

BME
Közlekedésmérnöki Kar

Műszaki kémia jegyzet

II. kötet

Technikai fluidumok

Összeállította:
dr. Szabó Mihály adjunktus

Kémiai Technológia Tanszék

2006. ősz

Irodalom:

- Vajta-Szebényi-Czencz: Általános kémiai technológia, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999
Bajnóczy-Szebényi: Műszaki kémia, Műegyetemi Kiadó, 2001
Ulmann: Encyclopedia of Technical Chemistry

Tartalom:

2.	Technikai fluidumok	3
2.1.	Kenőanyagok	3
2.1.1.	A kenőanyagok funkciója	3
2.1.2.	A kenőanyagoktól elvárt legfontosabb tulajdonságok:	3
2.1.3.	A kenőolajok előállítása	5
2.1.4.	Kenőolaj adalékok	6
2.1.5.	Kenőolajok beosztása - kenőolajfajták	7
2.1.6.	Szintetikus kenőolajok	11
2.1.7.	A kenőanyagok elhasználódása	12
2.1.8.	Konzisztens kenőanyagok-kenőzsírok	12
2.1.9.	Szilárd kenőanyagok	13
2.1.10.	Gáz kenőanyagok	13
2.2.	Víz, szennyvíz	14
2.2.1.	A víz, mint nyersanyag	14
2.2.2.	A vízben levő szilárd és oldott anyagok	14
2.2.3.	A víz keménysége	16
2.2.4.	Vízforrások	17
2.2.5.	Vízelőkészítés	19
2.2.6.	Vízlagytás	23
2.2.7.	Kazánvíz	29
2.2.8.	Hűtővíz	29
2.2.9.	Szennyvizek és szennyvíztisztítás	30

2. TECHNIKAI FLUIDUMOK

2.1. KENŐANYAGOK

2.1.1. A kenőanyagok funkciója

A gépekben szilárd, általában fém alkatrészek mozdulnak el egymáson, terhelés alatt. Bármilyen finom is a felület, kenőanyag nélkül kopás, melegedés, összehegedés következne be. A kenőanyag az elmozduló alkatrészek között filmet képez, szétválasztja azokat. Kenőanyagként elsősorban folyadékok jöhetnek szóba, mert a folyadéksúrlódás kicsi, a részecskék könnyen elmozdulnak egymáson (felveszik az edény alakját).

Súrlódás fajták:

- (tiszt) folyadéksúrlódásnál a teljesítményveszteség kicsi, alig van kopás, az elmozdításhoz az összetartó erő 0,1 - 0,5 %-a szükséges;
- félfolyadék súrlódáskor (kisebb fordulatszámnál) már 0,5 - 1 % szükséges;
- határsúrlódáskor már csak néhány molekulányi film található a felületen, ekkor a tapadóképesség kerül előtérbe, az összetartó erő 1 - 10 %-a szükséges;
- fémes, vagy száraz súrlódáskor 10 - 50 % szükséges.

A kenőanyagok feladata:

- a súrlódás csökkentése,
- a képződött hő elvezetése,
- a fémes alkatrészek korrózióvédelme,
- dugattyús gépeknél tömítés.

2.1.2. A kenőanyagoktól elvárt legfontosabb tulajdonságok:

Kémiai stabilitás

A használat során lehetőleg ne változzon meg kémiailag a kenőanyag. Pl. a belsőégésű motorok kenőolajának nagy hőmérsékleten, O_2 és gyakran az oxidációt katalizáló hatású fém jelenlétében kell hosszú időtartam alatt stabilnak lennie.

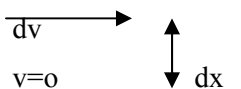
Jó tapadó képesség

A jó tapadó képesség a szerkezeti anyagon különösen nagy terhelések esetén válik fontossá, amikor a kenőanyag film már kiszorul a súrlódó felületek közül. A tapadó képességet — hasonlóan az oldódáshoz — a polaritás határozza meg. A poláros anyag a poláros felületen tapad jól, míg az apoláros az apolároson. A fémen általában poláros (oxid) réteg található, amelyen az apoláros (szénhidrogén) kenőolaj nem tapad jól, emiatt a szénhidrogén alapú kenőolajokhoz tapadó képességet javító adalékokat kevernek. Pl. a korszerű észterolajok tapadó képessége kiváló.

Megfelelő viszkozitás

A viszkozitás a folyadékok belső súrlódására jellemző, amely döntően befolyásolja a film vastagságát, fedőképességét. A viszkozitást definiáló egyenletet Newton 1687-ben írta fel:

Ha két, egymástól dx távolságra levő folyadékréteg egymáshoz képest dv sebességgel elmozdul



a súrlódási erő arányos a sebesség gradiensevel és a súrlódó felülettel, ill. (az egyenlet mindkét oldalát osztva a felülettel) a nyírófeszültség arányos a nyírósebességgel:

$$F = \eta * \frac{dv}{dx} * A \quad \text{ill.} \quad \frac{F}{A} = \eta * \frac{dv}{dx}, \quad \text{ahol}$$

η : az ún. dinamikai (abszolút) viszkozitás,

F: a súrlódó (nyíró) erő,

A: a felület

η mértékegysége a Pa*s, régebben használt mértékegység a poise. 1 Pa*s = 10 poise

A dinamikai viszkozitás meghatározható rotációs, vagy esőgolyós viszkoziméterrel.

Vannak a folyadékoknak olyan tulajdonságai, melyek a dinamikai viszkozitás és a sűrűség hányadosával arányosak, mint pl. egy vékony csövön (kapillárison) adott mennyiségű folyadék átfolyási ideje. Ezért bevezették a kinematikai viszkozitás fogalmát:

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

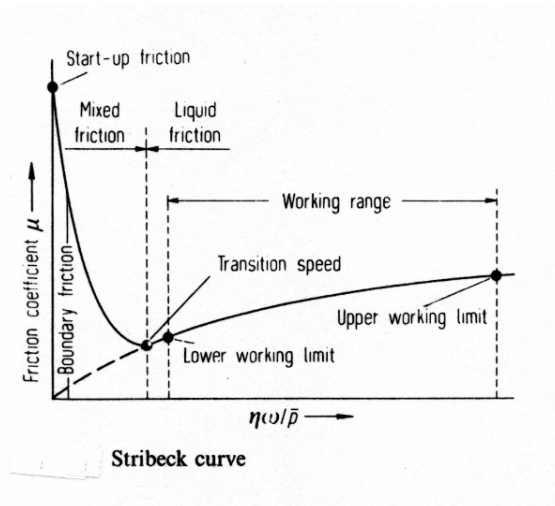
ν mértékegysége a m²/s, vagy mm²/s, régebben a Stokes. 1 mm²/s = 1 cSt

A kinematikai viszkozitás meghatározható kapilláris, átfolyós viszkoziméterrel, a kifolyási idő mérésével. (Az Ostwald viszkoziméter működési elvét a laborban megismertük, a laborjegyzetből vegyük át a vizsgára.)

A gyakorlatban különféle relatív viszkozításokat is használnak. Ezek közül az **Engler viszkozitást** említjük meg. Az Engler-féle viszkozimétert akkor használják, ha gyors, egyszerű vizsgálatra van szükség, de a mérés kevésbé pontos. Ebben egy külső köpeny vízzel vagy olajjal van töltve, amely a hőmérséklet beállítására szolgál. Az adott hőmérsékletű vizsgálandó olaj egy belső edényből megszabott átmérőjű és hosszú csőszakaszon adott szintről indítva egy mérőedénybe folyik. A mérés során 200 cm³ folyadék kifolyási idejét viszonyítjuk 200 cm³ 20 °C-os desztillált víz kifolyási idejéhez. A kapott hányados az Engler fok, csak többé-kevésbé számítható át kinematikai viszkozításra.

A viszkozitás a hőmérséklet, a nyomás, esetleg a nyírósebesség függvénye. Az ún. newtoni folyadékokban a nyírósebességtől független, a nyomás növelésekor a viszkozitás is nő. A hőmérséklet növelésekor a viszkozitás exponenciálisan csökken. A kenőanyagoknak gyakran széles hőmérsékleti tartományban kell megfelelő kenést biztosítani, emiatt **a viszkozitás hőmérsékletfüggésének ismerete nagyon fontos**. Az a jó kenőanyag, amelynek a viszkozitása a hőmérséklet-változás hatására kevésbé változik. Pl. a motorolaj viszkozitása indításkor, hideg motornál sem nőhet meg nagyon, mert ebben az esetben hosszú idő telik el, amíg eljut valamennyi kenési helyre. A felmelegedett motorban sem csökkenhet a viszkozitás jelentősen, mert ekkor a film nem lesz kellően vastag, a kenőanyag lecsorog a kenési helyről. A viszkozitás hőmérsékletfüggésének jellemzésére bevezették a **viszkozitási-index (VI)** fogalmát. Definícióját, meghatározását (beleértve a kiterjesztett viszkozitási indexet is) a laborjegyzet tartalmazza, illetve a laborgyakorlaton megismertük. (Meghatározását a vizsgára onnan vegyük át.)

A kenési hely körülményeitől függ, hogy milyen viszkozitású kenőanyag biztosít megfelelő, a folyadéksúrlódás tartományába eső kenést. A Stribeck görbe írja le egy csapágyban az összefüggést a fordulatszám, a viszkozitás, a terhelés és a súrlódási tényező között (2.1.1. ábra):



2.1.1. ábra. A Stribeck görbe

η a dinamikai viszkozitás, ω a forgó tengely szögsebessége, p a terhelés, μ a súrlódási tényező.

Széles alkalmazhatósági hőmérséklet-tartomány

A kenőanyagok széles hőmérséklet-tartományban történő alkalmazását korlátozhatja, ha nem kellően magas a **lobbanáspontjuk**, illetve nem kellően alacsony a **dermedéspontjuk**. A lobbanáspont meghatározását ld. a laborjegyzetben, a dermedéspont meghatározását ld. a motorhajtó anyagoknál.

Kenőképesség

A kenőképesség egy összetett tulajdonság, függ a kenőanyag fizikai-kémiai tulajdonságaitól és a kenési helyen uralkodó körülményektől. Mérése különböző, szabványosított fékpadi vagy országúti motorpróbával történik. Az előírt körülmények között végzett járatás után mérik az olaj fizikai-kémiai jellemzőinek megváltozását, és a gépben (motorban) bekövetkezett változásokat (kopásokat, pl. a dugattyú gyűrű, a hajtókar csapágy súlyvesztését, a különböző lerakódásokat).

Korrozív hatás

A kenőanyag maga és átalakulási termékei sem okozhatnak korróziót a fém felületen.

2.1.3. A kenőolajok előállítás

A kenőanyagoktól elvárt tulajdonságok ismeretében vizsgáljuk meg, milyen kémiai anyagok jöhetnek szóba, mint kenőanyag komponensek. A leginkább használható vegyületsoprotot a szénhidrogének alkotják. Tekintsük át az egyes szénhidrogének tulajdonságait!

A **n-paraffinok** kémiailag stabil vegyületek, alacsony a viszkozitásuk, jó a viszkozitási indexük, de növekvő láncsal nő a dermedéspontjuk.

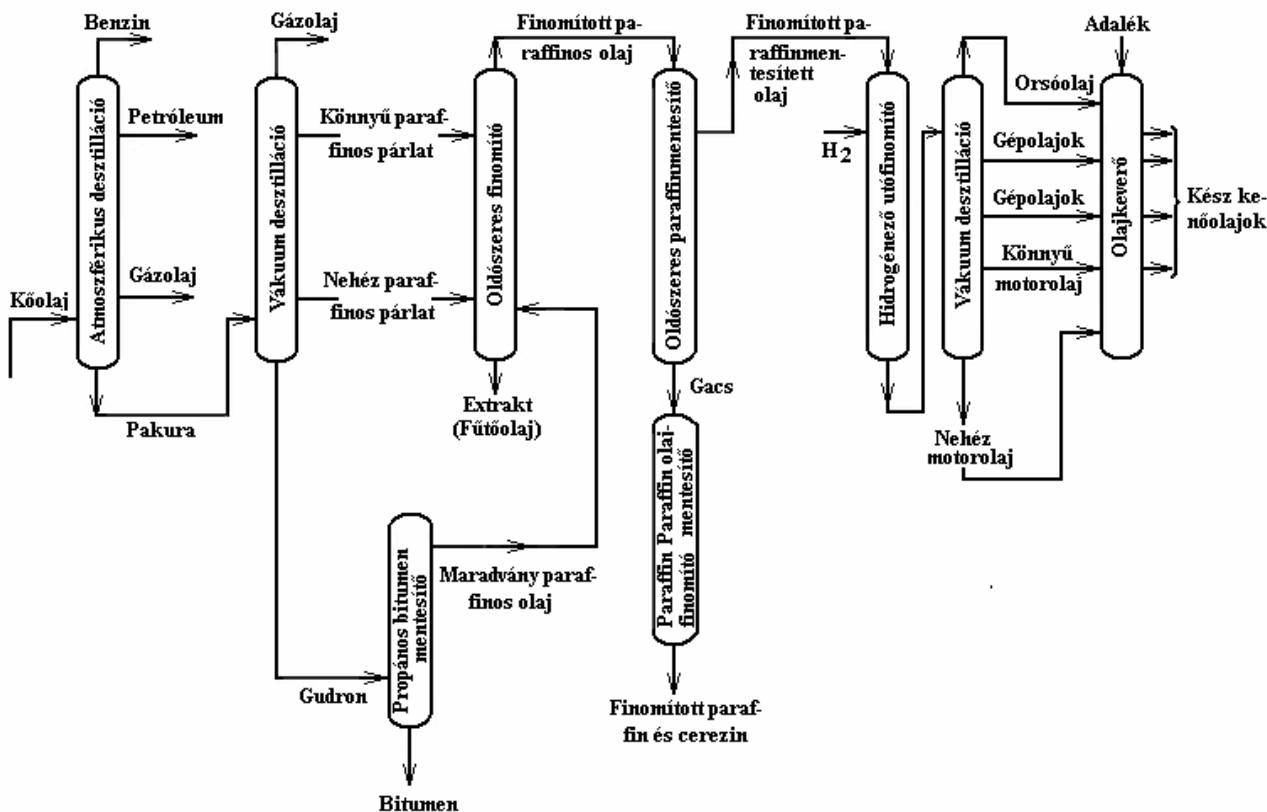
A **ciklo-paraffinok** eltérhetők a stabilitás szempontjából, jobb a tapadó képességük.

Az **aromás és heteroatomos** (nemcsak szén és hidrogén atomokból álló) gyűrűt tartalmazó vegyületek reakcióképesek, rossz az (oxidációs) stabilitásuk.

A **telítetlen vegyületeknek** nagy a gyantásodási hajlamuk.

Az **izo-paraffinok** jelentik a különböző szempontok szerinti optimumot.

A kenőolajok legnagyobb részének ún. bázisolaját a **kőolaj vákuumdesztillációjának párlataiból és maradványából** a nem megfelelő szénhidrogének eltávolításával, főként az izo-paraffinok meghagyásával állítják elő a 2.1.2. ábra szerint. Az így nyert bázisolajhoz a felhasználási területnek megfelelően adalékokat kevernek.



2.1.2. ábra. A kenőolajgyártás (kenőolajblokk) folyamatvázlata a desztillációval

A vákuumdesztilláció maradványából, a gudronból a nehezebb (nagyobb forráspontú) kenőolaj komponensek propánnal kioldhatók, az aszfaltos-gyantas anyagok kicsapódva alkotják a bitument. A propán a következő lépésben az olajról ledesztillálható, és újra felhasználható. Az így nyert maradvány paraffinos olaj és a vákuumdesztilláció kenőolajpárlatai oldószeres finomításakor szelektív oldószerekkel az aromás és a heteroatomos vegyületeket távolítjuk el. Ennek során a tapadó képesség sajnos csökken. Az oldószeres (normál) paraffinmentesítéssel a magas dermedéspontú (C_{18} - C_{28} szénatomszámú és 50-58 °C olvadáspontú) n-paraffinokat oldószerben oldva, majd hűtéssel kristályosítva és szűrve távolítjuk el. A befejező hidrogénezéssel a 2. lépésben még megmaradt heteroatomokat távolítjuk el H_2O , H_2S , NH_3 gázként. Az így nyert finomítványból vákuumdesztillációval állítják elő a különböző bázisolajokat (alapolajokat), amelyek viszkozitási indexe 90-100 körüli érték, dermedéspontja ~-15 °C.

2.1.4. Kenőolaj adalékok

A természetes szénhidrogén olajok egyedül nem képesek az egyre növekvő minőségi igényeknek megfelelni, emiatt már a XX. század eleje óta használnak kenőolaj adalékokat. Ezek szintetikus vegyületek, ill. ezek keverékei. A fizikai tulajdonságokra (pl. VI, dermedéspont), ill. a kémiai tulajdonságokra (pl. oxidációs stabilitás) hatnak. Egymás hatását erősíthetik (szinergetikus hatás), vagy gyengíthetik (antagonisztikus hatás). Általában egy adalék több célt is szolgál. Fokozhatják az adott tulajdonságot (pl. VI növelés, dermedéspont csökkentés), de új tulajdonságot is hordozhatnak (pl. emulzió-képzés, korrózióvédelem, nagy nyomás-állóság).

- dermedéspont csökkentők:
Megakadályozzák a nagy (lapos) kristályok képződését, helyette több kicsi, gömb alakú kristály képződik, az olajsűrő kevésbé tömődik el. 8 - 10°C dermedéspont-csökkenés érhető el velük, pl. 0,05-1% koncentrációban alkalmazott metakrilát-polimerrel.

- VI növelők:
Motorolajoknál az alacsony hőmérsékletű viszkozitást csökkentve javítják a hidegindítást, csökkentik az indításnál fellépő kopásokat. 1-2%-os koncentrációban alkalmazott nagymolekulájú (10000-25000-es móltömegű) polimer láncok, pl. poli-cetil-metakrilát, poli-izobutilén. A kenőolaj használata során a nyírófeszültség miatt tördelődnek, ekkor a viszkozitás, a VI és a lobbánáspont is csökken. Kopolimer (ld. műanyagok) alkalmazása a szabályos szerkezetet megtörve a dermedéspontot is csökkenti. Poláros kopolimerrel detergens hatás is elérhető.
- oxidációs inhibitorok:
Az oxidációs stabilitást növelik. Az oxidáció mindenképpen káros, mert a reakció terméke savas kémhatású, nagyobb viszkozitású, általában lakkszerű vagy (a keletkező fémsók) iszapszerű lerakódást okoz. Mivel az oxidáció alkil- és peroxi-gyökökön keresztül lejátszódó láncreakció, melyet a jelenlevő fémek gyakran katalizálnak, az inhibitorok 0,1-1%-os koncentrációban alkalmazott gyökfogók, peroxid bontók, fém dezaktivátorok (stabil, komplex fémvegyület képzők) lehetnek.
- detergens, diszpergens
Nagyon fontos szerepük van, mert a keletkező korom és egyéb, olajban oldhatatlan termékek lemosása és diszpergálása, kolloid szuszpenzióban tartása, lebegtetése a feladatuk, hogy ezeket az olajsűrűben le lehessen választani (ilyen az ún. HD, heavy duty adalék). Korábban főként (Ba, Ca és Mg) fémtartalmú vegyületeket alkalmaztak, de ezek hamuképzők, emiatt újabban 2-5%-ban bekeverve szerves vegyületeket használnak.
- habzásgátlók
A hab keletkezését el kell kerülni, mert a habban kenés nincs, viszont az oxidáció könnyebben lejátszódhat. Feladatuk a bomlástermékek miatt megnőtt felületi feszültség csökkentése. Erre a célra pl. max. 0,01%-os koncentrációban szilikonolajat alkalmaznak, amely nem oldódik a szénhidrogén-olajban, finom eloszlású cseppeket alkot.
- EP adalék
Igen nagy nyomás (EP: extreme pressure), ill. nagy hőmérséklet esetén kenőképesség növelők alkalmazása válik szükségessé. Ezek általában S, P és Cl tartalmú poláros szénhidrogének, a fém felületén vegyületet képeznek, melyek igénybevételkor lecsúsznak, ezzel „kémiai polírozás”-t biztosítanak. A sebességváltó olajhoz mindenképpen szükséges EP adalék, mert a fogaskerekek között nagy terhelések alakulnak ki.
- súrlódás módosítók, kopásékkentők
Fizikai adszorpcióval vékony réteget képeznek, csökkentik a súrlódást, kopást.
- korróziós inhibitor (rozsdagátló)
Egy adszorpciós vagy kemisorpciós film meggátolja a víz, O₂ felülethez jutását, ill. a savas termékeket (SO₂, SO₃, NO_x) semlegesíti.

2.1.5. Kenőolajok beosztása - kenőolajfajták

A Nemzetközi Szabványügyi Szervezet, az ISO besorolásának alapja a **40 °C-on mért viszkozitás**. Ennek alapján különböző viszkozitás-fokozatokat (VG: viscosity grades) állapítottak meg ISO VG 2—ISO VG 1500 között. E fokozatokban a 40°C-on mért viszkozitás 2—1500 mm²/s ± 10%.

A kenőolajok klasszikus beosztása a következő csoportokat különbözteti meg:

Orsóolaj

Kis terhelés, nagy fordulatszám esetén használható, 20°C-on 20-50 mm²/s viszkozitású. Ide tartoznak még a hűtő-kenő olajok, a (tulajdonképpen nem kenőanyagként funkcionáló) transzformátor olaj is. Az alapolaj korróziós és oxidációs inhibitor, kopásgátló adalékot tartalmaz.

Gépolaj

A korábbi adalékotlan, finomított ipari olajok gyűjtőneve, ISO VG 22-100-ig. Általános célra, kis igénybevétel, olajvesztés esetén (alacsony ára miatt) használják.

Motorolaj

100°C-on 4-23 mm²/s viszkozitású. A bázisolajhoz nagy mennyiségű, 5-25 % adalékot kevernek. A belsőégésű motor alkatrészeinek (csapágy, forgattyús tengely, henger, szeleprendszer, vezérmű stb.) kenésére szolgál, szórással és/vagy szivattyús szállítással jut el a motor különböző hőterhelésű helyeire, majd visszacsorog az olajteknőbe. Eközben érintkezik az égéstermékekkel, vízgőzzel, levegővel, lemossa a felületi szennyeződések (kopadékok, gyantás, oxidált termékek), emiatt, fárad, öregszik, bizonyos idő, vagy megtett útszakasz után olajcsere szükséges

A motorolajok **osztályba sorolása** egyrészt egyik legfontosabb tulajdonságuk a viszkozitás, másrészt teljesítményszintjük alapján történik.

A **viszkozitás alapján** történő besorolásra a világon egységesen a Society of Automotive Engineers (SAE) csoportosítását használják. Ez a 2.1.1. táblázat szerinti fokozatokat különbözteti meg. A táblázatban egy sor felel meg egy fokozatnak. A W a winter (tél) szó rövidítéseként az ún. téli fokozatokat, míg a W-t nem tartalmazó megjelölések a nyári fokozatokat jelölik. A „téli” olajoknál az alacsony hőmérsékleten mért viszkozitás maximuma, ill. a 60000 mPas-os viszkozitáshoz mint szivattyúzhatósági határhoz tartozó szivattyúzhatósági határ-hőmérséklet, míg a „nyári” olajoknál az emelt hőmérsékleten mért viszkozitás minimuma az előírás.

SAE viszkozitási fokozat	Szivattyúzhatósági határ-hőmérséklet °C, max.	Viszkozitás 100 °C-on, mm ² /s		Viszkozitás 150 °C-on, min. mm ² /s,
		min.	max.	
0 W	-40		-	-
5 W	-35		-	-
10 W	-30		-	-
15 W	-25		-	-
20 W	-20		-	-
25 W	-15		-	-
20	-	5,6	9,3	-
30	-	9,3	12,5	2,9
40	-	12,5	16,3	2,9*; 3,7**
50	-	16,3	21,9	3,7
60	-	21,9	26,1	3,7

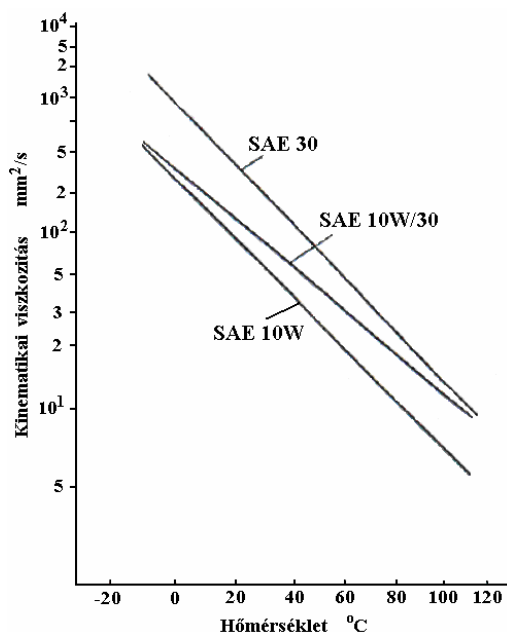
* 0 W-40, 5 W-40, 10 W-40

** 15 W-40, 20 W-40, 25 W-40;

2.1.1. táblázat. A motorolajok osztályozása a viszkozitás alapján (SAE)

Ha egy olaj egy sor előírásait teljesíti, akkor egyfokozatú, (monograde) olajnak, ha egyidejűleg egy téli és egy nyári fokozat előírásait is teljesíti, akkor többfokozatú, (multigrade) olajnak nevezzük. Ezek megjelölése pl. SAE 15W-40. A téli, a nyári és a multigrade olajok viszkozitásának hőmérséklet-függését mutatja a 2.1.3. ábra. Az előzőeknek megfelelően a nyári olajok viszkozítása a télieknél magasabban fut, ill. a multigrade olajok lefutása a

monograde olajokhoz képest kevésbé meredek. A motorolajok csereperiódusa ma már kitolódott, a gépkocsikban gyakorlatilag csak multigrade olajokat használnak.



2.1.3. ábra. Egy- és többfokozatú olajok viszkozitásának hőmérséklet-függése

A **teljesítményszint szerinti** besorolás alapját különböző fékpadli motorvizsgálatok és laboratóriumi olajvizsgálatok képezik. Ilyen besorolást először 1947-ben az American Petroleum Institute (**API**) készített. Ebben a regular (tisza ásványi olaj), premium (oxidációgátló adalékot tartalmazó olaj), és a heavy-duty (oxidációgátló, tisztító és szennyezést diszpergáló adalékot tartalmazó olaj) fokozatot különböztették meg. Később ezt több szervezet ajánlását figyelembe véve folyamatosan tökéletesítették. Jelenleg a fokozatok jelölése két betűből áll. A benzinüzemű motorokhoz használatos olajoknál az első betű S (a service szóból), a dízel motorok olajainál pedig C (commercial). A második betű az ABC valamelyik, a növekvő teljesítményszinttel egyre hátrébb álló betűje. Pl. az SH motorolaj jobb minőségű, mint az SG, ill. a CG jobb, mint a CF. A mindkét motor-típushoz használható olajok mindkét megjelölést tartalmazzák, pl. API SJ/CF. A teljesítményszintek az elmúlt évtizedekben egyre nőttek, amit kezdetben a jobb bázisolaj előállítás, később a hatékonyabb motorolaj adalékok kifejlesztése, ill. a szintetikus kenőanyagok alkalmazása tett lehetővé. Az osztályozást időnként aktualizálják, így egyes – korábban létezett – fokozatok törlésre kerülnek, és újakat vezetnek be. Jelenleg már csak az SJ és SL fokozatú minősítés kérhető, a többi érvényét veszítette. SH és elvétve SG fokozatú olaj még kapható. SI és SK fokozat nem létezik. A dízel haszongépjárművekre vonatkozó fokozatok: CF, CF-4, CG-4, CH-4, CI-4.

A világon elterjedtek egyéb osztályozások is a teljesítményszint szerint. Az ACEA (Association des Constructeurs Européens d'Automobiles) a legjelentősebb európai gyártók szövetsége. Az általa létrehozott rendszer használata 1997-től kötelező a gépkönyvi előírásokban. Az ACEA minősítés egy betűből és egy számból áll. Minél nagyobb a szám annál jobb az olaj. A jelenleg érvényes kategóriák benzin és diesel motorokra összevontan: A1/B1-04, A3/B3-04, A3/B4-04, A5/B5-04. Eredetileg az A betű a benzin üzemű, míg a B betű a diesel motorokra vonatkozott, de utólag összevont kategóriákat hoztak létre. Részecskecsapda és katalizátor összeférhető személygépkocsi olajok: C1,C2,C3. Nehéz üzemű diesel motor olajok: E2, E4, E6, E7

Emellett számos nagyobb motorgyártó (pl. Mercedes-Benz, BMW, VW/Audi, Porsche, MAN, VOLVO, Scania, Renault) is kidolgozott saját minősítő módszereket.

A motorolajok vizsgálata:

A viszkozitási tulajdonságok mellett a kenőolajok fontos tulajdonsága a **lobbanáspont**. Mérése kenőolajoknál "nyílt terű" lobbanáspont mérő készülékkel történik. Lobbanásponton azt az 1013 milibar nyomásra átszámított

legkisebb hőmérsékletet értjük, amelyen megszabott körülmények között a kőolaj termékből annyi gőz keletkezik, hogy a fölötte lévő levegővel elegyedve, láng közelítésére a vizsgált anyag teljes felületére kiterjedően ellobban. A legalább öt másodpercig tartó folyamatos égéshez tartozó hőmérséklet neve **gyulladáspon**t. A lobbanáspont az olaj párolgására, összetételére, a motorolaj hígulására, (esetleg benzinnel keveredésére) és tűzveszélyességére jellemző érték, így ismerete egyrészt az illető olaj felhasználhatósága szempontjából, másrészt üzembiztonsági okokból szükséges. Szintén fontos jellemző a **dermedéspont**, ami tájékoztatásul szolgál, hogy a kenőolaj mennyire alacsony hőmérsékletig marad folyékony. Jelentős tulajdonság a motorolaj hőállósága. A felső dugattyúgyűrű magas hőmérsékleti zónában van (versenymotoroknál különösen), ami nagy megpróbáltatás az olaj számára. Ha ezt a hőmérsékletet nem bírja el, akkor kokszosodik és eltömi a dugattyú testben a gyűrű vátját. Erre lehet következtetni a **Conradson-szám** értékéből, ami a szabványos körülmények között elvégzett termikus bontás után visszamaradó kokszt %-os mennyisége. A kenőolajoknál nemcsak a használatlan olaj vizsgálata ad fontos információkat, hanem az elhasznált ("fáradt") olaj analízise is. A használat során az olaj nagy molekulái törtelődnek, a viszkozitás, viszkozitási index, lobbanáspont csökken. A szennyező anyagok felhalmozódnak. Ha ismerjük, hogy a motor egyes alkatrészei milyen ötvözetekből állnak, következtetéseket tudunk levonni, hogy melyik alkatrész kopik esetleg erősebben. Erre szolgál a fáradt olajok elemanalízise, melynek során az olajban lévő kémiai elemek – kiemelten a fémek – mennyiségét mérik.

Egy átlagos személygépkocsi motorolaj jellemzőit a 2.1.2. táblázat mutatja.

	Többfokozatú olajok			Egyfokozatú olajok	
	SAE 15W-50	SAE 10W-40	SAE 20W-50	SAE 20W-50	SAE 30
Sűrűség (15 °C), g/ml	0,884	0,878	0,900	0,905	0,910
Viszkozitás (-18 °C), Pa s	4100	2250	8900	6200	
Viszkozitás, mm ² /s					
40 °C-on	134	108	159	68	110
100 °C-on	18	16	18	8,7	11,9
Viszkozitási index	147	154	124	99	95
	0,7	0,7	1,0	1,05	0,95
°C	-27	-30	-27	-27	-24

2.1.2. táblázat. Egy átlagos személygépkocsi motorolaj jellemzői

(Gőz) Hengerolaj

Nagy viszkozitású (100°C-on 30-64 mm²/s) és magas, legalább 260°C-os lobbanáspontú kenőolaj. A hajdani dugattyús gőzgépek hengereinek kenésére is ezt a fokozatot használták.

Egyéb olajok

Hajtóműolaj: Hajtómű-fogaskerékrendszerek kenésére szolgál. A közlekedési hajtóműolajokat az API GL (Gear Lubricants), osztályokba sorolják teljesítményszintjük szerint (GL1-GL6), viszkozitásuk szerint szintén SAE osztályokba. A fogaskerekek közötti nagy terhelés miatt EP adalék szükséges.

Hidraulika olaj: Hidraulikus munkafolyadék, a hidraulikus erőátvitel közege. Új tulajdonságként jelenik meg az összeférhetőség a tömítőanyaggal. Lehet kőolajtermék ill. emulzió, szintetikus folyadék, víz.

- Csoportosításuk:
- könnyen gyulladó (adalékoltatlan vagy adalékolt olajok)
 - nehezen gyulladó (olaj a vízben [20%-nál kevesebb olaj], vagy víz az olajban [60%-nál több olaj] emulzió, vagy vizes polimeroldat, vagy vízmentes szintetikus folyadék)
 - nem gyulladó (víz)

2.1.6. Szintetikus kenőolajok

Ma már sok feladatot a kőolajból desztillációval és finomítással előállított kenőolajjal nem lehet megoldani, gyakran van szükség igen magas viszkozitási indexű, alacsony dermedéspontú, kémiailag nagyon stabil (nem kokszolódó) kenőolajra, a rész-szintetikus és a szintetikus kenőanyagok jelentősége egyre nő. Általában pontosan szabályozott szerkezetű, szintetikus előállított vegyületek, emiatt tulajdonságaik kiválóak, de áruk magas.

1997-ben Európában a személygépkocsikban:

~80%-ban ásványi olaj alapú

~12%-ban rész-szintetikus

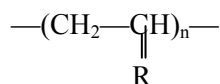
~8%-ban szintetikus olajat használtak.

Az SEA 15W-40-nél jobb motorolaj ásványolajból (kőolajból) nem állítható elő.

- Szintetikus szénhidrogének

Előállításuk leggyakrabban olefinek polimerizációjával (ld. műanyagok) és hidrokrakkolással (ld. motorhajtóanyagok) történik. Jó (alacsony) a folyáspontjuk és magas a VI-ük. Csak nagyon kis mennyiségben tartalmaznak telítetlen, poliaromás, N, S, O tartalmú szennyező vegyületeket.

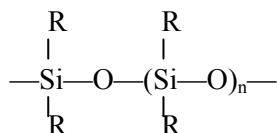
A **poli- α -olefinek (PAO)** a leggyakrabban alkalmazott szintetikus szénhidrogének. Ezeket 8-12 C atomos monomerből állítják elő. Az α -olefin első és második C atomja között van a kettős kötés: $\text{CH}_2=\text{CH-R}$. Polimerizálva poli- α -olefin keletkezik,



amelynek tulajdonságai az R csoporttól függenek. A viszkozitási indexük ≈ 200 , lobbanáspontjuk legalább 225 °C, dermedéspontjuk ≈ -60 °C.

A **hidrokrakk olajok** nagy móltömegű, telített izo-paraffinok, $\text{VI} \approx 150$. Viszonylag egyszerű technológiával, ($\sim 400^\circ\text{C}$ -on 13-17 MPa H_2 nyomáson, szénhidrogén frakciókból, krakkolással) előállíthatók, így áruk alacsonyabb.

- Szilikon-olajok



Jellemzőjük a széles hőmérséklet-tartománybeli alkalmazhatóság (magas forráspont, alacsony illékonyság, magas lobbanáspont, alacsony folyáspont). A folyáspont az asszimetriával (különböző R csoportokkal) csökkenthető. Habképzésük kicsi (ld. adalékok), a VI-ük kiváló. Nyíróstabilitásuk jó, emiatt csapágyak, műanyag csapágyak kenőanyagaként használhatók. Hátrányuk, hogy ásványolajjal nem elegyednek, 315 °C-on termikusan bomlanak. Fő felhasználójuk az ipar és a hadsereg.

- Halogénezett szénhidrogének

Stabil, nem éghető folyadékok. Korábban széles körben használták őket kenőanyagként, hidraulika olajként, szigetelő olajként, hőátvivő olajként. Felhasználásuk környezetvédelmi okokból csökkent, mivel égetéses ártalmatlanításukkor veszélyes anyagok keletkeznek.

- Poliéter olajok

Oxigén tartalmuk miatt nem kokszolódnak, a gumi tömítéseket nem támadják meg.

- Poliészter-olajok

Nagy VI, jó tapadó képesség, (ez határsurlódásnál előnyös), alacsony dermedéspont a jellemzőjük, sugárhajtóművekben alkalmazzák.

2.1.7. A kenőanyagok elhasználódása

Üzem közben a nagy hőmérséklet, az oxigén, az égéstermékek hatására az olajban kedvezőtlen változások következnek be, az olaj kenésre alkalmatlanná válik, fáradt olaj keletkezik, amelyet cserélni kell. A kenőolaj-fejlesztések eredményeként az olajcsere-periódus ideje egyre nő. Az öregedés közben az olaj hóbomlása, oxidációja, a szennyeződések (savas anyagok, korom, üledékek, víz, kopadék, por) felhalmozódása következik be. A fáradt olaj veszélyes hulladék, gyűjtéséről gondoskodni kell, a környezetbe nem juthat.

2.1.8. Konzisztens kenőanyagok-kenőzsírok

Sok esetben a kenési hely nem alakítható úgy ki, hogy a kenőolaj ne folyjon el a kenési helyről. Ezekben az esetekben konzisztens (kenhető) kenőanyagra, gépszírra van szükség. Kolloid szerkezetűek, oleogélek. Összetételük 80-90% kenőolaj, 8-15% gélképző anyag és 0-5% víz, adalékok, töltőanyag.

A gélképző a klasszikus gépszírokban leggyakrabban szappan (azaz nagy molekulájú zsírsav fémsója), de lehet más szerves anyag (polimer, szénhidrogén), vagy szervetlen anyag (szilikagél, alumínium-hidroxid) is. A zsír tulajdonságait a 2.1.3. táblázat szerint a gélképző (sűrítő) szabja meg. A Na szappan vízzoldható, de magas a cseppenéspontja, szerkezete textilszerű. A (szivacsos) Ca szappan vízálló, (ld. vízkeménység), de 60°C fölött nem használható, mert a szerkezeti víze a hevítés során eltávozik. Visszahűtve sem áll vissza az eredeti szerkezet, a kalcium bázisú gépszír irreverzibilis. A (tépőzár-szerű) Li szappan a legelőnyösebb, 120°C-ig használható, vízálló, reverzibilis.

A gépszírokhoz is használják a kenőolajoknál ismertett **adalékokat**, de a detergens itt a kolloid rendszert stabilizálja, megakadályozza a szinerezist, a szétválást. A szappan készítésekor a zsírsavat vagy természetes zsiradékot lúggal főzik, a **víz** innen kerül bele. **Töltőanyagként** (az adaléknál nagyobb mennyiségben) grafitot, vagy a hasonló szerkezetű molibdén-szulfidot (MoS₂) vagy kolloid szemcseméretű szilárd anyagokat (S, teflon) használnak.

Vizsgálatuk: A fizikai tulajdonságok (cseppenéspont, penetráció) vizsgálatát a laborjegyzet tartalmazza. A kémiai tulajdonságok közül fontos az összetétel, az olajtartalom, a szappantartalom, a főlös lág és zsírsav mennyisége, a telítetlen zsírsav (mivel reakcióképes, nem kívánatos) mennyisége, a víztartalom, a hamutartalom.

Osztályozásuk a penetráció szerint történik. A National Lubricating Grease Institute (NLGI) által kidolgozott fokozatokat a 2.1.5. táblázat tartalmazza. A jelölésüket a laborban megismertük, pl. a KZS-3(G) jelű zsír Ca bázisú, 3 penetrációs osztályú, grafit töltőanyagú gépszír.

NLGI osztály	Megnevezés	Penetráció 60 törés után, 25 °C-on, 0,1 mm
000		445-475
00		400-430
0	nagyon lágy	355-385
1	lág	310-340
2	mérsékelten lág	265-295
3	közepesen lág	220-250
4	félkemény	175-205
5	kemény	130-160
6	nagyon kemény	85-115

Kenőzsírok NLGI konzisztencia osztályai

Sűrítő	Alkalmazási hőfok felső határa, °C	Mechanikai stabilitás	Vízállóság	Olajtartás (Tárolási stabilitás)
Kalcium szappan	60	közepes	jó	jó
Nátrium szappan	120	közepes	gyenge	gyenge
Lítium szappan	120	jó	jó	jó
Alumínium-komplex szappan	150	jó	kitűnő	jó
Kalcium-komplex szappan	150-200	gyenge	jó	jó
Lítium-komplex szappan	150-200	jó	jó	jó
Polikarbamát	180	jó	jó	jó
Organofil szilikátok, mikrogél	200-220	közepes	jó	jó

Fontosabb kenőzsír sűrítők tulajdonságai

2.1.3. táblázat. Kenőzsírok NLGI konzisztencia osztályai és kenőzsír sűrítők tulajdonságai

Gyártásuk

Az első lépés a szappan készítése a zsiradékból vagy zsírsavból és a lúgból, ill. az egyéb gélképző előkészítése, majd ezt követi a gélképző diszpergálása az olajban, az adalékok és töltőanyagok hozzáadása, végül hűtéssel a gépszír szerkezetének kialakítása.

2.1.9. Szilárd kenőanyagok

Nagy fajlagos terhelés és hőmérséklet esetén lehet szükség szilárd kenőanyagokra. Alkalmazásuk feltétele a megfelelő kenőképesség, kémiai és fizikai állandóság, csiszoló, koptató hatás-mentesség. Ilyen célra alkalmas az ismert szerkezetű kolloid grafit (99,5%-nál nagyobb tisztaság, megfelelő, ~1 µm-es szemcseméret), és a hasonló szerkezetű MoS₂.

2.1.10. Gáz kenőanyagok

800 °C fölött és 13 K alatt csak gáz halmazállapotú kenőanyag jöhet szóba. Általában a továbbítandó közeget használják kenőanyagként is, így nem szükséges szigetelés, pl. precíziós műszereknél, nagy fordulatszámnál.

2.2. Víz, szennyvíz

2.2.1. A víz, mint nyersanyag

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 párolgatatása 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 újratermelésének természeti folyamata.

A víz a társadalomban is állandó mozgásban van, amit a *víz társadalmi körforgásának* nevezünk. Az ember teljesen vagy részben, rövidebb vagy hosszabb időre kivon a körforgásból készleteket (tárolás, felhasználás, termékbe való beépítés stb.), amelyek minőségét tevékenységével megváltoztatja, céljaira alkalmassá teszi, vagy szennyezi és így a természetes — fizikai, kémiai és biológiai — folyamatokat befolyásolja, megváltoztatja.

A víz ipari felhasználása szempontjából kedvező tulajdonsága nagy fajhője, párolgáshője 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 ötvözetek, 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 kémiailag tiszta vízre vonatkozó, jellemző fizikai és kémiai állandókat többé-kevésbé módosítja

2.2.2. A vízben levő szilárd és oldott anyagok

Kémiai értelemben tiszta víz a természetben nem található. A tiszta desztillált víz minőségét legjobban a csapadékvíz közelíti meg, de ez is tartalmaz már a levegőből kioldott gázokat és kimosott szilárd szennyeződések, a talajból pedig különféle sókat old ki.

A vízben lévő idegen anyagokat három csoportba osztjuk

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

OLDOTT GÁZOK

A víz a vele érintkező gázokból a gáz anyagi minősége, a hőmérséklet és a nyomás függvényében kisebb-nagyobb mennyiséget old. A lehulló csapadékvíz oldja a levegőt, a vízben az oxigén jobban oldódik, mint a

nitrogén, így a vízben oldott levegőben feldúsul az oxigén. Ipartelepek és lakótelepek környékén hulló csapadék a gyárak és lakóházak füstgázaiból és hulladékgaiaiból kis mennyiséget old. Ez a gázmennyiség azonban a levegőhöz képest rendszerint igen csekély. Ilyen módon kerül a csapadékvízbe a szén-dioxid, kén-dioxid, a nitrózus gázok stb.

A kopár hegyektől, sivatagoktól és beépített területektől eltekintve, a talaj felszínét rendszerint növényzet borítja, tehát majdnem mindenütt vékonyabb-vastagabb rétegben elpusztult korhadó növényi részek is található, különösen az erdőkben. A csapadékvíz oxigéntartalma ilyen területekre jutva az organikus anyagok oxidációjára használódik fel. Az így keletkezett szén-dioxid oldódik a vízben. A szén-dioxid tartalom nagymértékben megnöveli a víz oldó hatását. Bomló fehérjékből ammónia és kén-hidrogén is kerülhet a vízbe.

A vízben oldott gázok közül az oxigén és a szén-dioxid különösen a vas korróziós folyamatában nagyon káros.

Vulkanikus területen feltörő források gyakran igen nagy mennyiségben tartalmaznak szén-dioxidot és hidrogén-szulfidot, amit a vulkáni utóműködés gázaiból a föld mélyén oldanak.

Gáztartalmú vizek, mélyfúrású kutakkal (artézi kút) ugyancsak felhozhatók. Ezek, például ha szénhidrogén telepekkel érintkeznek, nagyobb mennyiségű metánt is tartalmazhatnak. Az ilyen gáztartalmú vizek egy része gyógyvízként is hasznosítható, a metántartalmú vizek azonban robbanásveszélyt is jelenthetnek.

OLDOTT SÓK

A talaj mindig tartalmaz vízoldható sókat. Ezeket a talajjal érintkező víz kisebb-nagyobb mértékben feloldja.

Lazább, kavicsos, homokos talajok hézagaiban gyakran található szerves anyag. Az ezeken keresztülhaladó víz szén-dioxid tartalma megnő, s ahogyan már említettük a szén-dioxid tartalom 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:



A szén-dioxidos víz nemcsak a kalcium- és magnézium-karbonátot oldja, hanem a vas- és mangántartalmú, valamint a szilikátos kőzeteket is. A szilikátos kőzeteket elmallasztja, s ennek eredményeként szilícium-dioxid és agyag keletkezik.

(Hasonló a hatása a humuszsav-tartalmú vizeknek is. A humuszsavak oldotta vas- és mangánvegyületek nehezebben távolíthatók el a vízből, mert a humuszsav és egyéb organikus anyagok védőkolloidot képeznek, amit vas- és mangántalanítás előtt le kell bontani.)

Vas(II)-hidrogén-karbonát csak oxigénmentes talajvízben lehet jelen, mivel oxigénnel érintkezve elbomlik és barna csapadék, vas(III)-hidroxid formájában kiválik a következő reakcióegyenletnek megfelelően:



Felszíni vizek ezért oldott állapotban vasat nem tartalmaznak.

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.

Szerves anyagokat is tartalmazhat a víz oldott állapotban, ezek és a már említett humuszsavak, amelyek sok gondot okoznak a vízelőkészítésben

A víz szervesanyag-tartalmát a szerves anyagok oxidálásához szükséges oxigén mennyiségével szokás jellemezni, amelyet erélyes oxidálószerekkel, pl. kálium-permanganáttal vagy kálium-dikromáttal mérnek. Ez azonban csak tájékoztató adat, egyrészt azért, mert szervesetlen vegyületek is oxidálódhatnak kálium-permanganát hatására, továbbá az egyes szerves anyagoknak egészen eltérő lehet a kálium-permanganát fogyasztásuk.

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 (N, P₂O₅, K₂O) mennyisége is. A nitrogén- és foszforvegyületek felhalmozódása a felszíni vizekben – különösen az állóvizekben – a növényi élet túlburjánzásához, eutrofizálódáshoz vezet.

A talaj nagyobb mennyiségben tartalmazhat vízoldható sókat. Az ilyen területen átszivárgó víz oldott sótartalma is nagyobb. Így keletkeznek az ásványvizek, ill. gyógyvizek. Ide sorolhatók a szén-dioxid tartalmú vizek is.

A vízben oldott kalcium- és magnézium-sókat, — melyek a természetes vizek keménységét okozzák — külön pontban tárgyaljuk.

LEBEGŐ SZENNYEZŐDÉSEK

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

Az ásványi anyagok, homok, iszap, a mederből származnak, tehát felszíni vizeknél jelentős mennyiségűek. Mennyiségük az időjárás és a vízállás függvénye. Lassú vizű folyók többnyire csak finom szemcséjű iszapot visznek magukkal, sebes folyású vagy megáradt folyók a durvább szemcséjű homokot is lebegésben tartják.

A növényi lebegő szennyezések zömét a part növényzetéből a vízbe került és ott bomlásnak indult felaprózódott részek képezik. Ezek mennyisége is az időjárástól, vízjárástól, valamint az évszaktól és a part minőségétől függően széles határok között mozog. Mocsarak és növényekkel dúsan benőtt tavak vize egészen sötét színű a bennük lebegő korhadó növényi részekből.

Állati eredetű szennyezésként leggyakrabban az apróbb víziállatok elhalt tetemei, vagy nagyobb vízi- és szárazföldi állatok bomlásnak indult maradványai fordulnak elő. Tavak és folyók felszínét nyaranta néhol nagy mennyiségben borítja a szúnyoglárvák maradványa.

Ipari szennyezésként pl. salak, szénpor, illetve a szennyvizek szilárd hulladékai juthatnak a folyókba. Ide számíthatjuk a nagyvárosok háztartási hulladékait is, melyek a csatornahálózaton keresztül jutnak a felszíni vizekbe. Ezek összetétele az ipartelep jellegétől, háztartási hulladékok esetén pedig az évszaktól függően változó. Ezt a kérdést külön pontban tárgyaljuk, azért, mert egyre nagyobb probléma elé állítja a szakembereket. (Lásd a Szennyvíztisztítás c. fejezettrészt.)

A lebegő szennyeződések közé sorolhatjuk a víz biológiai szennyeződéseit is. A baktériumok, algák, moszatok, kagylók, csigák súlyos zavarokat okozhatnak a vízelőkészítés technológiájában.

2.2.3. 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 elvész, a keletkezett csapadék pedig lerakódik a textíliák rostjai közé, és azokat szennyezi. A keménységet okozó sók okai a kazánkő-képződésnek is, ami rontja a kazánok fűtőfelületének hőátadását. A kazánkő a nyomás alatt levő szerkezeti anyagok túlhevülését, és ezáltal szilárdságcsökkenést s így robbanásveszélyt okoz. A csővezetékek elkövesedése keresztmetszet-csökkenést, sőt eldugulást, 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 pazarlására 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 kazánköréteg 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-sókhöz képest melegítés hatására eltérően viselkedik. A hidrogén-karbonátok az imént 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. (Ld. 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°*, de ismeretes még a francia, angol és orosz keménységi fok is. 1 német keménységi fok annak a víznek a keménysége, melynek 1 literében **10 mg kalcium-oxiddal egyenértékű** kalcium-vagy magnézium-só van oldva. A kalcium-oxid csak vonatkozási alap, hiszen a vízben a kalcium nem oxid-alakban van jelen. Ezeken kívül szokás a vízben oldott sókat, beleértve a keménységet okozó sókat is, milligramm/liter vagy az ezzel azonos „pars pro mill” (ppm) koncentrációegységben is megadni.

A vízben oldott alkáli- és alkáliföldfém-karbonátok, ill. hidrogén-karbonátok lúgosan hidrolizálnak, ezért a természetes vizek általában enyhén lúgos kémhatásúak. (A hidrolízis fogalmát a középiskolában megismertük.) Keménység és sótartalom alapján a vizeket a következőképpen minősíthetjük:

lágyszűz	0–1,25 mol/l	(0–7 <i>nk°</i>)
közepesen kemény víz	1,25–2,7 mol/l	(7–15 <i>nk°</i>)
kemény víz	2,7–5,4 mol/l	(15–30 <i>nk°</i>)
nagyon kemény víz	5,4 mol/l	(30 <i>nk°</i>) felett
sószegény víz, összsó tartalom		300 mg/l alatt
közepes só tartalmú víz, összsó tartalom		300–600 mg/l
nagy só tartalmú víz, összsó tartalom		600–800 mg/l
igen nagy só tartalmú víz, összsó tartalom		800 mg/l felett

2.2.4. Vízforrások

Közületi vízművek, ipari létesítmények vízszükségletüket különféle forrásokból fedezhetik. Ezek főbb csoportjai a felszíni vizek, a talajvíz, a csapadékvíz.

FELSZÍNI VIZEK

Folyóvíz, tó, tározó. Patakok, folyók, természetes és mesterséges tavak vizét sorolhatjuk a felszíni vizek csoportjába. Szennyezettség és oldott só tartalom szempontjából környezetüktől függően igen sokfélék. A folyók és tavak só tartalma általában 0,1–0,4 g/l érték között van, de egyes lefolyástalan tavak só tartalma ezt jóval túlhaladja, pl. a Holt-tenger literenként 240 g só tartalmaz.

Ugyanazon folyó vize más és más lehet a földrajzi helyzettől és az időjárástól függően. Más a szennyezések mennyisége nagyobb városok közelében, mint olyan helyeken, ahol nagyobb hosszúságban lakatlan területen folyik, de ugyanazon a helyen is változik alacsony vagy magas vízállással.

Nagyobb folyók közelsége mind a városi hálózat, mind az ipartelepek vízellátására igen előnyös. Egy bővizű folyó nemcsak a vízellátás, hanem szennyvízelhelyezés megoldásában is nagy segítséget jelent.

A folyók vizét a part mentén elhelyezett kutakkal lehet kitermelni, amelyekben a folyó felől a talajon keresztülszivárgó víz gyűlik össze. A talajon keresztüláramolva a folyó vize megszabadul a lebegő szennyeződésektől. A vízvételt a parthoz közeli (mintegy 50 m) kutakból úgy szabályozzák, hogy a kút vízszintje sosem legyen 2 m-nél mélyebben a folyó vízszintjétől. Ezzel biztosítják az egyenletes vízutánpótlást, és a nagy hidrosztatikai nyomáskülönbség elkerülésével megakadályozzák a kút hirtelen feltöltődését, a tökéletlen szűrést. Minél messzebb van a kút a parttól, annál nagyobb lehet a kút és a folyó vízszintkülönbsége, ugyanis a nagyobb talajellenállás eleve lehetetlenné teszi a gyors áramlást. Ez a vízkitermelési módszer az ún. partszűrés eljárás.

Tengervíz. Tengerparton létesített ipartelepek, lakótelepek és a tengeri hajók vízellátásában van jelentősége. Nagy sótartalma miatt közvetlen felhasználási lehetősége korlátozott. A tengerek sótartalmának mennyisége és minősége igen különböző. Fő tömegét a konyhasó képezi, ami a posztvulkáni korszakban került a tengerbe. A nyílt óceánok sótartalma 32–38 g/liter között ingadozik, szintén a földrajzi helyzettől és az éghajlattól függően. A beltengerek vizének sótartalma szélesebb határok között változik. A sótartalom desztillációval, kifagyasztással, ioncserével, fordított ozmózissal (ld. később) csökkenthető.

A *csapadékvíz*nek vízszegény területen van jelentősége. A lehulló csapadékot tároló medencékben, ún. ciszternákban gyűjtik össze. Minthogy keménységet okozó és egyéb sókat csak kis mennyiségben tartalmaz, előkészítése legfeljebb a szűrésre korlátozódik. Mennyisége az időjárástól függ, változó és bizonytalan, ezért ipartelepek vízszükségletének fedezésére a csapadékvíz nem megfelelő. Háztartások használhatják mosásra és főzésre. Bakteriológiai szempontból nem kifogástalan, ezért ivásra csak csírátlanítás után alkalmas.

FELSZÍN ALATTI VIZEK

Talajvíz, rétegvíz, karsztvíz. Talajvíznek a talaj magasabb vagy mélyebb rétegeiben összegyűlt vizet nevezzük. Eredetét tekintve kétféle lehet, felszínről leszivárgott csapadékvíz, vagy pedig a felszíni vizek vízáteresztő rétegben továbbvándorolt része, amely összegyűlik a talaj porózus rétegében. A talajvíz a gravitáció miatt mindaddig halad lefelé, amíg vízzáró réteghez ér. Ha a víz ilyenkor a föld felszínére jut, pl. hegyoldalban, akkor forrás keletkezhet.

A mészkő- és dolomithegységek repedéshálózata a beszivárgó szén-dioxid tartalmú csapadékvizek oldó hatása következtében helyenként üregekké, barlangokká bővül, amelyek nagy mennyiségű vizet képesek befogadni és tárolni. Ezeket nevezik karsztvizeknek.

A felszín alatti vizet kutakkal termelik ki. Ha a kút mélysége nem terjed túl a vízáteresztő réteg vastagságán, talajkutakról beszélünk. A talajkutak két fő típusa az aknakút és a csőkút. Az aknakutak 1-5 m átmérőjűek, 15 m-nél ritkán mélyebbek. A vízáteresztő-réteg pórusain keresztül a talajvízszint magasságáig telnek meg vízzel. Oldalukat kifalazzák, hogy a beomlást megakadályozzák. A vizet edénnyel, vagy többnyire szivattyúval emelik ki.

A csőkutak kisebb átmérőjűek, mélyebbek. Átmérőjük rendszerint 200-300 mm, mélységük a talajviszonyoktól függően az 500 m-t is elérheti. A csőnek a vízadó réteg szintjében levő szakasza perforált. A szűrőrész köbgyágból vagy saválló acélból készült. Kavicságyba szokták foglalni, hogy a szűrő pórusait a környező talaj el ne tömje.

Ahol a talajvíz elég közel van a felszínhez, ott vízszintes csőkutak, csáposkutak létesíthetők. Ezek enyhe lejtéssel lefektetett perforált csövek, melyek az összegyűjtött vizet aknába továbbítják, vagy pedig – ha a hidraulikai viszonyok azt megengedik, – magukból a csövekből közvetlenül emelik ki a vizet szivattyúkkal.

Ha a vizet nem a talaj felszíni rétegeiből, hanem a vízzáró réteg alól vesszük, akkor artézi kutunk van. Ezek mélysége több száz méter is lehet.

Vulkanikus területeken helyenként vagy mélységekből melegvízforrások törnek elő (gejzírek, Budapest számos gyógyforrása).

Magyarország vízgazdálkodásában különösen figyelembe kell venni sajátos vízügyi múltját, hidrológiai viszonyait, és kedvezőtlen természetföldrajzi adottságait, mert:

- A környező államokhoz képest a helyben keletkező felszíni vizeket tekintve a legkedvezőtlenebb helyzetben van. Az ország területén keletkező, egy főre jutó átlagos évi vízmennyiség csak 600 m^3 .
- Az ország területén lehulló csapadék mennyisége és időbeli eloszlása igen szélsőséges, ami esetenként súlyos belvízi elöntéseket, máskor tartósan aszályt okoz.
- Teljes évi felszíni vízkészletének 96 %-a a szomszédos országokból érkezik.
- Az ország határát 89 vízfolyás keresztezi, ezért a nemzetközi egymásrautaltság és az együttműködés az átlagosnál nagyobb, a vízgazdálkodási (vízkár-elhárítási, vízvédelmi) feladatok csak a szomszédos országokkal szoros együttműködésben oldhatók meg.

Kedvező, hogy a felszín alatti vizek napi 15 millió m^3 ivóvízigény kielégítésére alkalmasak. Ez közel annyi, mint a hazai vízgyűjtőn keletkező felszíni vízkészlet. Ezért a külföldről érkező és a hazai vízkészletből hosszú távon is kielégíthető az ország valamennyi célú vízszükséglete.

2.2.5. Vízelőkészítés

A felhasználási céltól függően a víznek más és más követelményeket kell kielégítenie. Míg az ivóvíztől nem kívánjuk meg a keménységet okozó sók hiányát, sőt bizonyos mennyiség a jó íz biztosításában előnyös, addig pl. kazántápvízként lágyított, nagynyomású kazánokhoz részlegesen vagy teljesen sómentesített vízre van szükség. Mások az igények a hűtővíz esetében, és ugyancsak más követelmények vannak egyes iparágakban, pl. textilszínezéskor. A kívánt minőségű vizet fizikai és kémiai előkészítő műveletekkel lehet előállítani.

Legfontosabb ezek közül az ülepítés, derítés, szűrés, gáztalanítás, vastalanítás, mangántalanítás, szilikátmentesítés, olajtalanítás, fertőtlenítés, lágyítás, részleges és teljes sótalanítás.

Természetesen nem minden víz megy keresztül az előkészítő folyamatok teljes sorozatán, a kezelést csak a szükséges műveletekre korlátozzák.

A VÍZ LEBEGŐANYAG TARTALMÁNAK ELTÁVOLÍTÁSA

A víz ülepítése

Az ülepítés célja az, hogy a vízből a víznél nagyobb sűrűségű lebegő szennyezéseket, homok- és iszapszemcséket eltávolítsuk. Az ülepítésre nagy befogadóképességű medencéket használnak, ahol szakaszos üzemben a vizet bizonyos ideig nyugalomban tartják, folytonos üzemben pedig lassú áramban keresztülvezetik. Tárolás, ill. lassú áramlás alkalmával a lebegő szennyezések lesüllyednek a medence aljára, ahonnan a keletkező iszapot szakaszosan vagy folyamatosan eltávolítják.

A víz derítése

A nem ülelőképezhető apró szemcsésű és kolloid méretű lebegő szennyeződések derítéssel távolítják el a vízből. A derítés elve az, hogy a vízben vegyszerek hozzáadásával jól ülepedő, nagy felületű pozitív töltésű csapadékot hoznak létre (pelyhesítés), mely a vízben szuszpendált apró szemcsésű, negatív töltésű lebegő anyagot megkötö, és vele együtt könnyen ülepedik. Derítő vegyszerként a vízben jól hidrolizáló alumínium- és vas-sókat, vagy nagymolekulájú, vízben rosszul oldódó szerves anyagokat használnak. A fémsók a vízzel, illetve a vízben oldott hidrogén-karbonátokkal reagálnak és a vízben gyakorlatilag oldhatatlan, jól ülepedő pelyhes alumínium-hidroxid $[\text{Al}(\text{OH})_3]$, ill. vas(III)-hidroxid $[\text{Fe}(\text{OH})_3]$ csapadék keletkezik. A csapadék oldhatósága függ a víz pH értékétől, ezért a derítendő víz kémhatását úgy kell beállítani, hogy a keletkezett csapadék oldhatósága a legkisebb legyen.

A derítés és az azt követő ülepítés általában azonos berendezésben (derítő reaktorban) játszódik le. A derítő reaktorban a már kivált nagyszemcséjű iszap egy részét a friss víz áramlásának az útjába visszavezetik, és így egy ún. lebegő iszapfüggőnyt hoznak létre, amellyel a derítendő víz kénytelen összekeveredni, s az elősegíti a derítést. A vízben maradó kis mennyiségű csapadékot szűrőkkel távolítják el.

A víz szűrése

Az ülepítés vagy a derítés után még a vízben maradó, vagy a kevésbé szennyezett vizekben eredetileg található lebegő szennyezések teljes eltávolítása szűréssel lehetséges.

A szűrők sokfélék lehetnek (lassú- és gyorszűrők, a gyorszűrők nyitottak vagy zártak, ez utóbbiak álló vagy fekvő elrendezésűek). A szűrést végző töltet általában 1–1,5 m rétegvastagságú, 1–2 mm szemcseméretű szűrőkavics, ill. homok, amely alatt mintegy 15–20 cm vastagságban 3–5 mm szemcseméretű szűrőkavics található, amely a felette levő réteg elhordását megakadályozza.

Mivel a szemcsék közötti hézagok nagyobbak, mint a kiszűrendő lebegő szennyezések mérete, a frissen üzembe helyezett szűrő nem ad megfelelő minőségű vizet. A szűrő ún. érlelése során a lassú szűrők esetében a vízben lévő kolloid szennyezésekből, és mikroorganizmusokból a szemcsék felületére kocsonyás biológiai réteg rakódik. Így részben a szemcsék közötti hézagok csökkenése miatt, részben adszorpciós hatásra a vízben lebegő szennyezéseket a szűrő visszatartja. A biológiai szűrés a mikroorganizmusokat is eltávolítja a vízből. Ha szűrő ellenállása a lerakódott szennyezések, illetve a biológiai réteg túlzott kifejlődése miatt egy adott értéket meghalad, a töltetet megtisztítják. A gyorszűrőket visszamosással tisztítják. Ilyenkor a vízelvezető rendszeren át ellenáramban mosóvizet vezetnek a tölteten keresztül a szűrőanyag ülepedési sebességénél nagyobb sebességgel, így a szűrőágy eredeti térfogatához képest mintegy 10–20 %-kal kitágul. A szűrőszemcsék egymáshoz dörzsölődnek, a rájuk rakódott szennyezés leválik, és azt a víz magával viszi a csatornába. Intenzívebb tisztítás érhető el, ha a víz mellett levegőt is juttatnak a rendszerbe. A mosást szűrt vízzel kell végezni, és addig kell folytatni, míg a mosóvíz tisztán nem távozik. Mosás után az ismét üzembe helyezett szűrő vizét mindaddig a csatornába kell juttatni, amíg a szűrt víz minősége a követelményeknek meg nem felel.

A VÍZ GÁZTALANÍTÁSA

A víz gáztalanítása alatt legtöbbször az oxigén és a szén-dioxid eltávolítását értjük. Ezek a gázok külön-külön is, de együttesen még fokozottabb mértékben korrózióveszélyt jelentenek a csővezetékre, a nagy hőmérséklet és nyomás miatt különösen a tápvíz- és kazánrendszerekben. Egyes esetekben szükség lehet egyéb, a felhasználás során nem kívánatos vagy veszélyes gázok (pl. a metán) eltávolítására is.

A gázok eltávolítása történhet:

- a) fizikai módszerekkel,
- b) kémiai eljárásokkal

Gáztalanítás fizikai módszerekkel

A vízben oldott gázmennyiség függ a gáz anyagi minőségétől, a hőmérséklettől és a gáz parciális nyomásától. Adott hőmérsékleten és nyomáson egyensúly alakul ki a vízzel érintkező és a vízben oldott gázok mennyisége között. Minél nagyobb a gáz parciális nyomása és minél kisebb a víz hőmérséklete, annál többet tud a víz egy adott gázféleségből oldani. A fizikai gáztalanítás lényege, hogy az oldódáshoz kedvezőtlen körülményeket hoznak létre, azaz csökkentik a vízzel érintkező térben az eltávolítani kívánt gáz parciális nyomását, és felmelegítik a vizet.

Szellőztetés. Ha csak a szén-dioxid eltávolítása a cél, akkor az a víz kiszellőztetésével megoldható. A vizet nagy felületű anyagon (kocsz, téglatörmelék) csörgedeztetik, s így érintkeztetik a levegővel. Az egyensúly kialakulása után a levegő szén-dioxid tartalma 20 °C hőmérsékleten 0,5-1,0 mg/l-re csökken, de eközben az oxigéntartalom ugyancsak az egyensúlyi értékig növekszik, (20 °C-on 9 mg/l). Tehát ez az eljárás csak olyan esetekben megfelelő, ha az oxigéntartalom nem káros.

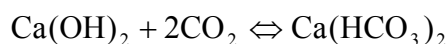
Termikus gáztalanítás. A víz a forráspontján nem tartalmaz gázokat. Ezt a jelenséget használják ki a termikus gáztalanításkor. A közel forráspontjáig melegített vizet zárt térbe vezetik, ahonnan a felszabaduló gázokat gőzzel kiöblítik. Megkönnyíti a gázoknak a vízből való távozását, a diffúziót, ha a víz nagy felületen érintkezik a gőzzel. Ezért a vizet finom cseppekre porlasztva juttatják a reaktorba és tálcákon vagy nagy felületű tölteten csörgedeztetik lefelé, vagy a gőzt átbuborékolatják a vízen. A gáztalanított víz a reaktor alsó részéből vezethető el. Sorba kapcsolt, több fokozatú gáztalanító segítségével 10–30 µg/l oxigéntartalmú víz állítható elő.

Gáztalanítás kémiai eljárásokkal

A fizikai módszerektől eltérően a gázok kémiai eltávolításához egységes eljárás nincs, mivel más vegyszerek szükségesek a szén-dioxid- és az oxigén-mentesítéshez.

A szén-dioxid eltávolítása. A szén-dioxid vízből való eltávolítását szokás savtalanításnak is nevezni, mivel a szén-dioxid nemcsak fizikailag oldva fordul elő a vízben, hanem azzal kémiaileg reagál, és szénsavat képez. Legegyszerűbb a vizet márvány – vagy mészkőtörmelékekkel töltött tornyon átcsörgedeztetni, amikor a korábban felírt reakció játszódik le (balról jobbra), azaz a szén-dioxid a kalcium-karbonáttal és vízzel kalcium-hidrogén-karbonátot képez. Ezáltal a víz karbonát-keménysége nő.

Eltávolítható a szén-dioxid kalcium-hidroxiddal is. Ilyenkor első lépésben szintén kalcium-hidrogén-karbonát keletkezik:



További kalcium-hidroxiddal reagálva a kalcium-hidrogén-karbonát oldhatatlan kalcium-karbonáttá alakul.

Az oxigén eltávolítására redukálószereket használunk. Erre a célra nátrium-hidrogén-szulfidot, nátrium-szulfidot, vagy hidrazint használnak. Mivel ez utóbbi mérgező, robbanásveszélyes folyadék, vizes oldatban hozzák forgalomba, melyben hidrazin-hidrát ($\text{N}_2\text{H}_6(\text{OH})_2$) alakban van jelen. Hidrazin használatakor az oldott oxigén hatására nitrogén gáz és víz keletkezik, tehát sótartalom-növekedés nincsen. A hidrazin bomlásakor melléktermékként ammónia is keletkezik, ami a kazánrendszerben lévő víz lúgosságát növeli, így korrózió szempontjából előnyös.

A VÍZ VASTALANÍTÁSA

A vas a vízben hidrogén-karbonát, szulfát vagy humát alakjában lehet jelen. Legegyszerűbben a vas(II)-hidrogén-karbonát távolítható el, ugyanis (ahogyan már bemutattuk) oxigén hatására oldhatatlan vas(III)-hidroxid alakjában kiválik a vízből. A mindennapi életben is gyakran tapasztalható, hogy ha vas(II)-hidrogén-karbonát tartalmú vizet nyitott edényben tárolunk, egy idő múlva az edény alján rozsdaszínű csapadék ülepedik le. Ez a folyamat a felszíni vizekben is lejátszódik. Talajvizekben, kutak vizében a kiválást mesterségesen kell előidézniük. Ez történhet úgy, hogy a vizet nagy felületen érintkezésbe hozzuk a levegővel, csörgedeztetjük, szétporlasztjuk vagy a csövezetékbe levegőt sajtolunk. A kivált csapadékot szűréssel lehet eltávolítani a vízből

A humát alakjában kötött vasat erélyes oxidálószerrel (kálium-permanganát vagy klór) is csak nehezen lehet eltávolítani, egyszerű szellőztetéssel nem.

A VÍZ MANGÁNTALANÍTÁSA

A mangán főleg hidrogén-karbonát, ritkábban szulfát alakjában található a vizekben. Eltávolítása a vashoz hasonlóan, de csak erélyesebb oxidálószerrel végezhető.

A VÍZ SZILIKÁTMENTESÍTÉSE

A vízben oldott anyagok közül említést érdemelnek az oldott, vagy gél formájában jelenlevő kovasav és egyes sói.

A kovásva a nyomástól, a hőmérséklettől és a pH-tól függő mértékben a vízzel együtt elgőzölgtethető, így az erőművekben cseppáthordás nélkül is a turbina elsózódását okozhatja, illetve a kondenzátorban (tápvízben) nyomokban jelenlévő alkáliföldfém- alumínium és vasionokkal vízdoldhatatlan szilikátos kazánkövet képez.

Nagynyomású kazánok tápvízének előkészítésekor tehát gondoskodni kell a víz kovásva-mentesítéséről. A kovásva-, illetve szilikát-mentesítés történhet

a) csapadékos eljárással,

b) ioncserélő eljárással,

és rendszerint nem külön, hanem a vizet szennyező más anyagok eltávolításával egyidejűleg végzik.

A VÍZ OLAJTALANÍTÁSA

Felszíni vizek, ipari kondenzvizek olajjal szennyeződhetnek. A víz olajtartalma vízelőkészítéskor, vagy a vizet felhasználó technológiai műveletekben különböző zavarokat okozhat. Mennyisége különféle eljárásokkal tartható az előírt maximum alatt:

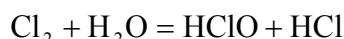
a) A vizet egy vagy több, sorba kapcsolt olajelválasztó edényen vezetik át, ahol a víz 50-70 °C-on, legalább 1 óráig nyugalomban van. Az olaj kisebb sűrűségénél fogva a víz felszínén gyűlik össze, ahonnan megfelelő méretű, beépített, lapos tölcserrel lefölközhető.

b) Kémiai derítéskor az egyéb szennyeződésekkel együtt az olaj is eltávolítható. Nagyobb mértékű olajtalanítást lehet elérni adszorbensekkel. Pl. az aktív szén-szűrők a töltet felületén a töltet 2-10 %-ának megfelelő mennyiségben képesek olajat megkötni. A szűrő nem regenerálható.

A VÍZ FERTŐTLENÍTÉSE

A víz csíramentesítését, azaz fertőtlenítését főként oxidációval végzik. Az oxidáció hatására a mikroorganizmusok elpusztulnak, a víz fertőző hatása megszűnik.

Nagyobb vízmennyiségek olcsón és egyszerű berendezésekkel fertőtleníthetők **klórt és aktív klórt** tartalmazó vegyületek segítségével. Vizek fertőtlenítésére ez a legegyszerűbb eljárás. A klórt gáz, vagy klóros víz alakjában juttatják a vízbe. A klór a vízzel a következőképpen reagál:



Az első lépésben keletkező hipoklórossav nem stabil vegyület, elbomlik, és a $\text{HClO} = \text{HCl} + \text{'O'}$ egyenlet alapján sósavat és oxigént ad. A keletkező atomos oxigén igen reakcióképes. A reakció során felszabaduló sósav a víz karbonát-keménységével reagál, a hidrogén-karbonátokat kloriddá alakítva a karbonát-keménység rovására növeli a nemkarbonát-keménységet, miközben az összes keménység változatlan marad. A felhasználandó klór mennyisége a víz szerves-anyag tartalmának függvénye.

Végezhető a klórozás kötött klórt tartalmazó más vegyülettel, klórmésszel, hipoklórsavval és alkáli-hipoklorittal is. Minden esetben a hipokloritok bomlásakor keletkező atomos oxigén a hatóanyag. Kisebb létesítményekben a klórgáznál könnyebb kezelhetőségük miatt előnyben létesítik a felsorolt vegyületeket.

A fertőtlenítéskor a vízbe jutott klórfelesleget el kell távolítani részben azért, hogy a kellemetlen klórszagot megszüntessék, részben pedig azért, mert a klóros víz a berendezés fémrészeit korrodálhatja. A klóreltávolítás legrégebb módja az aktív szén utókezelés. Az aktív szén nagy felületén, adszorpciós tulajdonságánál fogva, a szabad klórgázon kívül a víz egyéb szerves szennyeződéseit is megköti, és így a víz ízét, szagát, tehát minőségét javítja.

Az atomos oxigén baktériumölő hatásán alapul az **ózonos fertőtlenítés**. A gyakorlatban azonban elsősorban nem fertőtlenítésre, hanem az íz- és szagrontó anyagok elroncsolására használják. Az ózonos kezelés tartós hatást nem biztosít, így utólagos fertőződés ellen nem védi a vizet, mint pl. a túlklórozás.

Technikai nehézségek és a drágasága miatt csak kisebb vízmennyiségek csíratlanítására alkalmas az **ultraibolya besugárzás**. Főleg laboratóriumokban használják. Hasonlóan korlátai vannak a **pasztörözésnek** is, melynek során a

vizet felhasználás előtt 70 °C hőmérsékletig melegítik, és ezt követően gyorsan lehítik. Leginkább az élelmiszeriparban terjedt el.

2.2.6. Vízlágyítás

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.

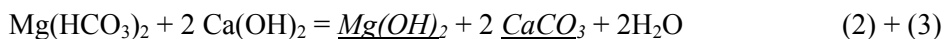
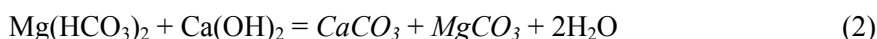
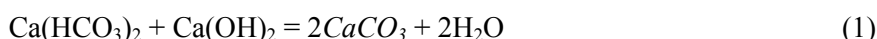
CSAPADÉKOS VÍZLÁGYÍTÁS

Termikus vízlágyítás

A keménységet okozó sók csapadék alakjában történő eltávolításának legegyszerűbb módja a termikus vízlágyítás. Ehhez vegyszer sem szükséges, mert az oldhatatlan csapadék hő hatására válik ki. A 2.2.2. fejezetben közölt, már többször hivatkozott (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.

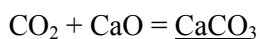
Meszes (mész-szódás) vízlágyítás

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:



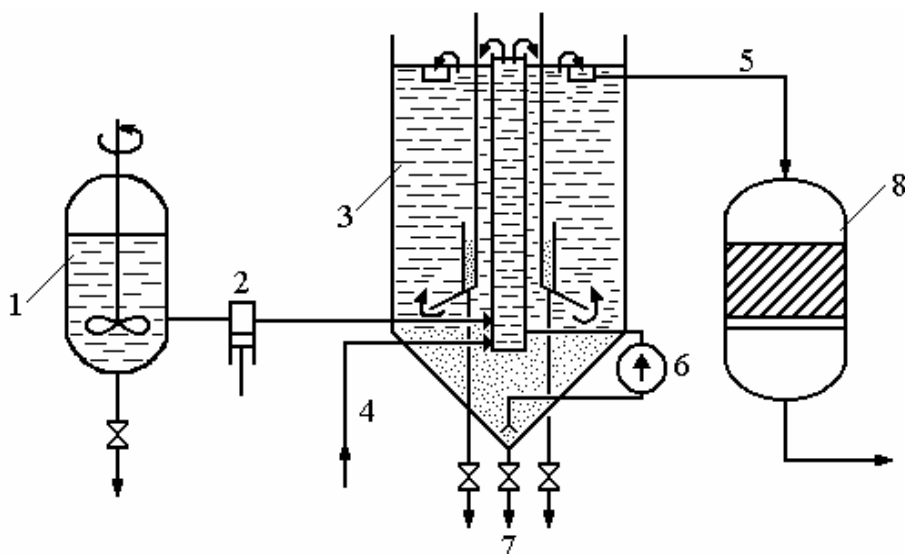
Látható, hogy a mész ($\text{Ca}(\text{OH})_2$) a karbonát-keménység és a magnézium-sók okozta keménység, a szóda (Na_2CO_3) pedig a nemkarbonát-keménység lágyításához szükséges. A víz keménységi viszonyainak és a kalcium- és magnézium-sók arányának ismeretében a reakcióegyenletek alapján megállapítható a lágyításhoz szükséges vegyszer mennyisége.

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



egyenlet értelmében.

A meszet 2–3 %-os mésztej vagy telített mészvíz, a szódát pedig 5–10 %-os oldat alakjában adják a lágyítandó vízhez. A lágyításhoz használt mésztejet mechanikus keverővel ellátott, zárt tartályban készítik elő, és szabályozható adagolószivattyúk segítségével a nyersvíz összetételétől és a lágyítandó víz mennyiségétől függő mennyiségben adagolják a reaktorba. A 2.2.1. ábrán látható *meszes vízlágyító* berendezésben a lágyítandó nyersvizet, a mésztejet és a keletkezett csapadék egy részét a reaktor középső, legkisebb átmérőjű csövének aljába vezetik, ahol intenzív keveredést biztosítanak. A visszavezetett csapadék elősegíti a kémiai reakció lejárását. A felső cső tetején átbukva a víz a középső csövön lefelé áramlik, majd a reaktor legnagyobb átmérőjű részében jutva kis sebességgel halad felfelé, így mód van a keletkezett csapadék üledítésére. A reaktorból kilépő lágyított és derített vizet szűrni is kell. Az eljárás végezhető melegen is. Ennek előnye, hogy hatásosabban derít, a szervesanyag-tartalmat és a kóvasav-tartalmat nagyobb mértékben csökkenti, továbbá bizonyos fokig gáztalanítja is a vizet. Jól vezetett meszes lágyítással, ha a nyersvíz szerves anyag-tartalma nem abnormálisan magas, 10–30 °C hőmérsékleten általában 1–2 nk° maradék karbonát-keménységig lehet a vizet lágyítani.



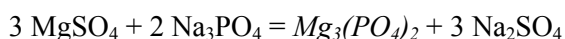
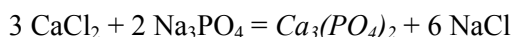
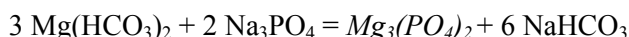
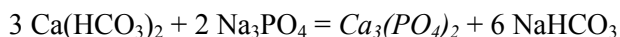
2.2.1. ábra. Klamár-féle karbonátmentesítő berendezés

1 - mésztejkeverő, 2 - mésztejadagoló, 3 - reaktor, 4 - nyersvíz bevezetés, 5 - lágyított víz, 6 - iszapkeringető, 7 - iszapelvezetés, 8 - kavicszűrő

Trinátrium-foszfátos vízlágyítás

Jó hatásfokú lágyítószer a trinátrium-foszfát, ismertebb nevén trisó. Segítségével a víz 0,2–0,5 nk° keménységűre lágyítható, ami néhány esetben kielégítő.

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 eljáráshoz hasonlóan magasabb hőmérsékleten kedvezőbb.

A csapadékos lágyítási eljárások hatásfoka a képződött csapadék oldhatóságától függ. A trisós lágyítás hatásfoka jobb, mint a mész-szódás lágyítása, 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

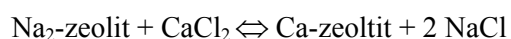
Az ipar fejlődése erősen megnövelte az üzemek gőzszükségletét. Az energiatermelés határfokának növelése érdekében a kazánok teljesítményét, a fejlesztett gőz nyomását és túlhevítési hőmérsékletét egyre inkább növelték. A kisnyomású kazánokat nagy teljesítményű közép- (4 MPa-ig) és nagynyomású (4-16 MPa) kazánok váltották fel, s ezzel együtt a kazántápvíz minőségével szemben is megnöttek a követelmények, a csapadékos vízlágyítási eljárásokkal előkészített víz minősége már elégtelen.

A meszes-szódás és a meszes-trinátriumos-foszfátos eljárással előkészített 0,2–1,2 nk°-ú víz közvetlenül még a középnyomású, nagy teljesítményű kazánok táplálására sem alkalmas. Ezekhez a kazánokhoz 0,1 nk°-nál kisebb keménységű tápvízre, vagy sómentes vízre van szükség.

A vízminőségi előírások irányértékeit, a víz- és gőz-körfolyamat egyes berendezéseinek (kazán, turbina, kondenzátor, tápszivattyú, előmelegítők) védelme szabja meg. Ezek betartásával kazánkő-lerakódástól, túlhevítő- és turbina-elszódástól, továbbá a korróziótól mentes üzem általában biztosítható.

Különleges minőségi követelményeket kell támasztani az atomreaktorok primer és szekunder vizével szemben. A reaktorok primer vizének kezelése a vízelőkészítés folyamán már ismertett lerakódás-képződés és korrózió elkerülése érdekében szükséges, de ez nem elegendő feltétele a zavartalan és a környezetre veszélytelen üzemeltetésnek. A szennyezők egy része, a sugárzás hatására rövid felezési idejű, más része hosszú felezési idejű radioaktív izotópokká alakul (ld. I. kötet), és a rendszer aktivitásának növekedése, másrészt különböző helyein való lerakódása és a korrózió mértékének növekedése miatt káros.

A 0,1–0,2 nk°-nál lágyabb vizek előállítására **ioncserélőket** használnak. Az eljáráshoz a kiinduló pontot annak a jelenségnek a felismerése adta, mely szerint egyes alkáli-alumínium-hidroszilikát ásványokban (zeolitokban) az alkáliföldfém-ionok alkálifém-ionokkal cserélhetők és viszont:



Az egyenletet balról jobbra lejátszatva a szilárd halmazállapotú zeolitban kötött Na-ionok a vízbe vándorolnak, miközben a vízben oldott kationok (pl. Ca-ionok) megkötődnek a zeolitban, tehát a vízben oldott kationok Na-ionokra cserélődnek ki, így a víz kalcium- és magnézium-sói helyett egyenértékű nátrium-só kerül az oldatba a lágyítás után, tehát a víz keménysége gyakorlatilag 0 nk°-ra csökken.

A lágyítandó vizet az ioncserélőn hosszú ideig folytatva azonban azt tapasztaljuk, hogy a zeolitban levő csereképes Na ionok számának csökkenésekor előbb-utóbb a vízben oldott Ca és Mg ionok már megkötődés nélkül haladnak át az ioncserélőn, azaz az ioncserélő teljes kapacitása nem használható ki. Az ioncserélő azonban **regenerálható**, azaz a fenti megfordítható kémiai reakció — megváltoztatva a koncentráció-viszonyokat — visszafelé, az alsó nyíl irányában is lejátszható. Ha az ioncserélő anyagot nagy feleslegben Na-ionokat tartalmazó oldattal (pl. NaCl oldattal) kezeljük, a zeolitban megkötött kationok újra Na-ionokra cserélhetők, a kationok a NaCl oldatba vándorolnak, miközben a NaCl oldatból a Na-ionok megkötődnek a zeolitban. Ezzel a zeolit újra alkalmassá tehető az ioncserére.

Az ioncsere vizsgálata alapján az alábbi következtetésre jutottak:

- az ioncsere nem azonos a fizikai adszorpcióval
- az ioncsere alkalmas pozitív és negatív ionok cseréjére is
- az ioncsere során ekvivalens mennyiségű pozitív vagy negatív ionok cserélődnek ki
- nem minden ion cserélhető egyformán könnyen
- a kicserélődés mértéke a koncentrációval növekszik
- a reakció megfordítható, irányát a koncentrációviszonyok szabják meg
- ioncsere csak akkor jöhet létre, ha mind az aktív csoportoknál elhelyezkedő, mind az oldatban levő ionok disszociált állapotban vannak.

A jelenség korai felismerése és alapos tanulmányozása ellenére is csak a XX. század elején kezdték az ioncserét vízlágyítási célokra felhasználni. Kezdetben a természetben is előforduló néhány ásványfeleséget használtak fel, majd hasonló összetételű, ioncserére képes anyagokat mesterségesen is állítottak elő és hoztak forgalomba. Az

ioncserélő anyagok gyártása és technológiai alkalmazása 1945. után indult rohamos fejlődésnek. Azóta az ioncserélőket főleg szintetikus előállított műanyagokból, megfelelő ioncserélésre képes csoportok kémiai beépítésével készítik. Ezeket a különböző alapvegyületeket és aktív csoportokat tartalmazó műanyagokat ioncserélő gyantáknak nevezik, és nemcsak a vízelőkészítésben alkalmazzák. A vízelőkészítésben is használt ioncserélők vázanyaga leggyakrabban sztirolból és divinil-benzolból készített óriásmolekula (kopolimer), amelyre az aktív (csereképes) csoportokat kémiai reakcióval viszik fel. A kationcserélők negatív töltésű centrumot, rendszerint szulfo- ($-\text{SO}_3^-$), vagy karboxil-csoportot ($-\text{COO}^-$), az anioncserélők pozitív töltésű centrumot, rendszerint amino-csoportokat ($-\text{NR}_3^+$, $-\text{NH}_3^+$, ahol R alkil-csoportot jelöl) tartalmaznak.

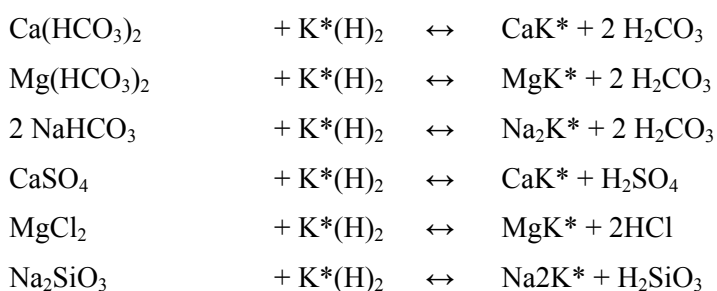
Ezekhez a gyantavázhoz kötött töltéssel rendelkező fix centrumokhoz kötődnek különböző erősséggel a kicserélhető pozitív és negatív ellenionok. A kationcserélő gyantákat leggyakrabban hidrogén- vagy nátrium-ionnal telített formában, az anioncserélő gyantákat pedig hidroxid- vagy klorid-ionos formában alkalmazzák a vízkezelésben. Ha csak a víz lágyítása a cél, a kationcserélő gyanták nátriumra cserélik a kationokat.

A fenti ioncserés folyamat azonban alkalmas a víz teljes sómentesítésére is. A kationcserélő műgyanták, ha hidrogén formában vannak, a vízben lévő összes kationt megkötik, és helyettük egyenértékű hidrogén-iont bocsátanak a vízbe. Ha egy második lépésben anioncserélő műgyantával az anionokat hidroxil-ionokra cseréljük, a vízben eredetileg jelen volt összes sómennyiséggel egyenértékű vizet juttatunk a vízbe. Ezt a kombinált eljárást nevezik ionmentesítésnek vagy teljes sómentesítésnek. Ilyen módon megfelelő üzemmenet mellett oldott anyagokat gyakorlatilag nem tartalmazó víz állítható elő, ami a legszigorúbb követelményeket is kielégíti.

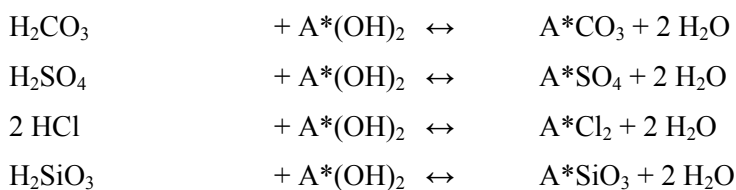
Az aktív csoport jellege szabja meg az ioncserélő gyanták működési területét, az aktív csoportok térfogat- vagy tömegegységre eső száma pedig a lecserélhető ionok mennyiségét, azaz az ioncserélő kapacitását. Az aktív csoport disszociációs készsége alapján megkülönböztetünk erősen savas és bázikus illetve gyengén savas és bázikus ioncserélő gyantákat. A gyanta sav- illetve báziserősségét elsősorban az aktív csoportok minősége határozza meg, de befolyásolja a műanyag váz szerkezete is.

Az erősen savas és bázikus ioncserélők tetszőleges pH-jú oldatból képesek kationokat vagy anionokat cserélni. Így a hidrogén-ion formájú, erősen savas kationcserélők az oldatban lévő kationokat hidrogén-ionra képesek cserélni, mert aktív csoportjuknak, a szulfo-csoportnak kicsi az affinitása a hidrogénhez. Ugyanakkor a regeneráláshoz erős savra (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) van szükség. Ennek analógiájára az erősen bázikus anioncserélő gyantáknak a hidroxil-ionokhoz kicsi az affinitása, ezért azt bármely más anionra kicserélik, a regenerálásukhoz erős bázisra (NaOH) van szükség.

A kombinált kation- és anioncserélő és a víz oldott sótartalma között a reakció a következő séma szerint játszódik le:



ahol K^* – a kationcserélő műgyanta



A^* - anioncserélő műgyanta

Ahogy említettük, mind a nátrium-, mind a hidrogén- és a hidroxil-cserélő gyanták csak addig tudják feladatukat ellátni, amíg bennük a kicserélhető ionok megfelelő számban vannak jelen, vagyis még nem merültek ki. Azt a (pl. mol/l-ben kifejezett) ionmennyiséget, amely a gyanta (nagy felesleggel végzett) regenerálása után

teljes telítődésig megkötődik, illetve kicserélődik, az ioncserélő teljes (elméleti) kapacitásának nevezik. A gyakorlatban az ioncserélő hasznos kapacitásával szoktak számolni, mely megadja azt az ionmennyiséget, amit egy liter ioncserélő anyag megkötni képes a lecserélni kívánt ionoknak az oszlopról elfolyó oldatban történő megjelenéséig, azaz az **áttöréséig**. Az ioncserélő gyanta mennyiségét literben szokás megadni. A gyantát ui. óvni kell a kiszáradástól, ezért nedves állapotban, vagy víz alatt hozzák forgalomba. Tömege tehát nem mérhető. Az ionmennyiséget vagy a száraz gyanta egységnyi tömegére, vagy inkább a duzzadt, nedves gyanta egységnyi térfogatára vonatkoztatva adják meg.

Az ioncserés vízlágyítás berendezései

A lágyító-berendezések felépítése a kavicsszűrőkhöz hasonló. Hengeres, álló tartályok tartalmazzák a 0,3–1,2 mm szemcsenagyságú ioncserélő töltetet, melyet valamilyen vízelosztó rendszerre terített alapréteg tart. A jó hatásfokú lágyításhoz elengedhetetlenül szükséges, hogy a víz elég hosszú ideig érintkezze az ioncserélővel, ami megszabja adott áramlási sebesség mellett az oszlop minimális magasságát. A lágyítandó vizet felülről vezetik az ioncserélő oszlopra, gondoskodva az egyenletes eloszlásról. Az ioncserélőre csak előzetesen tisztára szűrt, lebegőanyag-mentes vizet szabad rávinni, mert a finom eloszlású lebegő szennyezés az ioncserélő kapacitását nagymértékben és rohamosan lerontja.

A lágyítást rendszerint az „áttörési pont”-ig folytatják, tehát addig, mikor az elfolyó vízben a keménység már megjelenik, ill. amíg a keménység egy bizonyos nagyságot elér (pl. 0,1 nk°). Az oszlop teljes cserélő kapacitását tehát nem lehet kihasználni.

Az ioncserélő oszlop leállásakor a nyersvíz bevezetését megszüntetik, és alulról, a lágyított vizet elvezető csőrendszeren keresztül mosóvizet bocsátanak a tartályba. Ez kettős célt szolgál. Egyrészt fellazítja az oszlopot, másrészt kimossa az ioncserélő szemcsék felületére ráakadott szennyezést. A mosóvíz áramlási sebességét óvatosan úgy kell szabályozni, hogy a lebegő szennyezésekkel együtt az ioncserélő szemcséit ne ragadja magával. Ha az elfolyó mosóvíz már tiszta, a regenerálás következik. Ekkor – újból felülről – bevezetik a regeneráló oldatot. Ez először kiszorítja az ágy felett maradt mosóvizet, majd keresztülhaladva a tölteten a tartály alsó részén a lágy vizet elvezető csöveken távozik. Regenerálásra vízlágyítás esetén kb. 10 %-os nátrium-klorid oldatot használnak. Ez a legolcsóbb nátrium-iont tartalmazó vegyület. Hogy a reakció az alsó nyíl irányában közel teljesen lejátszódjék a regeneráló vegyszert nagy feleslegben (az elméletileg szükséges mennyiség 2–4-szerese) kell alkalmazni.

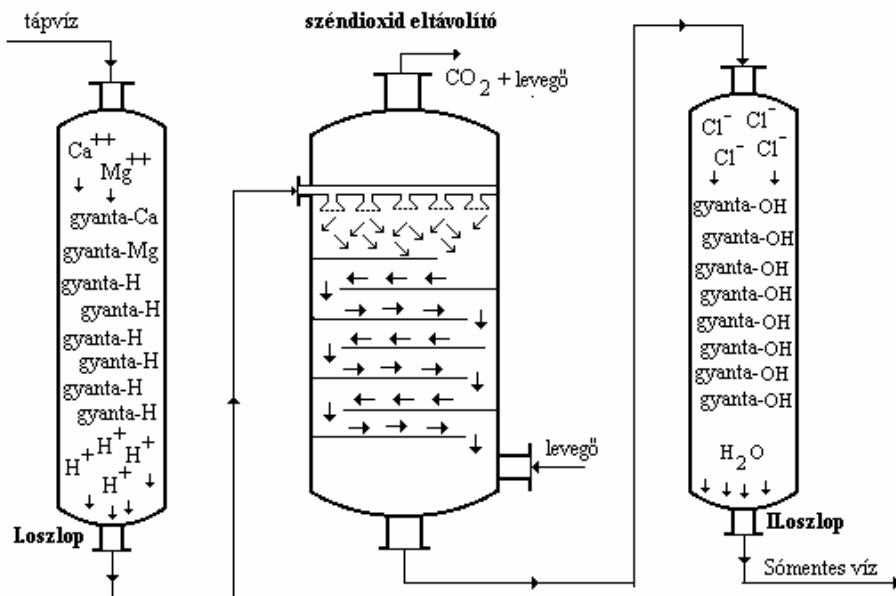
A regenerálás után ismét üzembe helyezett ioncserélő nem tud azonnal megfelelő lágy vizet termelni, mert az újonnan bevezetett víz keveredik az ágyban maradt, keménységet okozó ionokat nagy koncentrációban tartalmazó regeneráló oldattal. A víz csak a teljes átöblítés után használható, addig szennyvízként elbocsátják

Az ioncserés teljes sótalanítás berendezései

A teljes sótalanító berendezés lényegében abban különbözik az ioncserés vízlágyító berendezéstől, hogy a tartályok, csővezetékek, armatúrák, adagolóberendezések és szivattyúk sav- ill. lúgállóak. Egyrészt ui. a kationcserélő gyantát savval, az anioncserélőt lúggal kell regenerálni, másrészt **a víz a kationcserélő után savas lesz**, és csak az anioncserélő után válik semlegesé. A tartályokat, csöveket keménygumi, vagy műanyag bevonattal látják el, gumimembrános tolózákat, kemény PVC armatúrákat, műanyag vagy kerámia szivattyúkat, adagolóberendezéseket használnak.

A kation- és anioncserélő oszlopokat sorba (blokk-kapcsolás) ld. 2.2.2. ábra, vagy párhuzamosan (körkapcsolás) kapcsolják. A szükséges vízmennyiségtől függően egy lépcsőben (1 kation + 1 anion) vagy több lépcsőben váltakozva több kation- és több anioncserélő oszlopon viszik keresztül a vizet. A kevert ágyas ioncserélőkben, amelyeket utolsó fokként alkalmazhatnak, az anion és kationcserélő gyanta egy oszlopban van összekeverve, tehát az ilyen oszlop végtelen sok igen kis egység sorozatának tekinthető.

A kationcserélő és az anioncserélő oszlop közé hideg gáztalanítót szoktak beállítani a kationcserélőben keletkezett H_2CO_3 megbontása, ill. a felszabaduló CO_2 eltávolítása céljából. Ezzel az anioncserélőt nagymértékben tehermentesítik.



2.2.2. ábra. Teljes sómentesítés ioncserélővel

I. oszlop: erősen savas kationcserélő hidrogén formában, II. oszlop: erősen bázikus anioncserélő hidroxid formában.

Az ioncserélő oszlopokat kimerülésük után az üzemből kikapcsolják, és a kationcserélőt 8–10 %-os sósavval vagy 6 %-os kénsavval, az anioncserélőt 3,5–4 %-os nátrium-hidroxiddal regenerálják. A regenerálás történhet a kimerítéssel egyező, vagy ellenkező áramban. Az utóbbi esetben a regeneráló vegyszer jobban kihasználható.

Kevert ágyas ioncserélő oszlop regenerálása úgy történik, hogy regenerálás előtt a tartályba vízárammal a gyantakeveréket sűrűség szerint szétlebegtetik. Felül helyezkedik el a kisebb sűrűségű anioncserélő gyanta, alul a kationcserélő. A regenerálást így külön-külön elvégzik, a felesleges vegyszert az oszlopból kimossák, majd a kétféle gyantát levegővel ismét összekeverik.

Különböző ioncserélők megfelelő kombinációjával igen jó hatásfokkal, kis vegyszerfelesleggel a desztillált víznél jobb minőségű vizet is elő lehet állítani. A desztillált víz mindig tartalmaz oldott széndioxidot. A sóatlanított víz szén-dioxidot nem tartalmaz, mert az erősbázisú anioncserélő a CO_2 -t is megköti.

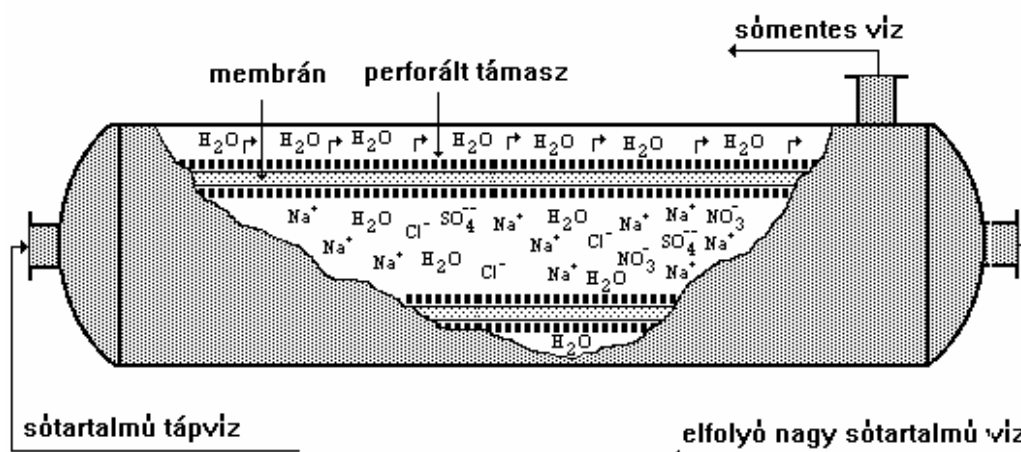
IONMENTES VÍZ ELŐÁLLÍTÁSA FORDÍTOTT OZMÓZISSAL

Az ozmózis jelensége biológiai tanulmányainkból ismert. Ha két térrészt (sejtet), amelyekben különböző koncentrációjú oldat található, félig áteresztő membrán (sejtfal) választ el, amelyen keresztül az oldószer molekulák szabadon, de az oldott anyag nem tud áthaladni, a koncentrációkülönbség a két oldat között azáltal igyekszik kiegyenlítődni, hogy az oldószer a kisebb koncentrációjú oldatból a nagyobb koncentrációjú oldatba diffundál, amely miatt ott a nyomás megnő. Az ozmózis-egyensúly beállásakor a koncentrációkülönbség okozta hajtóerő megegyezik a vele ellentétes, a nyomáskülönbség okozta hajtóerővel.

A fordított ozmózisban (ha a töményebb oldatban az ozmotikus nyomásnál nagyobb nyomást alkalmazunk) az oldószer a töményebb oldatból a hígabbba vándorol.

A fordított ozmózis elve alapján működő víztisztító berendezésben a kezelendő vizet egy félig áteresztő (cellulóz vagy műgyanta alapú) membránon az ozmózisnyomásnál nagyobb nyomással (a víz sótartalmától függően néhányszor tíz bar) átpréseljük (2.2.3. ábra), azaz a vizet a töményebb (szennyezett) oldatból átpréseljük a tiszta vízbe. A membrán az ionokat visszatartja, de a vízmolekulák a membránon átáramlanak. A membrán lehet sík, porózus, csövekre feszített hártya, spirális alakban feltekert vagy kapilláris méretű húzott szálköteg. A kezelendő víz nem tartalmazhat lebegő és szerves szennyeződések, mert azok a membránt eltömik. Túl kemény víz esetén a fordított ozmózist egy nátrium-ciklusban működő ioncserélő gyantás kezelés előzi meg, mert enélkül a fordított

ozmózis során egyre töményedő szennyezett vízből kiváló sók a membrán pórusait eltömíthetik. A nátrium-sók viszont jól oldódnak, még tömény oldatukból sem válik ki só.



2.2.3. ábra. Csőmembrános sótelenítő

2.2.7. Kazánvíz

A tápvízzel a kazánba jutó sók a víz elgőzölgötetése folytán koncentrálnak. A kazánvíz tehát nagyobb koncentrációban tartalmazza a mindazokat a sókat, amelyeket a tápvíz tartalmaz. A besűrűsödés folyamán a sók közül némelyek elérik oldhatósági határértéküket, s kezdenek a kazánvízből kiválni. A kivált sók természetük szerint kemény kazánkő, laza szerkezetű lerakódás vagy finom iszap formájában szennyezik a hőátadási felületeket, illetve a kazánvizet.

Hogy a kazánvíz sótartalma ne haladja meg a megengedett értéket, a besűrűsödött kazánvíz bizonyos hányadát csatornába engedik, s a veszteséget kis sótartalmú tápvízzel pótolják. Ha a kazánvíz lebecsátásnak csak a koncentráció csökkentése, ill. egy adott értéken való tartása a célja, akkor ezt a vízlebecsátást folyamatosan vagy szakaszosan közvetlenül a víztükör alól végzik (a gőzkilépés következtében ugyanis itt a legnagyobb a koncentráció) és kazánvíz-sótelenítésnek nevezik.

Ha az a cél, hogy a leengedett kazánvíz a kazánból a tápvízzel bekerülő keménységet okozó sókat és korróziótermékekből (vas-oxid) keletkező iszapot is eltávolítsa, akkor kazániszapolás a neve. Az iszapolás a kazánvíz cirkuláció legmélyebben lévő iszapgyűjtő kamráiból vagy az iszapolódobból, a cirkulációnak többé-kevésbé holt teréből szakaszosan történik.

Nagynyomású, és különösen kényszeráramlású kazánokhoz teljesen sómentes, neutrális tápvizet használnak, melyet ammónium-hidroxiddal lúgosítanak. Az ammónia, mint gáz átjut a gőzfázisba, majd a kondenzvízzel ismét, mint ammónium-hidroxid visszakerül a kazánba. Pótolni csak a gáztalanítóban fellépő, max. 15 % veszteséget kell. Ez a lúgosítószer tehát az egész víz-gőz rendszert lúgosítja és korrózióelhárítás szempontjából a legkedvezőbb 8–10 pH értéken tartja anélkül, hogy a kazánvíz sótartalmát növelné.

2.2.8. Hűtővíz

A hűtővizekkel szemben támasztott követelmény, hogy a hűtőfelületre tapadó vízkő, illetve iszap ne váljon ki belőlük. Előbbi esetben romlik a hőátadás, utóbbiban cirkulációs zavarok léphetnek fel.

A járművekben használt fagyálló hűtőfolyadékok leggyakrabban etilén-glikol és víz különböző összetételű elegyei. Az etilén-glikol a víz fagyáspontját csökkenti (ld. Szerkezeti anyagok, III. kötet), de a hőátadás a vízhez képest romlik.

Az etilén-glikolt etilén-oxid hidrolízisével állítják elő:



Két mono-etilén-glikol molekula vízkilépéssel dietilén-glikolt ($\text{HO-CH}_2\text{-CH}_2\text{-O-CH}_2\text{-CH}_2\text{-OH}$), három molekulából (trimerizációval) trietilén-glikol, sok molekula polimerizációjával poli-etilén-glikol keletkezik, amely elegyből a komponenseket frakcionált desztillációval lehet szétválasztani.

A kereskedelmi forgalomban kapható fagyálló hűtőfolyadék általában korróziógátló inhibítorral és öregedés gátlóval adalékolt mono-, di- és trietilén-glikol, valamint víz, a kívánt hőfoknak megfelelő, különböző összetételű elegye.

2.2.9. Szennyvizek és szennyvíztisztítás

Mind a háztartások, mind az ipar a használt víznek csak igen kis hányadát „használja fel”, túlnyomórészt többé-kevésbé szennyezett állapotban visszajuttatja a természetes víz-körfolyamatba. **Vízszennyezés** minden olyan hatás, amely felszíni és felszín alatti vizeink minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága emberi használatra, és a benne végbemenő természetes élet-folyamatok fenntartására csökken, vagy megszűnik.

Ha szennyező anyag kerül az élővízbe, fizikai, fizikai-kémiai, kémiai, biokémiai és biológiai folyamatok egész sora (keveredés, ülepedés, koaguláció, adszorpció, oxidáció, redukció, nitrifikáció, asszimiláció, eutrofizáció stb.) játszódik le, melynek eredményeképpen a szennyező anyag lebomlik, mineralizálódik, vagy növényi ill. állati szervezetbe beépül. Ezt a jelenséget nevezzük **az élővíz öntisztulásának**. Az élővizek öntisztuló képessége függ a vízfelszín természetes átlevegőződésétől, a benne lévő mikro- és makroorganizmusoktól, a vízfolyás sebességétől, a napfény mennyiségétől, az élővíz átlátszódásától. Mivel az élővíz öntisztuló kapacitása véges, a szennyvizek tisztítását műszaki úton kell elvégezni.

A szennyvíztisztítás feladata a szennyező anyagok oly mérvű eltávolítása, hogy a vízben maradó szennyezéseket a befogadóul szolgáló természetes víz öntisztító ereje képes legyen lebontani, és a vízhasználat lehetősége se csökkenjen.

A szennyvíztisztítással szemben támasztható igény minden esetben külön állapítandó meg a helyi körülmények alapos mérlegelése alapján. A vízfolyás szennyvízzel való terhelhetőségének megállapítására ismerni kell a vízfolyásra jellemző adatokat, pl. a legkisebb vízállás melletti vízhozamot, a bevezetendő szennyvíz mennyiségét és minőségét, valamint a vízfolyás oxigén-háztartásának viszonyait.

A vízfolyás öntisztító erejének meghatározása szempontjából lényeges a szerves anyagoknak a vízfolyásba juttatott mennyisége. Ahogyan már a fejezet elején szó volt róla, a víz szervesanyag-tartalmát az azok oxidálásához szükséges oxigén mennyiségével szokás jellemezni. Elsősorban azok a szerves anyagok fontosak, melyek gyorsan oxidálódnak és így nagymértékben csökkentik a befogadó víz oldott oxigén-tartalmát. A szennyvíztechnikában az oxidálható szerves anyag mennyiségét, az annak biológiai lebontásához, illetve kémiai oxidálásához szükséges oxigén mennyiségével jellemzik. Az ún. **biokémiai oxigénigény** (BOI) az az oxigén-mennyiség, amely a vízben levő szerves anyagok meghatározott idő, (rendszerint öt nap) alatt aerob úton történő biokémiai lebontása során elfogy. Értékét mg/l-ben adják meg (BOI_5). A vizsgálat nagy időigénye miatt a biokémiai oxigénigény helyett elterjedtebben használják a **kémiai oxigénigény** fogalmát (KOI), ami a vízminta erélyes oxidálószerrel (kálium-permanganáttal vagy kálium-dikromáttal) történő egyórás forralása során elhasznált vegyszerrel egyenértékű oxigén mennyiségével (mg/l) egyenlő.

A szennyvíztisztítás módja függ a kibocsátott szennyvíz minőségétől (szennyezőanyag-tartalmától), a tisztítás megkövetelt mértéke pedig a kérdéses befogadó (folyóvízszakasz vagy tó) hidrológiai viszonyaitól, egyéb vízgazdálkodási érdekektől. A szennyvíztisztítási technológiák általában hármas tagozódásúak:

Elsődleges, mechanikai tisztítás

Ez a technológiai lépés magába foglalja a durva szennyeződések megfogását, rácson, homokfogón, a lebegő anyagok lefölezését olaj és zsír lefölezőn, továbbá kémiai derítést [$\text{Fe}(\text{OH})_3$, vagy $\text{Al}(\text{OH})_3$], és a derítőszer eltávolítását.

Másodlagos, biológiai tisztítás

Az élővízben lejátszódó mikrobiológiai lebontási folyamatot valósítjuk meg ellenőrzött reaktorokban, mesterséges tározókban úgy, hogy a szerves anyagok lebontását végző mikroorganizmusok számára a lehető legjobb körülményt teremtünk (levegő beadagolás, foszfát-pótlás). A biológiai tisztítók általában aerob

körülmények között működnek, de megfelelő baktériumkultúrával anaerob szennyvízlebontó reaktorok is dolgoznak. A technológiai folyamathoz tartozik az állandóan növekvő mikroorganizmus tömeg (eleven iszap) fokozatos eltávolítása, pl. szűréssel.

Harmadlagos, (fizikai-kémiai) tisztítás

A szennyvíztisztítás befejező fázisában az ammónia- és baktérium-mentesítés történhet klórozással, az íz és szaganyagok eltávolítás aktív szenes adszorpcióval, a sótalánítás ioncserével.

BIOLÓGIAI SZENNYVÍZTISZTÍTÁS

A biológiai szennyvíztisztítási eljárásokban a mikroorganizmusok irányított tevékenysége hasznosul. A nyersanyag a szennyvíz lebegő, kolloid és oldott szerves anyaga. A reakciótermék a baktériumszaporulat, továbbá különböző gázok (CO_2 , CH_4 , H_2S , NH_3 , N_2).

A biológiai szennyvíztisztításban reaktorokat (ún. fermentorokat) használnak. A szilárd fázis elválasztására általában ülepitőket, flotálókat, vagy centrifugákat alkalmaznak.

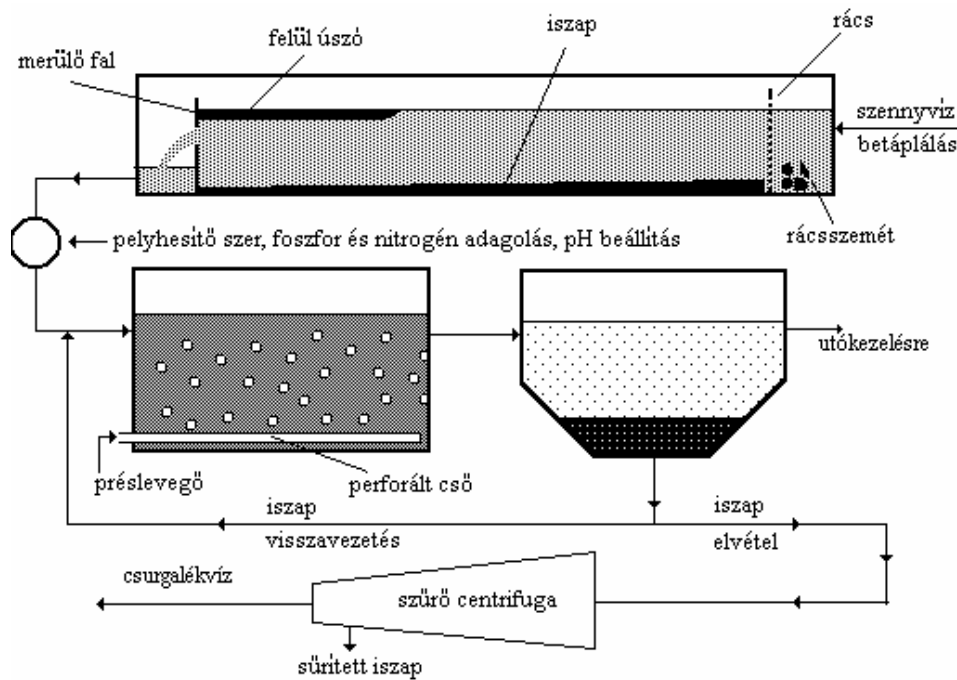
A biológiai szerves anyag lebontás során a darabos és kolloid szennyezések a baktériumok testén kívül ható exoenzim hatására hidrolizálódnak, elfolyósodnak. Ezután a baktériumok a hidrolizált, valamint az eleve oldatban lévő szerves anyagokat a sejthártyán keresztül testükbe felveszik, a sejten belül részben oxidálják, részben saját testanyaguk építésére hasznosítják.

A folyamat pH optimuma 6,5...8,0 közötti érték. A baktériumok szaporodásához szükség van ásványi tápanyagokra, nitrogén- és foszfor-vegyületekre. 100 kg oxigénigénynek (KOI) megfelelő szennyezőanyag eltávolításához 3 kg N és 0,5 kg P szükséges. Ha a szennyvíz nem tartalmaz elég ásványi tápanyagot, azok pótlólagos adagolása szükséges, például ammónium-foszfáttal.

Eleveniszapos berendezések

Az eleveniszapos berendezések folytonos táplálású aerob fermentoroknak tekinthetők, mivel működésük szempontjából elengedhetetlen feltétel a mesterséges oxigén-bevitel. Ezek a rendszerek minden, biológiailag bontható szerves anyagot tartalmazó szennyvíz tisztítására alkalmazhatók, ha azok nem tartalmaznak az eleveniszapra nézve ártalmas koncentrációban mérgező nehézfémeket, cianidot. Az eleveniszapos rendszer megfelelő méretezés esetén a térfogati (vízhözam) és biológiai túlterhelésekre sem érzékeny. Ennek oka, hogy a terhelés növekedésével az eleveniszap lebontási sebessége is nő egy határértékig.

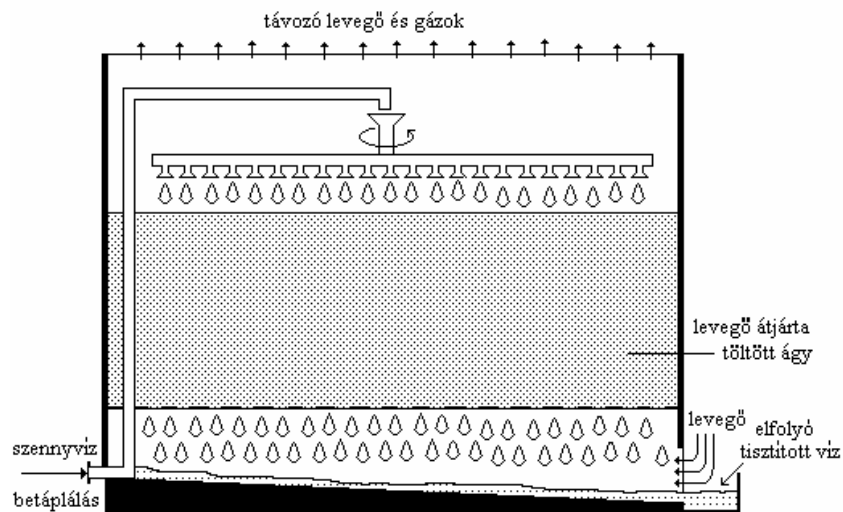
A fermentor kialakítása történhet mérettől függően vaslemezről vagy vasbetonból az élő baktérium-tömeget tartalmazó eleveniszapot az utóülepitő választja le. A kiülepitett iszap egy részét visszavezetik, a főlösleg égetésre, rothasztásra, esetleg szerves trágyaként értékesítésre kerül, ha nem toxikus, vagy fertőzött. A 2.2.4. ábrán, egy eleveniszapos szennyvíztisztító vázlatos képe látható.



2.2.4. ábra. Eleveniszapos szennyvíztisztító

A csepegtetőtestes berendezés

A csepegtetőtestes biológiai szennyvíztisztításnál (2.2.5. ábra) a betáplált szennyvíz szakaszosan vagy részlegesen elborítja az inert töltőanyag (bazalttörmelék, üreges PVC-testek) nagy felületén meglepedett biológiai hártát. A biológiai hártában élő baktérium-kultúra bontja le a szennyvíz szerves anyagát. A lebontáshoz szükséges oxigént a töltőanyagon keresztül áramló levegő biztosítja. A hártya vastagsága kb. 3 mm, a kielégítő levegőáram biztosításához 40 %-os hézagterefogat szükséges



2.2.5. ábra. Csepegtetőtestes szennyvíztisztító

A tisztítandó szennyvíz lehetőleg ne tartalmazzon nagy mennyiségű lebegőanyagot és zsíros, olajos szennyeződést. Az optimális pH tartomány 6,5–7,5 között van. A csepegtetőtestekre bocsátott szennyvízben a legkedvezőbb tápanyag összetétel $BOI_5:N:P = 100:5:1$. A csepegtetőtestes eljárást általában sörgyári, tejipari szennyvizek szervesanyag-tartalmának csökkentésére használják.

Minden biológiai szennyvíztisztító eljárás hatásfoka nagyon függ a szennyvíz hőmérsékletétől: emelkedése elősegíti, csökkentése gátolja a szerves anyag lebontást.