusok elszaporítása és tevékenységük felfokozása révén bontják és ásványosítják, élő sejtanyaggá alakítják a szennyvíz szerves anyagait, ezáltal a víz szennyező hatása jelentősen csökken. A szerves anyagokat rendszerint aerob körülmények közt (oxigén jelenlétében) működő mikroorganizmusok bontják, ezért levegőt vagy tiszta oxigént juttatnak a rendszerbe.

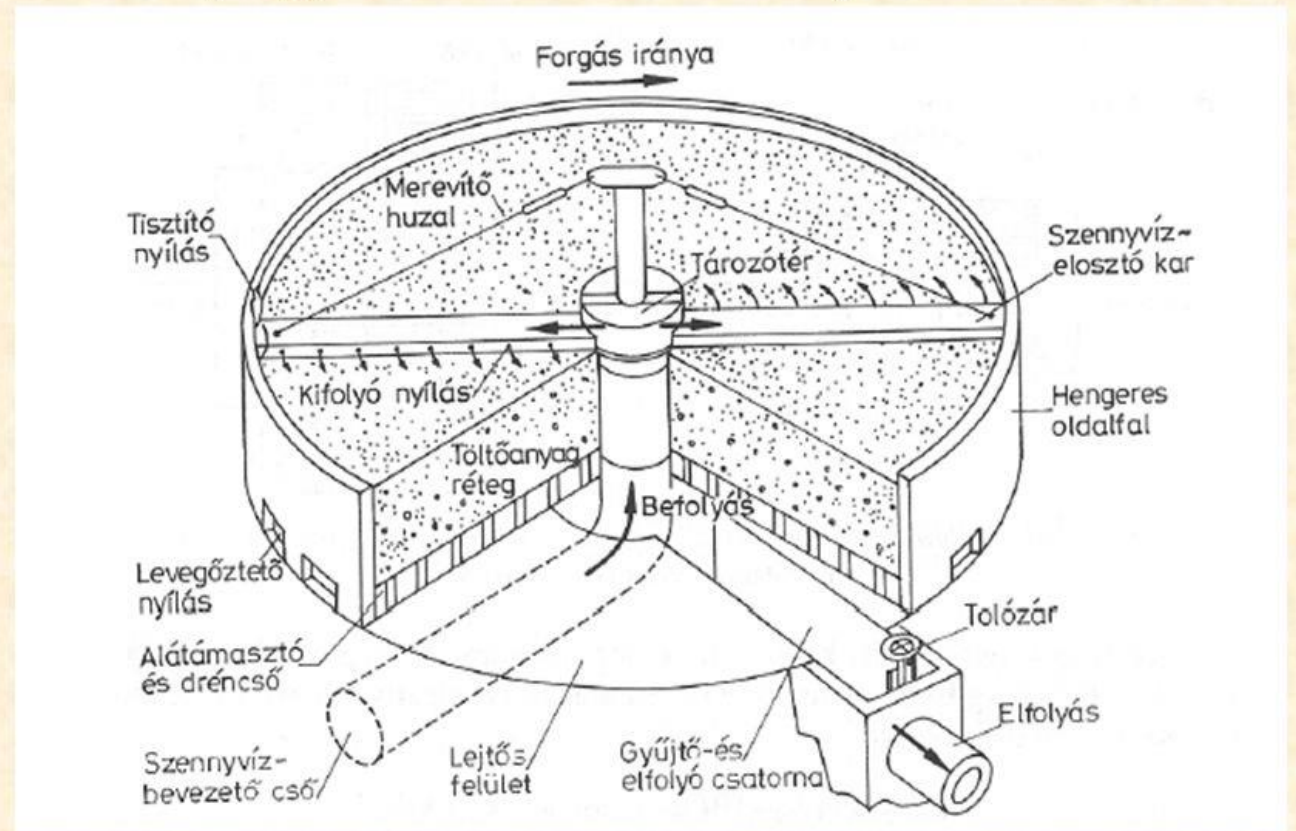
Az oldott szerves anyagok lebontására két, elterjedten alkalmazott technológia:

1) Csepegtetőtestes tisztítás

- aerob módszer
- hagyományos (kőzúzalékos) vagy műanyag töltetű csepegtetőtestek
- lebontó mikroorganizmusok
- a szükséges aerob viszonyokat a természetes légmozgás biztosítja

BIOLÓGIAI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS

Csepegtetőtestes szennyvíztisztítás



Az oldott szerves anyagok lebontására két, elterjedten alkalmazott technológia:

2) Eleveniszapos tisztítás

- Magyarországon a legelterjedtebben használt technológia
- nagy mikroorganizmus tömeget tartalmazó eleveniszapos medence
- levegőztetik, keverik, áramoltatják
- ülepítéssel választják el a víz fázistól, egy részét fölös iszapként elvezetik, másik részét visszaforgatják



Másodfokú, vagy biológiai tisztítás

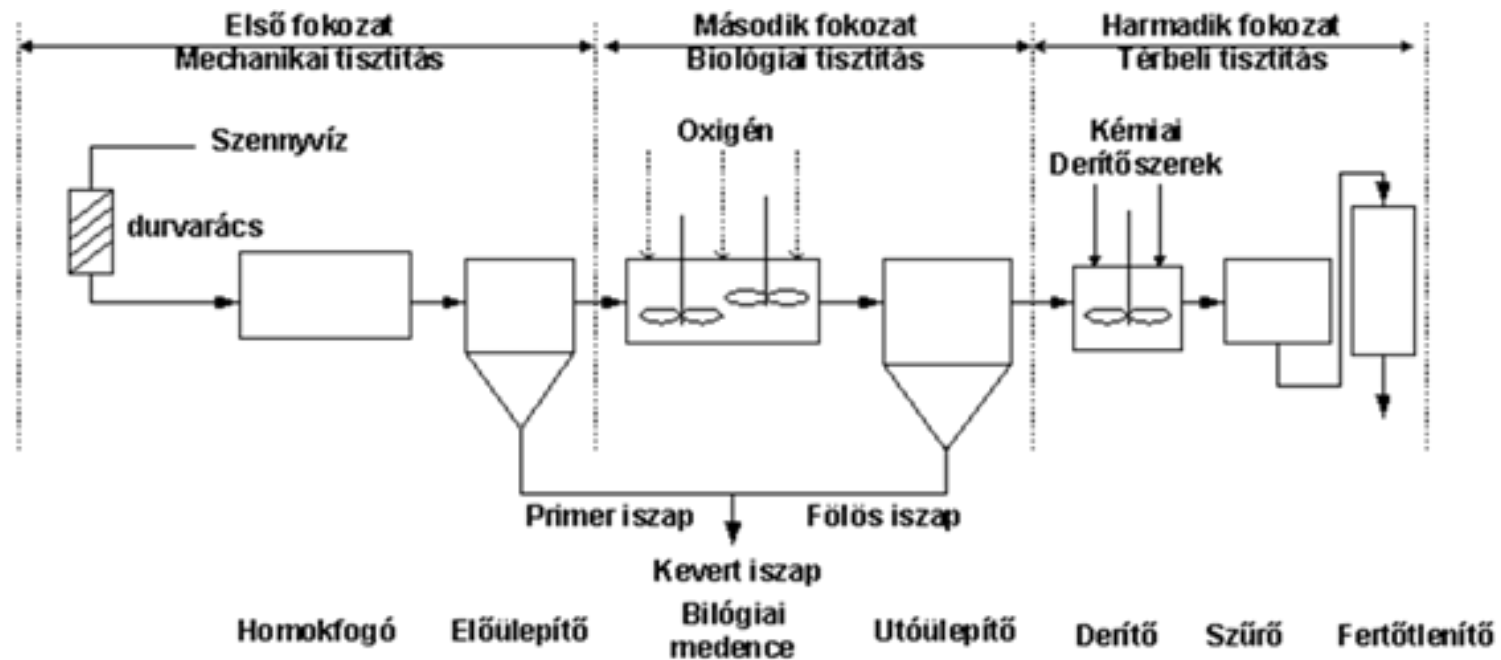
Biológiai tisztítás

Szerves anyag eltávolítása, nitrifikálás és denitrifikálás: stabilizációs tavak (anaerob, aerob, fakultatív), csepegtetőtesztes rendszer, eleven iszapos rendszer, anaerob rothasztás.

A tisztítási (lebontási) folyamat eredményeként a szerves anyag részben gáz halmazállapotú, stabil vegyületekké (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 stb.) alakul, részben nem bomlékony, elásványosított anyagokká.

Aerob mikroorganizmusok, anaerob mikroorganizmusok, fakultatív mikroorganizmusok.

Szennyvíztisztítás általános folyamata

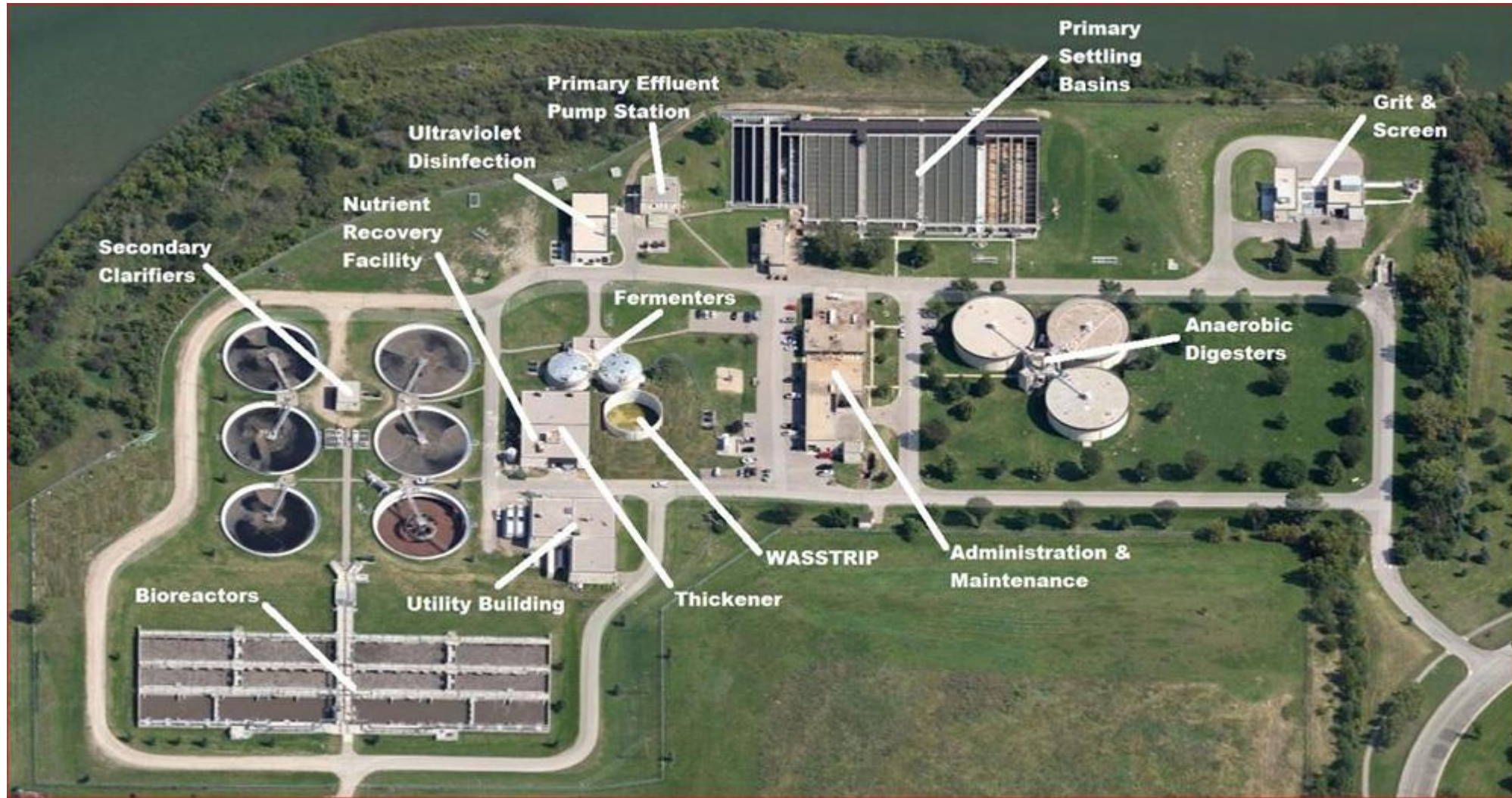


Harmadfokú tisztítás során a biológiai fokozat végtermékeként keletkezett szervesetlen anyagokat (nitrát, foszfát) távolítják el.

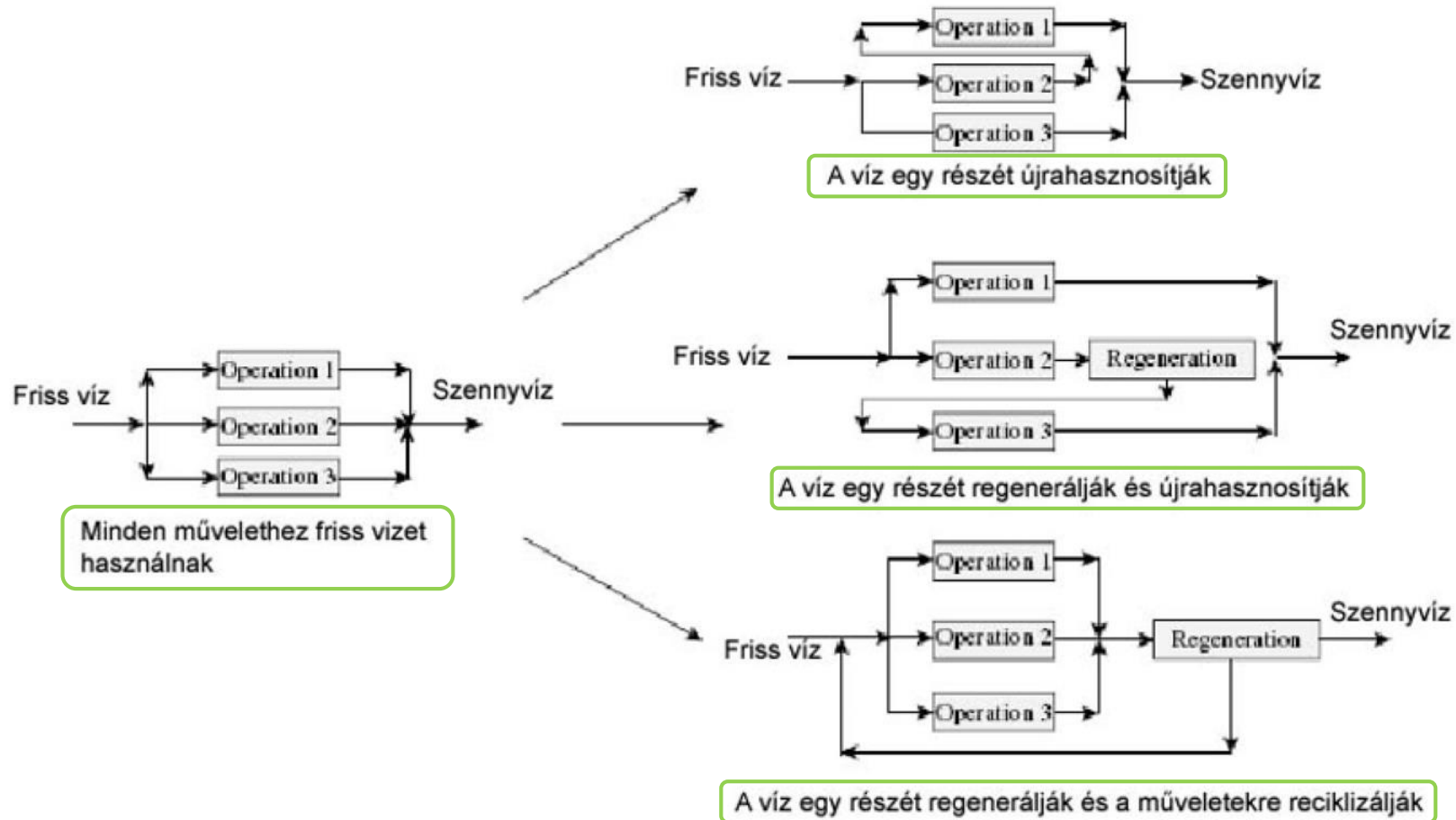
Szennyvíztisztítás



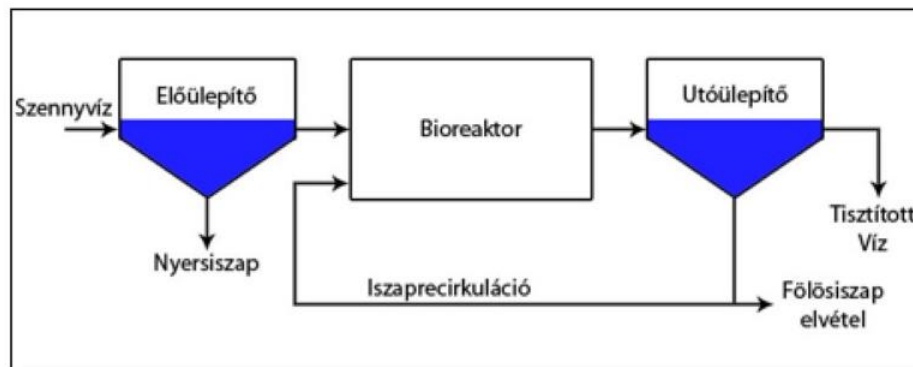
Szennyvíztisztítás



Vizek felhasználása a kémiai technológiákban



Eleveniszapos szennyvíztisztítás



Technológiai megoldások

Teljes oxidációs rendszer: A teljes oxidációs rendszernél hosszú levegőztetési időt ($t > 15$ óra) és alacsony biológiai terhelést ($T_b < 0,1$ kg BOI/kgiszap/nap) alkalmaznak. A megoldás előnye, hogy a nehezebben bontható szerves anyagok lebontása, a nitrifikáció és a főlisziszap aerob stabilizációja együttesen valósítható meg. További előny, hogy a képződött főlisziszap mennyisége is kisebb, mint a hagyományos nagyterhelésű szennyvíztisztító telepek esetében.

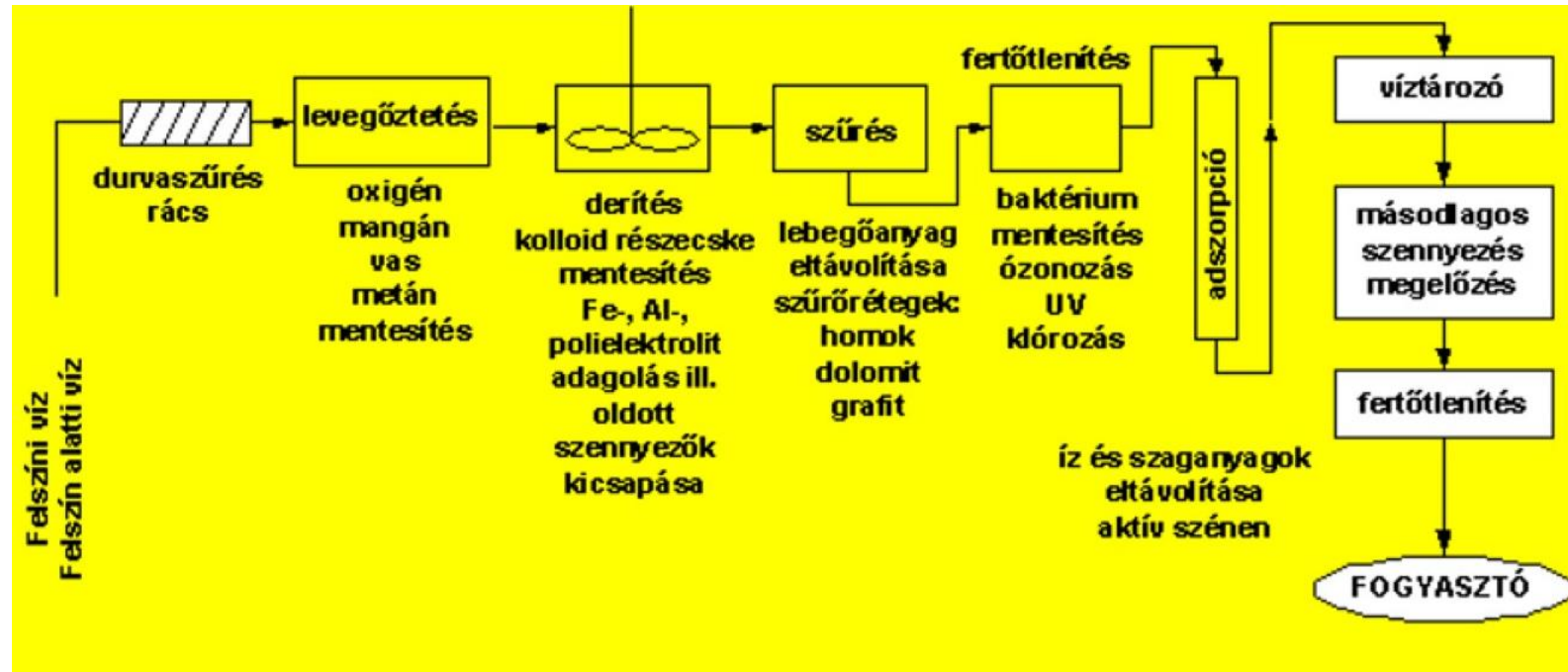
Fél-folyamatos aerob rendszer: A szennyvíz, eleveniszapos tisztítása és ülepítése ugyanabban a levegőztető reaktorban történik. A szennyvíz betáplálása, a reaktor felöltése rövid idő alatt végbemegy. Ezt követi a 18-20 órás levegőztetés, majd az 1-2 órás ülepítés és a dekantálás (ürítés). A rendszer egyszerűsége miatt, a .tölt . ürít. Fél-folyamatos eleveniszapos technológiát gyakran alkalmazzák a kisebb szennyvíztisztító telepeken.

Technológiai megoldások (folyt.)

Szelektorok alkalmazása: Az alkalmazott szelektorok aerob, anoxikus és anaerob kialakításúak lehetnek. Az aerob szelektorokat, előlevegőztetőként és adszorpciós fokozatként használják. Ezt a kialakítást nagy kolloid tartalmú ipari szennyvizek kezelésénél célszerű alkalmazni. Az anoxikus és anaerob szelektorokat denitrifikációnál és foszfát eltávolításnál használják. Az anoxikus szelektor alkalmazható még a fonalas szervezetek kialakulásának megakadályozására is.

Két-lépcsős eleveniszapos technológia (TSAS): A TSAS technológia tulajdonképpen két, sorba kötött eleveniszapos egység (I. lépcső: levegőztető + utóülepítő, II. lépcső: levegőztető + utóülepítő). Az első biológiai fokozatban - ahol a könnyen bontható anyagok biodegradációja megy végbe - nagy terhelést ($T_b > 3,0$ kg BOI/kgiszap/nap) állítanak be. Ezt követi a hosszabb tartózkodási idejű ($t: 8 - 16$ óra), kisebb terhelésű ($T_b < 0,2$ kg BOI/kgiszap/nap) második egység. Kisebb terhelés mellett a nehezebben bontható anyagok biodegradációja is végbemegy. A két biológiai fokozat biocönózisában jelentős különbség mutatkozik. Nagy terhelésnél a rövid generációs idejű, kisebb terhelésnél pedig a hosszabb generációs idejű baktériumok szaporodnak el.

Az ivóvíz tisztításának technológiai vázlatja



Vizek minőségi besorolása – 5 fokozat (példa)

	I. kiváló	II. jó	III. tűrhető	IV. szennyezett	V. erősen szennyezett
Oldott oxigén (mg/l)	7	6	4	3	<3
Oxigéntelítettség (%)	80-100	70-80 100-120	50-70 120-150	20-50 150-200	<20 >200
KO _{I_{ps}} (mg/l)	5	8	15	20	>20
Ammónium (mg/l)	0,2	0,5	1	2	>2
Nitrit (mg/l)	0,01	0,03	0,1	0,3	>0,3
Nitrát (mg/l)	1	5	10	25	>25
Összes Foszfor (mg/l)	0,04	0,1	0,2	0,5	>0,5
Ortofoszfát (mg/l)	0,02	0,05	0,1	0,25	>0,25
pH	6,5-8,0	8,0-8,5	6,0-6,5 8,5-9	5,5-6,0 9,0-9,5	<5,5 >9,5
Fajlagos vezetés (20°C-on, µS/cm)	500	700	1000	2000	>2000
Vas (mg/l)	0,1	0,2	0,5	1	>1
Mangán (mg/l)	0,05	0,1	0,1	0,5	>0,5

