

## Vízkezelés

A víz széles körű felhasználása kedvező kémiai és fizikai tulajdonságainak és annak a ténynek köszönhető, hogy a természetben nagy mennyiségben fordul elő.

Az élet és az ipari tevékenység is megköveteli bizonyos mennyiségű és meghatározott minőségű víz jelenlétét. Bár Földünk felszínét több mint kétharmad részben borítja víz, ipari és kommunális célokra alkalmas mennyisége mégis viszonylag csekély. A Föld vízkészletének alig több mint 2 %-a édes víz és ennek is tekintélyes hányadát a sarkvidéki jégtakarók és gleccserek alkotják. Így a ténylegesen felhasználható mennyiség a vízkészletnek csak mintegy 0,3 %-a. Különös gondot okoz a víz a legnagyobb népsűrűségű országokban, ahol egyre költségesebb a megfelelő mennyiségű és minőségű víz biztosítása.

A víz a természetben állandó körforgásban van. A tengerből elpárolgott víz a légkörbe jut, ahonnan csapadék alakjában részben ismét a tengerbe, részben visszapárolgás révén – még mielőtt lehullhatna – újra a légkörbe kerül, részben pedig a szárazföldre hull. A szárazföldön a csapadék egy része, az éghajlattól függően közvetlenül elpárolog, másik része lefolyik a patakok és folyók medrébe, harmadik része pedig beszivárog a talajba. Ez utóbbi rész főleg a növényzet párologtatása révén, ismét a légtérbe kerül, illetve forrást vagy medret találva, a tengerbe tér vissza. A víz természeti körforgása a Föld vízkészletének rendszeres megújulása, a víz újratemelésének természeti folyamata.

A víz ipari felhasználása szempontjából kedvező tulajdonsága nagy fajhője, párologáshője és olvadáshője, így viszonylag kis mennyiségével nagy hőmennyiséget szállíthatunk akár hűtési, akár fűtési célra anélkül, hogy hőmérséklete jelentősen megnövekedne, illetve csökkenne. Aránylag kis forráspontja gőzfejlesztési, energiaátalakítási szempontból az adott technikai körülmények között kedvező. Emellett olcsó és nem tűzveszélyes. Hátránya, hogy a szabadban lévő csövekben, berendezésekben a fagy károkat és zavarokat okozhat, továbbá, hogy a fémek, különösen a fémvas és ötvözetei, korróziójának egyik legfontosabb okozója.

A természetben előforduló és a gyakorlatban felhasznált nyers vagy előkészített vizek tulajdonképpen igen híg oldatoknak vagy szuszpenzióknak tekinthetők. Ez a körülmény a kémiai tisztaságú vízre vonatkozó, jellemző fizikai és kémiai állandókat többé-kevésbé módosítja. Kémiai értelemben tiszta víz a természetben nem található. A vízben lévő idegen anyagokat három csoportba osztjuk:

- oldott gázok,
- oldott sók,
- lebegő szennyezések.

### *Oldott gázok*

A víz levegővel érintkezve abból gázokat old ki. Pl.: oxigén, nitrogén, a szén-dioxid, kén-dioxid, a nitrózus gázok stb. Az oxigén és a szén-dioxid különösen a vas korróziós folyamatában nagyon káros. Eltávolításuk a felhasználás jellegetől függően szükséges lehet.

### *Oldott sók*

A talaj mindig tartalmaz vízoldható sókat. A víz szén-dioxid tartalma megnöveli a víz oldó hatását. A karbonátos kőzeteket a víz gyakorlatilag nem oldja, a szén-dioxid tartalmú víz azonban az alábbi megfordítható reakciókban, hidrogén-karbonát képződés mellett igen:



Oldja továbbá a vas- és mangántartalmú, valamint a szilikátos kőzeteket is.

Az oldódás során keletkező vas(II)-hidrogén-karbonát csak oxigénmentes talajvízben lehet jelen, mivel oxigénnel érintkezve elbomlik és barna csapadék, vas(III)-hidroxid formájában kiválik, amit pl. vízvezeték javítás során tapasztalhatunk:



Felszíni vizek ezért oldott állapotban vasat nem tartalmaznak.

A talajvízben a fehérjék és egyéb nitrogéntartalmú szerves anyagok bomlásából származó ammónia először nitritté, majd nitráttá oxidálódik. Nitrit-tartalomtól a közelmúltban, nitrát-tartalomtól pedig régebben történt szerves szennyezésre lehet következtetni. Az ammónia- és nitrit-tartalmú víz fogyasztásra nem alkalmas, mert valószínű, hogy az egyéb szennyező anyagoknak sem volt módjuk oxidálódni. Szennyeződésként szerves anyagokat is tartalmazhat a víz oldott állapotban. A víz szervesanyag-tartalmát a szerves anyagok oxidálásához szükséges oxigén mennyiségével szokás jellemezni.

Jelentős lehet a víz különféle ipari eredetű szennyeződése is (pl. mosószerek, fenol stb.), és nagy gondot okozhat a túlzott műtrágyahasználat miatt a felszíni vizekbe jutó hatóanyagok ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ) mennyisége is. A nitrogén- és foszforvegyületek felhalmozódása a felszíni vizekben – különösen az állóvizekben – a növényi élet túlburjánzásához vezet.

### *Lebegő szennyeződések*

A szilárd lebegő szennyezések ásványi, növényi és állati eredetűek, illetőleg ipari szennyeződések lehetnek. Eltávolításuk szűréssel lehetséges.

## A víz keménysége

A vízben oldott kalcium- és magnézium-sók bizonyos körülmények között a többi sótól eltérően viselkednek. **A vízben oldott kalcium- és magnézium-sókat keménységet okozó sóknak nevezzük.** A kemény, tehát nagyobb mennyiségű kalcium- és magnézium-sót tartalmazó vízben a szappan nem habzik, csak akkor, ha már minden kalcium- és magnézium-só lekötődött, oldhatatlan kalcium- és magnézium- szappan formájában. Az erre fordított szappanmennyiség a mosás szempontjából elvesz, a keletkezett csapadék pedig lerakódik a textíliák rostjai közé, és azokat szennyezi. A keménységet okozó sók okai a kazánkőképződésnek is, ami rontja a kazánok fűtőfelületének hőátadását. A kazánkő a nyomás alatt levő szerkezeti anyagok túlhevülését, és ez által szilárdságcsökkenést s így robbanásveszélyt okoz. A csővezetékek vízkövesedése keresztmetszet-csökkenést, sőt dugulást, tehát cirkulációs zavart okoz. A kazán falára lerakódott kazánkőréteg hővezető képessége a kazán lemezénél 15–20-szor rosszabb. Ez természetesen rontja a kazán hatásfokát, és a tüzelőanyag pazarláshoz vezet. Közepes teljesítményű, közepes nyomású kazánban 1 mm karbonát-szilikát összetételű kazánkőréteg 3–5 % kazánhatásfok-csökkenést is okozhat.

A rossz hőátadás miatt helyileg túlmelegedett kazánfalhoz a kazánkőréteg megrepedése folytán víz kerülhet, ami robbanásszerűen elgőzölög, hirtelen megnöveli a gőznyomást, amitől a kazánfal szétszakadhat.

A kalcium-hidrogén-karbonát és a magnézium-hidrogén-karbonát az egyéb kalcium- és magnézium- sókhoz képest melegítés hatására eltérően viselkedik. A hidrogén-karbonátok a korábban felírt (1) és (2) megfordítható reakció alsó nyíl irányában történő lejátszódásával, szén-dioxid felszabadulása mellett karbonátokká alakulnak és ezért csekélyebb oldhatóságuk következtében, szilárd alakban kiválnak (lásd a kémiai egyensúlyok eltolása) A kalcium-hidrogén-karbonát és a magnézium-hidrogén-karbonát által okozott keménységet karbonát-keménységnek nevezzük, jele: KK. A többi kalcium- és magnézium-só (pl.  $MgSO_4$ ,  $CaCl_2$ ) a nemkarbonát-keménységet képezi, jele: NKK. A nemkarbonát-keménység melegítés hatására nem változik. A karbonát keménységet tehát a hidrogén-karbonátok okozzák! Ezt változó keménységnek, míg a nemkarbonát-keménységet állandó keménységnek is szokták nevezni.

A karbonát-keménység és nemkarbonát-keménység összege az összes keménység, jele: ÖK

A keménység mértékének kifejezésére az SI mérték-rendszerben a vízben oldott sók koncentrációját  $mol/dm^3$ -ben adják meg, de használják a keménységi fok fogalmát is. Legelterjedtebb a német keménységi fok, jele:  $nk^\circ$  1 német keménységi fok annak a víznek a keménysége, melynek 1 literében 10 mg kalcium- oxiddal egyenértékű kalcium-vagy magnézium-só van oldva, azaz ugyanannyi „db” kalcium (magnézium) ion van benne mintha

– kémiai reakciókkal – 10 mg kalcium-oxidot oldanánk egy liter vízben. Ezeken kívül szokás a vízben oldott sókat, beleértve a keménységet okozó sókat is, milligramm/liter vagy az ezzel azonos „parts pro million”=ppm („egy rész oldott anyag a millió résznyi oldatban”) koncentrációegységben is megadni.

Pl. a lágy víz keménysége: 0-1,25 mmol/l (0-7 nk°), a nagyon kemény víz keménysége 5,4 mmol/l ( 30 nk°) feletti.

A víznyerés forrása szerint lehetnek felszíni vizek (folyóvíz, tó, tározó, tengervíz, csapadékvíz), felszín alatti vizek (talajvíz, rétegvíz, karsztvíz).

### **Víz-előkészítés:**

- A víz lebegőanyag tartalmának eltávolítása: üleptetés, derítés, szűrés. A derítés elve, hogy a vízben vegyszerek hozzáadásával jól ülepedő, nagy felületű pozitív töltésű csapadékot hoznak létre (pelyhesítés), mely a vízben szuszpendált apró szemcséjű, negatív töltésű lebegő anyagot megköti, és vele együtt könnyen ülepedik.
- Gáztalanítás  
fizikai módszerekkel: szellőztetés, termikus (forráspont környékére hevítés)  
kémiai módszerekkel: szén-dioxid eltávolítása (mész-kötőrmelékkel, kalcium-hidroxiddal)  
oxigén eltávolítására: redukáló szerekkel
- vas, mangán, szilikát, olaj eltávolítása
- fertőtlenítés: oxidációs módszerekkel, klórt és aktív klórt tartalmazó vegyületek, ill. ózon segítségével történhet, de használják az ultraibolya fényel, vagy ultrahanggal való besugárzást, vagy a pasztörözésnek nevezett hőkezelést is.
- vízlágyítás (lásd következő fejezet)

### **Vízlágyítás**

Az ipari felhasználás során talán a legfontosabb víz-előkészítési módszer.

A keménységet okozó sók káros hatásának megakadályozására két mód lehetséges:

- a) a keménységet okozó sók eltávolítása (vízlágyítás),
- b) a keménységet okozó sók kiválásának megakadályozása.

A vízlágyításra az eljárásoknak szintén két csoportja ismeretes. Az egyik módszer lényege, hogy a keménységet okozó sókat oldhatatlan csapadék formájában eltávolítják a vízből

(csapadékos vízlágyítás). A másik módszer szerint a kalcium- és magnézium-ionokat keménységet nem okozó ionokkal cserélik fel (ioncserélő vízlágyítás).

A keménységet okozó sók kiválásának megakadályozására olyan vegyszert (pl. nátrium-hexameta- foszfátot) adagolnak a vízhez, amely a keménységet okozó sókat nem távolítja el, csak megakadályozza a kicsapódásukat.

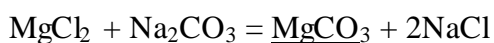
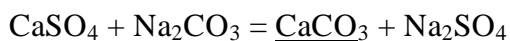
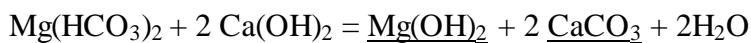
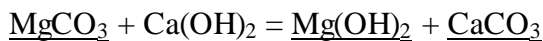
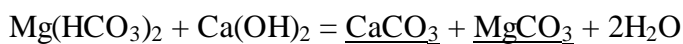
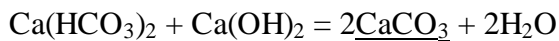
### **Csapadékos vízlágyítás**

#### *Termikus vízlágyítás*

A keménységet okozó sók (változó-keménység) csapadék alakjában történő eltávolításának legegyszerűbb módja a termikus vízlágyítás. Ehhez vegyszer sem szükséges, mert az oldhatatlan csapadék hő hatására válik ki. A korábban felírt (1) és (2) reakcióegyenletek (jobbról balra lejátszódásakor) alakul át a kalcium- és magnézium-hidrogén-karbonát alig oldható kalcium-és magnézium-karbonáttá. Ez a módszer csak a karbonátkeménység csökkentésére használható.

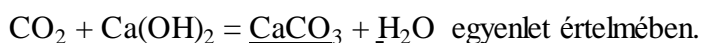
#### *Meszes (mész-szódás) vízlágyítás*

Klasszikus csapadékos vízlágyítási eljárás a meszes és a mész-szódás eljárás. Kalcium-hidroxid és nátrium-karbonát hatására képződnek az oldhatatlan kalcium és magnézium vegyületek. Az alapreakciók a következők:



Látható, hogy a mész ( $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ) a karbonát-keménység és a magnézium-sók okozta keménység, a szóda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) pedig a nemkarbonát-keménység lágyításához szükséges. A víz keménységi viszonyainak és a kalcium- és magnézium-sók arányának ismeretében a reakcióegyenletek alapján megállapítható a lágyításhoz szükséges vegyszer mennyisége.

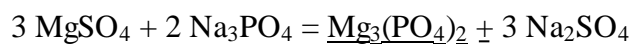
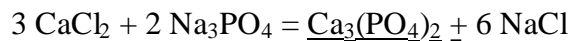
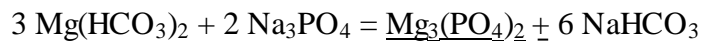
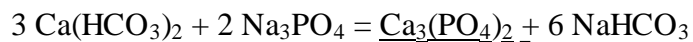
Ugyancsak mész szükséges az esetleg jelenlevő szabad szén-dioxid lekötéséhez is a



#### *Trinátrium-foszfátos vízlágyítás*

Jó hatásfokú lágyítószer a trinátrium-foszfát, ismertebb nevén trisó. Segítségével a víz 0,2–0,5 nk° keménységűre lágyítható, amely a vegyszeres lágyítási módszerek közül a legjobb eredményt szolgáltatja.

A trinátrium-foszfát egyaránt reagál a karbonát- és a nemkarbonát-keménységet okozó kalcium- és magnézium-sókkal. A lágyítás során oldhatatlan kalcium- és magnézium-foszfát keletkezik, a következő reakció szerint.



A csapadékképződés a mész-szódás és egyéb csapadékos eljárások esetén magasabb hőmérsékleten kedvezőbb, a víz maradék keménysége alacsonyabb.

A csapadékos lágyítási eljárások hatásfoka a képződött csapadék oldhatóságától függ. A trisós lágyítás hatásfoka jobb, mint a mész-szódás lágyításé, mert a kalcium- és magnézium-foszfát oldhatósága kisebb, mint a mész-szódás lágyításban keletkező csapadékoké, de a trisó drágább, mint a mész, illetve a szóda. A csapadékos vízlágyítással teljesen keménységmentes vizet nem lehet előállítani, mert minden csapadék bizonyos mértékig oldódik. A teljes lágyítás csak ioncserével valósítható meg.

### **Ioncserélő vízlágyítás**

A 0,1–0,2 nk°-nál lágyabb vizek előállítására ioncserélőket használnak. A gyakorlatban használt ioncserélő anyagok nagy molekulájú, polimerizációs eljárásokkal előállított műgyanták. Ezekben a gyantavázhoz kötött, töltéssel rendelkező fix centrumokhoz kötődnek különböző erősséggel a kicserélhető pozitív és negatív ellenionok. Az ioncsere során a vízben lévő kationok (kation cserélő gyanták esetén) kicserélődnek a gyanta felszínén megkötött hidrogén ionokkal. Anioncserélő gyanták esetén a gyanta a vízben lévő anionokat cseréli le hidroxil-ionokra (a víz teljes sóalanításánál).

A kationcserélő gyantákat leggyakrabban hidrogén- vagy nátrium-ionnal telített formában, az anioncserélő gyantákat pedig hidroxid- vagy klorid-ionos formában alkalmazzák a vízkezelésben. Ha csak a víz lágyítása a cél, a kationcserélő gyanták nátriumra cserélik a kationokat.

Vízlágyítás során a lágyítandó vizet keresztüláramoltatjuk egy ioncserélő gyantával töltött oszlopon. Természetesen az ioncserélő gyanta kapacitása véges. Ha a gyanta összes hidrogén (anion-cserélő esetén hidroxil) ionja lecserélődött a vízből megkötött kationokra (anionokra), akkor ún. áttörés következik be, azaz hiába áramoltatunk tovább vizet a gyantán, az abból már nem képes a benne lévő sók (ionok) megkötésére. Ilyenkor regenerálásra van szükség, ami az előbbi eljárás fordítottja. Erős savat áramoltatva a kationcserélő-gyantán, a megkötött kationokat hidrogén-ionokra erős lúgot áramoltatva az anioncserélő-gyantán ismét hidroxil-

ionokra cserélik az anionokat. Ezt követően az ioncserélő-gyanták a felesleges sav illetve lúg kimosása után ismét így ismét alkalmassá válnak az ioncserére.

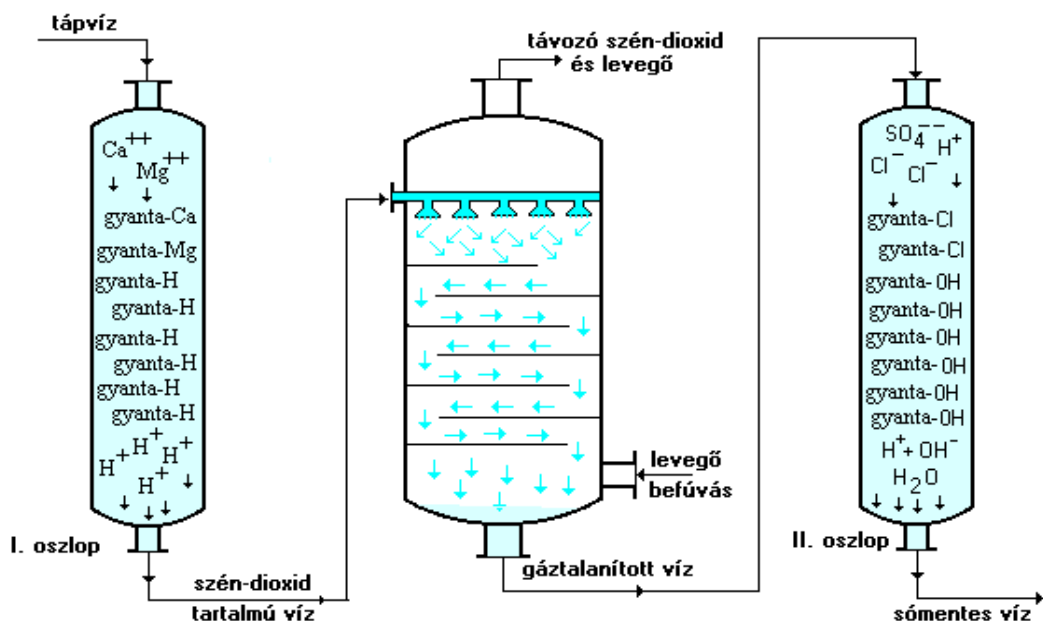
### **Ionmentes víz előállítása fordított ozmózissal**

Az ozmózis jelensége: ha két térrészt (sejtet), amelyekben különböző koncentrációjú oldat található, félig áteresztő membrán (sejtfal) választ el, amelyen keresztül az oldószer molekulák (esetünkben víz) szabadon, de az oldott anyag (hidratált ionok) nem tudnak áthaladni, a koncentráció-különbség a két oldat között csak az által egyenlítődhét ki, ha az oldószer molekulák a kisebb koncentrációjú oldatból a nagyobb koncentrációjú oldatba diffundálnak. Emiatt a nagyobb koncentrációjú térben mindaddig nő a nyomás, amíg a megnövekedett nyomás miatt a nagyobb koncentrációjú térből a kisebb koncentrációjú térbe is ugyanannyi oldószer molekula diffundál át, mint az ellenkező irányba. Ebben az esetben a nagyobb koncentrációjú tér nyomását növelve az oldószer molekulákat a tisztább (alacsonyabb sókoncentrációjú) tér felé tudjuk átkényszeríteni (a folyamat megfordul) ezt nevezzük fordított ozmózison alapuló sótelenítésnek.

A fordított ozmózis elve alapján működő víztisztító berendezésben a kezelendő vizet egy félig áteresztő (természetes vagy mesterséges műanyag alapú) membránon az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomással (a víz sótartalmától függően néhányszor tíz bar) átjuttatjuk, azaz a vizet a töményebb oldatból átpréseljük a tiszta víz oldalra. A membrán lehet síklap, cső, spirális alakban feltekert zsák vagy kapilláris méretű szálköteg.

### **Laboratóriumi mérési feladat**

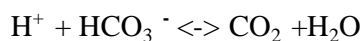
A gyakorlat során sorba kapcsolt erősen savas hidrogén-formájú kationcserélő és erősen bázikus hidroxil-formájú anioncserélő gyantával töltött oszlopok teljes sótelenítő hatását vizsgáljuk ivóvíz mintákon. A mérőberendezés vázlatát a 1. ábrán mutatjuk be.



1. ábra. Teljes sótalanítás szén-dioxid mentesítéssel (általános séma)

**Az oszlopok sorrendje nem cserélhető fel, mert ha a tápvíz először az anioncserélő oszlopra kerül, akkor a képződő kalcium- és magnézium-hidroxid lerakódik a gyantára.**

A kationcserélő oszlop 1,8 cm átmérőjű, benne 6 cm<sup>3</sup> erősen savas, magyar gyártmányú, H<sup>+</sup>-formájú kationcserélő gyanta (Varion KS), az azonos átmérőjű anioncserélő oszlopban pedig 8 cm<sup>3</sup> erősen bázikus, magyar gyártmányú, OH<sup>-</sup>-formájú anioncserélő gyanta (Varion AD) töltetet helyeztünk el. A két oszlop közé a kationcserélő oszlopban keletkező széndioxid eltávolítására gáztalanító oszlopot kapcsoltunk, mivel a hidrogén ion tartalmú savas oldatban a hidrokarbonátokból korrózió veszélyes szén-dioxid képződik, továbbá gázkiválást okoz az anioncserélő oszlopon, ezzel rontja annak kapacitását (az anionok a gázbuborékoktól nem férnek hozzá a gyantaszemcsékhez).



Az oszlopok után kötött folyamatosan működő átáramlási cellák segítségével mérjük az ioncserélő oszlopokról elfolyó víz fajlagos vezetőképességét és pH-ját. Az első leolvasás a mérés megkezdésétől számított 1 perc múlva történik, a továbbiakban pedig 5 percenként végezzük a leolvasásokat.

Az oszlopokat a vízben lévő sók megjelenéséig (áttöréséig) üzemeltetjük. Az áttörést az anioncserélő oszlop után elfolyt víz fajlagos vezetőképességének növekedése jelzi.

#### **Normál üzem:**

Kation cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas



Anion cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség kicsi, pH semleges

### **Kimerült a kationcserélő oszlop:**

Kation cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség és pH megegyezik a tápvizével

Anion cserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH lúgos

### **Kimerült az anioncserélő oszlop:**

Kationcserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas

Anioncserélő oszlop utáni víz: vezetőképesség nagy, pH savas

**Beadandók:** az átáramlott oldattérfogat függvényében felvett fajlagos vezetőképességi és pH-görbék egy diagramban (mindkét oszlop esetén), valamint a mérés értékelése (melyik oszlop tört át hamarabb, és miért?).

Számítsuk ki a kimerült ioncserélő oszlop hasznos kapacitását,  $[\text{mmolH}^+/\text{dm}^3]$  vagy  $[\text{mmolOH}^-/\text{dm}^3]$  egységben, ha az átáramoltatott víz elemzési adatai:

$\text{CaCl}_2$ :  $100 \text{ mg}/\text{dm}^3$

$\text{MgCl}_2$ :  $300 \text{ mg}/\text{dm}^3$

$\text{NaCl}$ :  $50 \text{ mg}/\text{dm}^3$

Atomtömeg: kalcium: 40, magnézium 24, nátrium: 23, klór: 35.5

Számítsuk ki az előbbi vízanalitikai eredményekből a víz megfelelő keménységét  $\text{mgCaO}/\text{dm}^3$  és  $\text{mmolCaO}/\text{dm}^3$  egységben.

### **Ioncserélő gyanták kapacitása**

Az ioncserélő oszlopok méretezéséhez szükséges a gyanták kapacitásának ismerete. Ionmentesítésnél a kation cserélő gyanta hasznos kapacitását  $[\text{molH}^+\text{ion}/\text{dm}^3\text{gyanta}]$  egységben,

az anion cserélő gyanta hasznos kapacitását  $[\text{molOH}^-\text{ion}/\text{dm}^3\text{gyanta}]$  egységben fejezzük ki.

### **Ioncserélő oszlop méretezése**

Egy kationcserélő gyanta hasznos kapacitása  $1,4 \text{ mol H}^+/\text{dm}^3$ . Egy  $1 \text{ m}^3$  gyantát tartalmazó ioncserélő oszloppal hány  $\text{m}^3$   $280 \text{ mg CaO}/\text{dm}^3$  keménységű vizet tudunk kation mentesíteni? A vízben nincsenek keménységet nem okozó kationok !

Hány  $\text{m}^3$  anioncserélő gyantát tartalmazó oszlopot kell a kationcserélő után kapcsolni,

Ha azt akarjuk, hogy az oszlopok közel egyidőben merüljenek ki ? Az anioncserélő oszlop hasznos kapacitása  $0,7 \text{ OH}^- \text{ mol/dm}^3$

A  $280 \text{ mg CaO/dm}^3$  megfelel  $280/56 = 5,0 \text{ mmol CaO / dm}^3$  -nek, amely  $\text{H}^+$  ionra vonatkoztatva

$10 \text{ mmol H}^+ / \text{dm}^3$ .

$1 \text{ m}^3$  gyanta hasznos kapacitása  $1 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 \cdot 1,4 \text{ mol / dm}^3 = 1,4 \cdot 10^3 \text{ mol}$

Az átfolyó víz minden köbmétere ebből  $1 \cdot 10^3 \text{ dm}^3 \cdot 10 \text{ mmol/dm}^3 = 10 \text{ mol-t}$  használ el.

Az áttörési pontig  $1,4 \cdot 10^3 \text{ mol} / 10 \text{ mol} = 1,4 \cdot 10^2 \text{ m}^3$  vizet tudunk kationmentesíteni.

Az anioncserélő gyanta hasznos kapacitása  $0,7 / 1,4 = 0,5$  csak fele a kationcserélőnek, így ha azt akarjuk, hogy közel egyszerre merüljön ki a kationcserélővel a kationcserélő oszlop térfogatának dupláját kell alkalmaznunk anioncserélőként, azaz  $2 \text{ m}^3$ -t.



nagyított ioncserélő gyanta  
szemcsék átlagos szemcseméret  
 $\text{Ø} \approx 1 \text{ mm}$

Beugró mintakérdések:

- Melyek a keménységet okozó sók? Melyik milyen keménységet okoz?
- Mit jelent a változó, az állandó illetve az összes keménység?
- Milyen szennyeződések tartalmazhat a víz?
- Milyen fontosabb kationok és anionok fordulnak elő a természetes vizekben?
- Miért szükséges a vízlágyítás?
- Vízelőkészítés
- Vízlágyítási módszerek felsorolása, rövid jellemzése
- Mivel végzik a mész-szódás vízlágyítást, mi az elve? (képletek nélkül)
- Trinátrium-foszfátos vízlágyítás elve
- Ioncserélő vízlágyítás
- A fordított ozmózissal történő ionmentesítés elve
- Víz keménységének a mértékegységei