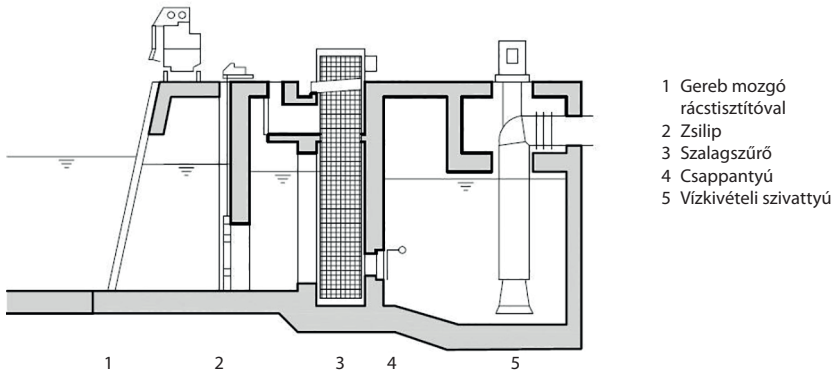


5. Víz tisztító telepek kialakítása és üzemeltetése

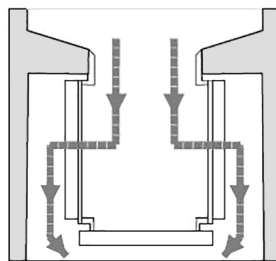
5.1. Vízkivétel, mechanikai előtisztítás, felületi szűrők

5.1.1. Rácsok, gerebek

A felszíni víz kivételi műveknél legalább 50–100 mm pálcaközű gerebek épülnek be, elsősorban az utána következő gépek és berendezések, másodsorban a technológiák védelme érdekében. A nagyobb pálcaközű rácsok inkább a vízfolyásokra telepített vízkivételeknél fordulnak elő, ahol a nagyobb méretű uszadékokat, fadarabokat, összeállt lombanyagokat, kultúrszemetet (műanyag zacskók, dobozok stb.), halakat kell visszatartani. A rácsok függőleges vagy meredek, többnyire 80–85-os hajlású sík rácsablák, amelyeket a vízkivételi szivattyúk számától függően kialakított beömlő nyílások előtt építenek be. A rácsok ma kizárólag gépi tisztításúak. A gerebtisztítók szakaszos üzeműek, adott mennyiségű uszadékanyag összegyűlése után, akár több hetente kell csak elvégezni a rács tisztítását. A rácsszemetet mechanikai úton (például szállítószalag), vagy hidraulikusan (vízárammal) szállítják tárolóba, többnyire konténerbe. A csurgalékvíz visszavezethető a rács elé. A rácsszemetet kommunális hulladéklerakón helyezik el.



5.1. ábra: Vízkivételi mű ráccsal és szalagszűrővel (a szerző szerkesztése [1] alapján)



5.2. ábra: Belülről kifelé szűrő szalagszűrő beépítése (a szerző szerkesztése)

5.1.2. Nyitott és zárt szűrők

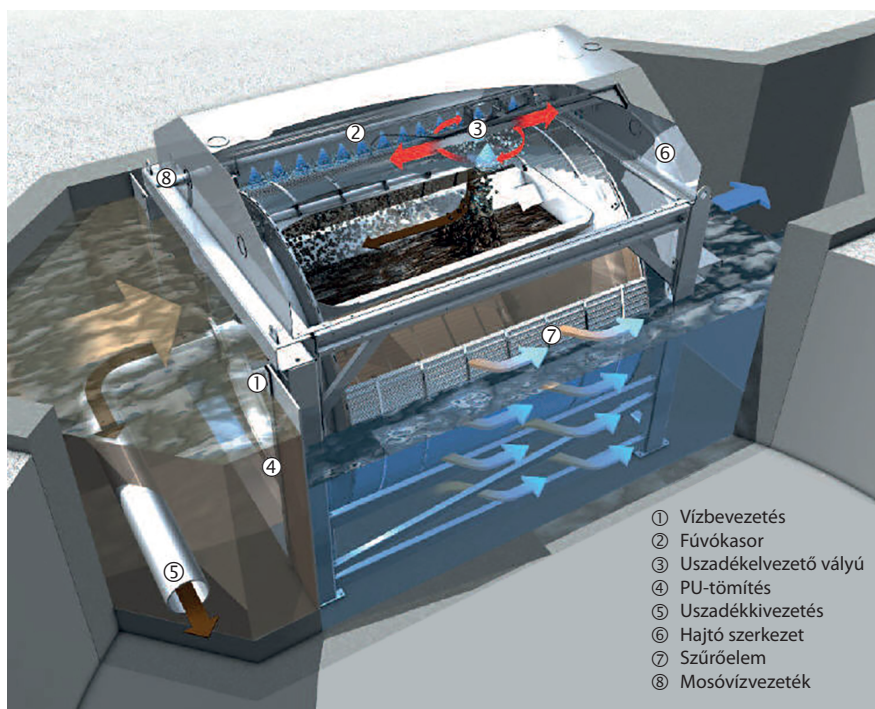
A szűrők műszaki kialakításuk, beépítési módjuk szerint lehetnek szalagszűrők, nyitott gravitációs dobszűrők és zárt, nyomás alatti dobszűrők.

A szalagszűrőket nagy vízszint-ingadozású vízfolyásoknál, a vízkiviteli műveknél építik be. A szalagszűrő egymáshoz csuklósan csatlakozó szűrőszövetes keretből áll. A ma többnyire műanyagból, esetleg korrózióálló acélból, régebben rézből, bronzból készült szűrőszövet 1–3 mm névleges lyukméretű.

A szalagszűrőn visszatartott lebegőanyagokat nagynyomású vízzel fúvókasoros tisztító rendszerrel, vízzel tisztítják. A belülről kifelé szűrő szalag esetében a lemosott szennyeződés a szalag belsejében kialakított vályúba kerül.

A nyitott dobszűrőket medencébe vagy nyílt felszínű csatornába építik be. A szűrés iránya irányulhat kívülről befelé, vagy fordítva. Az 5.3. ábrán a nyersvíz a szűrődob nyitott végén lép be. A szűrőfelületet a dobvázra rögzített szűrőelemek alkotják. A szűrőelemeket szövött hálóból vagy perforált lemezből készítik. Víztisztításban a szövött hálók közül a 0,5–0,75 m-es névleges méretűeket, perforált lemezeknél az 1–3 mm lyukméretűeket alkalmazzák. A szűrődob tisztítása lehet automatikus, szintkülönbségről vezérelt vagy idővezérelt. A szűrő belső feléről lemosott szennyeződés a felső uszadékelvezető vályúba kerül, ahonnan mosóvízzel elszállítható.

A nyomás alatti dobszűrők a nyomóvezetékbe beépíthetők, felállításuk kevésbé kötött, mint például a szalagszűrők esetében. Konstruktóitól függően függőleges vagy vízszintes tengelyűek.



5.3. ábra: Nyitott, gravitációs dobszűrő elvi működése (Huber katalógus alapján saját szerkesztés)

5.1.3. Üzemeltetés

A rácsok, szűrők üzemeltetése elsősorban gépészeti feladat: a motor, hajtómű rendszeres, illetve időszakos ellenőrzését, karbantartását, a kopó alkatrészek szükség szerinti cseréjét kell elvégezni. A szítafelületek épségét, a tisztító fúvókák működését rendszeresen ellenőrizni kell, szükség szerint tisztításukra, cseréjükre lehet szükség. A szűrőkön évente egyszer nagy karbantartást kell végezni, ehhez a berendezéseket ki kell venni az üzemből, amihez a vízkormányzó szerkezeteket – vízkivételi műveknél többnyire zsilipeket, a szűrőknél többnyire csővezetéki szerelvényeket – kell lezárni, hogy száraz munkatérben lehessen dolgozni, illetve a berendezést le lehessen üríteni.

5.1.4. Mérés és automatika

A berendezések automatikus működéséhez szintérzékelőket, időkapcsolót, nyomás alatti berendezéseknél nyomásmérőt vagy differenciál nyomásmérőt alkalmaznak.

5.2. Gáztalanítás, levegőztetés

A gáztalanítást a vízben oldott gázok – a vízkezelésben legtöbbször a metán, szén-dioxid, hidrogén-szulfid – eltávolítására, illetve határérték alatti csökkentésére alkalmazzák. A gáztalanító tartályon keresztül ellenáramban áramoltatott levegő kihajtja a vízben lévő metánt, egyúttal a vizet oxigénnel telíti. Ennek folyamán megkezdődik a vízben oldott két vegyértékű vas három vegyértékű, vízben nem oldódó vas-hidroxiddá történő oxidációja.

Amennyiben a nyersvíz nem tartalmaz nagy mennyiségű oldott gázokat, viszont oldott vasat igen, akkor a levegőztetés megfelelő technológia lehet a vas eltávolítására. Amennyiben a vas mellett más vegyületet is kell oxidálni (például arzént, mangánt), valamilyen erősebb oxidálószer alkalmazása is javasolt, úgymint klór, ózon, kálium-permanganát.

5.2.1. A gáztalanítók, levegőztetők kialakításának elvei

A levegőztetők kialakításánál és üzemeltetésekor a feladat a víz-levegő határfelület megnövelése, az egyensúlyi parciális gázviszonyok megbontása a vízben lévő gázok kihajtása vagy a levegőben lévő oldott oxigén bevitelének céljából. A vízben oldott gázok eltávolításához a külső légtérben az adott gáz koncentrációját és/vagy parciális nyomását kell csökkenteni. Ennek lehetséges módja, hogy az eltávolítandó gázt más gázzal (sztríp gáz) cseréljük – a vízkezelésben elsősorban levegővel (oxigénnel/nitrogénnel) –, vagy vákuumot létesítünk a parciális nyomás gradiens fenntartásához. A gázcsere hatásosságához mindkét esetben a légtérből eltávolított gázt a gáztalanító légtérből ki kell vezetni.

A gázbevitel negatív hatása is lehet a további technológiai folyamatokra. Példa lehet erre a nyomás alatti levegőztetés során a víz nitrogéngázzal túltelítése, az oxidáció miatti pH-csökkenés, a hidrogén-karbonát disszociációja következtében felszabaduló szénsav keletkezése.

A levegőztetés elvi megoldásai:

- a levegő vízbe juttatása befúvással (diffúz levegőztetés);
- a víz cseppekre bontása a víz levegőbe porlasztásával vagy permeteztetéssel;
- a víz átaramoltatása valamilyen felületen, folyadékfilm kialakításával, csörgedeztetéssel;
- nagyobb víztömeg magasabb szintről alacsonyabb szintre buktatásával, azaz vízesésszerűen.

Az alkalmazott gáztalanítókat többnyire úgy alakítják ki, hogy a fenti hatásmechanizmusok közül több is érvényesüljön, és jó hatásfokú gázmentesítést lehessen elérni.

Nyitott levegőztetésnél a műtárgyban, berendezésben szabad vízfelszín van. A nyitott levegőztetők vagy vasbeton műtárgyak vagy zárt tartályok. A vasbeton műtárgyak épületbe kerülnek, ezáltal a külső környezeti hatásoktól (légszennyezők, fény) jelentősen védetté válik a létesítmény. A zárt gáztalanító tartályok négyszög vagy kör alaprajzúak, amelyek így szintén védettek, és a szabadban is felállíthatók, de ez esetben az üzemeltetési feltételektől függően (például alacsony vízhőmérséklet, hosszabb üzemszünet) szükség lehet a hőszigetelésükre. A víztér feletti légcserét mindkét esetben ventilátorokkal, mesterségesen kell biztosítani. A ventilátorokkal beszívott levegővel a légszennyezők (por, pollen, mikroorganizmusok stb.) bejuthatnak, és a vízzel érintkezve másodlagos szennyeződések forrásaivá válhatnak. Védekezésül a levegő beszívásánál különböző finomságú porszűrőket, pollensűrőket, mikroszűrőket (HEPA-szűrők) lehet és kell alkalmazni.

5.2.2. Légbefúvásos levegőztetők

Diffúz levegőztetéshez a levegőztető medencében sekély mélységben vannak a levegőztető elemek, legtöbbször levegőztető panelek. A levegőt olajmentes fúvókkal juttatják a levegőztető panelekhez.

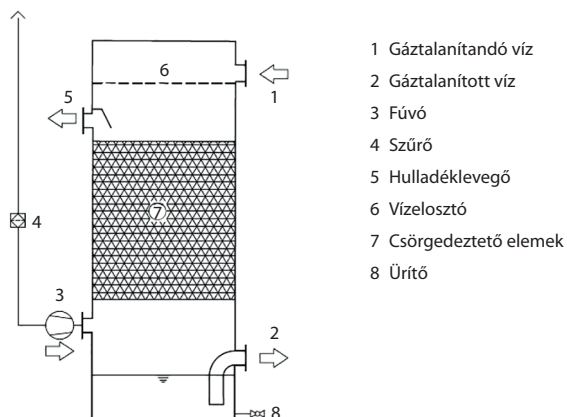
5.2.3. Atmoszférikus gáztalanítók, levegőztetők

Ezen típusoknál a vizet az álló tartály felső részébe vezetik. A bevezetésnél porlasztó fúvókákat vagy más egyszerű cseppekre bontó elemeket (például perforált lemezek, ütköző elemek) építenek be. Ez alatt a tartály nagy részében több szinten perforált lemezeket/tálcákat, csőrácsokat, klaszterezett nagy fajlagos felületű betéteket stb. építenek be, vagy különböző tölteteken (kavics, műanyag stb.) át csörgedezik le a víz. A vízből kiváló gázt a berendezésen átvetett levegővel távolítják el.

A légcseré lehet egyenáramú, ellenáramú vagy keresztáramú.

Egyenáramú légcserénél a felső vízbevezetés alatti nyílás(ok)on lép be a külső térből a levegő. A levegő a vízzel azonos irányban, felülről lefelé halad át a gáztalanítón. Az alsó víztér feletti légtérből szívó ventilátor szívja el a levegőt és a kivált gázokat.

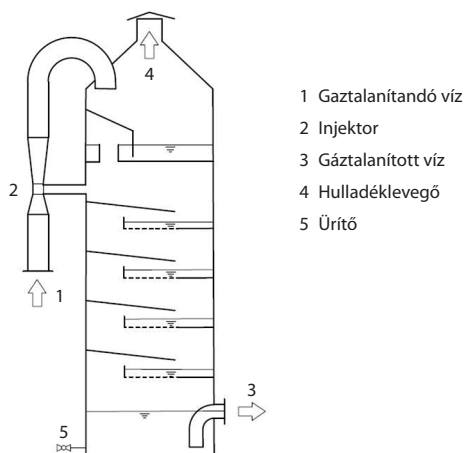
Az ellenáramú levegőztetőknél a víz szintén felső elosztású, de a levegőt vagy az alsó víztér felett nyomja be egy ventilátor, vagy a berendezés felső részéből szívó ventilátorral szívják el azt, illetve a kivált gázt. (5.4. ábra)



5.4. ábra: Ellenáramú gáztalanító (a szerző szerkesztése)

5.2.4. Vákuumos gáztalanítók

A vákuumképzéshez többnyire injektort alkalmaznak. Az 5.5. ábra a metán eltávolítására két-fokozatú gáztalanítót mutat. A tartály felső részébe vezető csőbe épített injektorról alakul ki a második fokozatban a vákuum. A második fokozatban perforált és ütköző lemezek vannak beépítve. A cseppekre bontás és az injektorról létesített vákuum révén kivált gázt az injektor szívja el.



5.5. ábra: Kétlépcsős, vákuumos gáztalanító (a szerző szerkesztése)

Az első fokozatba belépő, ütköző lemezen elterített vízből a szabad gáztartalom nagy része a felső szellőző csövön át távozik. Az első fokozatból a víz a másodikba vízzáron át jut el. A gáztala-

nitó alsó teréből a víz gravitációsan vezethető ki. Az injektor működéséhez szükséges energiát többnyire a gáztalanítóra feladó kútszivattyú biztosítja.

5.2.5. Nyomás alatti levegőztetők

A nyomás alatti levegőztetés során a levegőt a vízbe kompresszor nyomja be, tehát légoxidációs céllal alkalmazzák. A levegő bekeveréséhez, egyenletes elosztásához gyakran légbekeverő idomot, ejektort, statikus keverőt alkalmaznak. A nyomás alatti oxidálás után a fölös levegőt a szűrőre vezetés előtt ki kell választani. Ehhez a fellevegőztetett vizet légtelenítővel ellátott nyomás alatti pihentető tartályon szokták átvezetni.

5.2.6. A gáztalanítók, levegőztetők üzemeltetése, üzemellenőrzése

Magyarországon a gáztalanítókat leggyakrabban a metán eltávolítására alkalmazzák. Gázmentesnek akkor tekinthető a víz, ha a metán tartalma $0,8 \text{ NI/m}^3$ alatt van ('A' gázveszélyességi kategória). $0,8\text{--}10 \text{ NI/m}^3$ gáztartalom ('B' gázveszélyességi kategória) esetén a vízellátó rendszer megfelelő üzemeltetési módszerekkel, biztonsági intézkedések betartásával is üzemeltethető. 10 NI/m^3 gáztartalom felett ('C' gázveszélyességi kategória) a víz gázosnak tekinthető. A gáz-víz viszony vizsgálatát a gázveszélyességi kategóriától függő gyakorisággal (2–5 év) kell az üzemeltetőnek ellenőriztetnie.

A nyitott levegőztetők és gáztalanító esetén előfordulhat a berendezés elszennyeződése, a berendezés alján lebegőanyagok ülepedhetnek ki (például vas-, mangáncsapadékból), és a belső felületeken mikrobiális tevékenység indulhat be. A berendezést legalább évente egyszer le kell üríteni, és fertőtleníteni. Levegőszűrő alkalmazása esetén a betét rendszeresen cserélendő.

A nyitott levegőztetők legfontosabb üzemi paraméterei:

- a felületi terhelés ($\text{m}^3/\text{h} \cdot \text{m}^2$), gáztalanítás esetén a nyersvíz és a gáztalanított víz gáztartalma (gáz-víz viszony), levegőztetési savtalanításnál a nyersvíz és savtalanított víz CO_2 (illetve agresszív CO_2) tartalma, keménysége, pufferkapacitása;
- légoxidációs célú levegőztetésnél a fajlagos levegőbevitel (NI/m^3 víz), illetve a víztérforra vonatkoztatott relatív mennyisége (%).
- A berendezés működését jellemző gazdaságossági mutatók:
 - a légcserére vagy légbevitelre vonatkoztatott energiafajlagos (Wh/m^3 levegő);
 - a vízteljesítményre vonatkoztatott energiafajlagos (Wh/m^3 víz).

5.3. Ülepítés, derítés

A hordalékos, könnyen ülepíthető lebegőanyagokat szállító vízfolyásokra telepített vízműveknél alkalmazott első műtárgy a homokfogó, illetve ülepítő. Mivel a vízkivétel szivattyús, a homok kifogására zárt nyomás alatti homokfogók alkalmazása gazdaságosabb a nyitott ülepítőkkel szemben, mert ezek valószínűleg problémamentesen a vízkivételi múnél is telepíthetők, és ismételt átemelés nélkül, nyomás alatt szállítható az előtisztított nyersvíz a vízkezelő műbe. Ipari vízkivételnél lehet, hogy, egyes üzemi célokra, az ülepített felszíni víz is kielégítő minőségű, és további vízkezelésre nincs szükség.

5.3.1. Derítők

A derítés tágabb értelemben az alábbi technológiai egységek egymás utáni alkalmazását jelenti: (1) a derítőszerkezet gyors bekeverése, (2) pelyhesítés, (3) ülepítés, amelyet többnyire a derített vízzel elvezetett maradék lebegőanyag eltávolításához szűrés egészít ki.

A derítési technológiát műszakilag kétféle módon lehet megoldani: (1) az egyes technológiai lépcsőkhöz külön műtárgyak készülnek, amelyek akár blokkosított formában is összeépíthetők, vagy (2) kompakt technológiai egységet – többnyire a gyors vegyszerbekeverést, a pelyhesítést és az ülepítést – magában foglaló nagyműtárgyat építenek.

5.3.2. Gyors vegyszerbekeverők

A gyors vegyszerbekeverés módszerei: mechanikai keverés; egyszerű hidraulikus bekeverő; csővezetékbe épített statikus keverő; csővezetékbe injektálás.

A mechanikai keverők két alaptípusát használják. (1) A bekeverő tartályba függőleges tengelyű lapátos keverőt építenek be. A víztömeg forgásának megakadályozásához a tartályfalhoz vagy annak közelében álló lapátokat építenek be. (2) A bekeverő tartályba koncentrikus elhelyezésű válaszfal, a belső térbe függőleges tengelyű propellerkeverő kerül. Műszakilag egyszerű megoldás a hidraulikus bekeveréshez a horizontális átfolyású, válaszfalakkal kialakított labirint medence. Gépi berendezés beépítésére nincs szükség, de a műtárgyban a derítőszerkezet jó elkeveredéséhez nagy áramlási sebességet kell fenntartani, az energiabevitel üzemi változtatására alig van lehetőség. Alkalmazása nagy vízműveknél jöhet szóba.

A csővezetékbe épített statikus keverőknél a többnyire egyenes keverőcsőbe ferdén beépített síklapok vagy íves elemekkel érhető el a keverő hatás.

A vegyszer beinjektálásához egyszerűen egy csőcsonkon át adagoló szivattyúval adagolják be a vegyszert, és adott csőhosszon a turbulens áramlás biztosítja a vegyszer vízáramba diszpergálását. Másik megoldás, hogy a csőbe a vízárammal egyező vagy ellenkező irányába fordított fűvőkán keresztül adagolják be a vegyszert.

5.3.3. Flokkulátorok

A flokkulátorok vagy pelyhesítők célja a mikropelyhekből jól ülepíthető (vagy szűrhető) makropelyhek kialakulásának elősegítése. A jó pehelyszerkezet kialakulásához kellő tartózkodási időre és keverési energia bevitelére van szükség. A tartózkodási idő legalább 30 perc. A megfelelő energiadiSSIPációhoz (G-érték) különböző kialakítású (vízszintes, függőleges tengelyű stb.) keverőket alkalmaznak. A megfelelő fordulatszám biztosításához a keverők hajtóművesek, amivel a pelyhesítéshez bevitt teljesítmény változtatásával az üzemeltetés szempontjából fontosnak tekintett G-érték is optimalizálható.

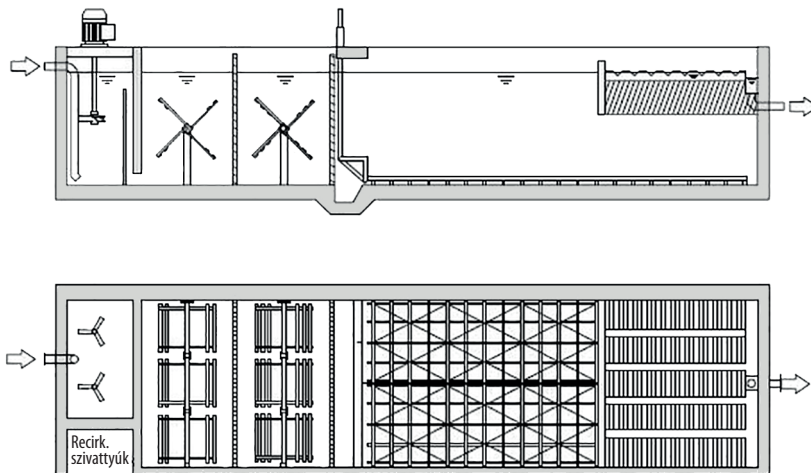
5.3.4. Ülepítők

A víztisztításban alkalmazott ülepítők többnyire hosszanti átfolyású, téglalap alaprajzú műtárgyak, és a derítési folyamat részeként alkalmazzák őket. A pelyhesített nyersvizet a műtárgy

rövidebb oldalán vezetik be, a derített vizet a másik rövidebb oldalon vezetik el. A bevezetésénél biztosítani kell a nyersvíz egyenletes elosztását, az áramlási sebesség csökkentését és a bevezetett víz energiájának jelentős mértékű disszipálódását. Ezért a műtárgy elején kialakított bevezető csatornán különböző bevezetési módokat (energiatörő rács, perforált fal, Stengel-fejes vízbevezetés stb.) alkalmaznak (5.6. ábra).

A derített víz elvezetésére többnyire Thomson-bukókkal kialakított vízelvezető vályúkat helyeznek el. A bukóvályú hosszát a bukóélterhelés csökkentése érdekében gyakran több sorban vagy a műtárgyvégén lévő vályúba kötött, a műtárgy hossz tengelyével párhuzamos vályúk beépítésével növelik meg. A bukóél hosszának növelése nem csak a bukóél terhelését, de a víz feláramlási sebességét is csökkenti.

A fenékre kiüledett iszapot végtelen láncos vagy kotrókocsival vontatott, a fenéken gördülő kotrólapok tolják a műtárgy elején kialakított iszapzsompba. Az iszapzsompból szivattyúsan elvett iszapot részben recirkuláltatják a flokkulátor egységbe, részben pedig az iszapkezelő rendszerre vezetik.



5.6. ábra: Blokkosított vegyszerbekeverő, pelyhesítő, hosszanti átfolyású ülepítő [1]

A kotrókocsi lehet gumikerekes, amikor a műtárgy hosszanti falain kialakított sík járófelületen gördül végig. Másik gyakran alkalmazott megoldás, hogy a kotrókocsi a műtárgyfalra rögzített síneken, kényszerpályán mozog.

5.3.5. Intenzifikált lemezes ülepítők

A lemezes és csőköteges ülepítőket kis mélységű ülepítőkként alakítják ki, vagy a nagy mélységű ülepítőkhöz is beépíthetők az ülepítő betétek.

Ezekbe az ülepítőkhöz meghatározott távolsággal elrendezett lemezbetéteket vagy többnyire műanyagból gyártott, különböző geometriájú csőkötegeket építenek be. A lemezek és csövek dőlésszöge, hossza, a határoló felületek távolsága és hidraulikai sugara változó, és az adott célnak megfelelően választandó ki. Az áramlás a lemezek között, illetve a csövekben felfelé irányul,

és felül lép ki. A lemezek között, illetve a csövekben kiüledő anyagok ellenáramban, gravitációsan lecsúsznak a lemezek alatti iszapterbe.

Az ülepítő betétek öntisztulásához a dőlésszög rendszerint 45° és 60° között változik.

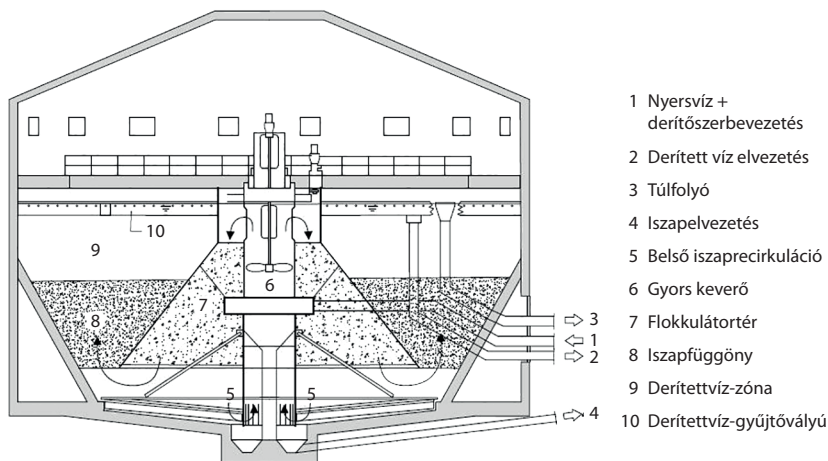
A lemez- illetve csőmodulokat többnyire körülbelül 70 cm-es magassággal és változó alaprajzi méretekkel gyártják le. A modulokat a műtárgyba beszerelt tartószerkezetre helyezik el a körülbelül 70 cm mély tisztavíz zóna alatt.

5.3.6. Kompakt derítők

Egyes kör alaprajzú derítő műtárgyakat úgy alakítanak ki, hogy azok magukban foglalják a gyors vegyszerbekeverőt, a flokkulátortér és az ülepítő teret is. Ezeket a műtárgytípusokat ellenáramú lebegő iszapfüggönyös derítőknek is nevezik (5.7. ábra).

A derítőszerket a vízbevezető csőbe adagolják. A mikropelyhek kialakításhoz szükséges keverés a flokkulátortér közepén kialakított függőleges hengeres térben megy végbe. Innen a vegyszerezett víz felül kilép a flokkulátortérbe. A külső flokkulátortérben alakulhatnak ki a makropelyhek. A flokkulátortér alján lép ki a pelyhesített víz az ülepítő térbe, ahol felfelé áramolva lebegő iszapfüggöny alakul ki, elősegítve egyrészt a pelyhek méretének növekedését, másrészt szerkezetének javulását, miközben a pehelykiüledés is végbemegy. A feláramló víz átkerül a derített víz zónába, ahonnan az ülepítő tér felső részén sugár irányban és/vagy koncentrikus körökben elhelyezett vízelvezető vályúkba jut, és derített vízként kivezetik a műtárgyból.

A műtárgy fenékre kiüledő iszapot iszapkotró juttatja a középső iszapzsompa.



5.7. ábra: Ellenáramú iszapfüggönyös derítő (a szerző szerkesztése)

Ismertek még más derítő konstrukciók is – egyenáramú derítők, Actiflow, Pulsator stb. –, ezeket itt hely hiányában nem tudjuk tárgyalni.

5.3.7. Derítők üzemeltetése

A koagulációt és flokkulációt nagymértékben befolyásolja a nyersvíz zavarossága, a derítőszer típusa és adagolási mennyisége, a víz pH-ja. A derítőszer beadagolása a nyersvízterheléssel, illetve zavarosságával legyen arányos. A mechanikai keverés a fordulatszám-szabályozós lapátos flokkulátoroknál jól alkalmazkodhat a változó nyersvízoldali paraméterekhez.

Az optimális vegyszeradagolás kezdeti beállításához elterjedten alkalmazzák a poharas kísérleteket (JAR-teszt). A kísérleti eredmények értékelése részben vizuális, másrészt műszeres, és a derítőszer típusának, adagolási mennyiségének kipróbálásához jól alkalmazható. A próbaüzem alatt az optimális üzemi paraméterek (például G-érték) tovább finomíthatók.

Az alumínium-szulfát pelyhesedése 5,5–6,5 közötti pH mellett a legkedvezőbb. A lágy vizek esetében a mész, nátrium-hidroxid vagy szóda adagolására lehet szükség. A pH-t a pelyhesítőszer(ek) bekeverése után kell beállítani.

A derítők üzemellenőrzéséhez legalább a következő paraméterek mérésére van szükség:

- a nyersvíz és az iszapelvtétel, illetve recirkuláció esetén a recirkuláció hozama;
- a nyersvíz zavarossága;
- a derített víz zavarossága;

Ezeket a paramétereket online módon célszerű mérni. Offline módon lehet mérni:

- adott esetben a recirkulációs iszap hozamát és koncentrációját;
- a nyersvíz és derítőben lévő víz hőmérsékletét;
- és a pH-t.

A derítés hatékonyságát a megfelelően pelyhesített nyersvíz alapozza meg. A pelyhelyülepedés vizsgálata elsősorban szemrevételezéssel történik a derített víz zóna mélységének és a lebegő iszapfüggöny helyzetének megfigyelésével.

A jó iszapülepedés eléréséhez megfelelő derítőszer adagra, a derítőszer(ek) (alap- és segéd-derítőszer) optimális kiválasztására, a pelyhesedési folyamatok közben tartására van szükség. A derített víz zavarosságának romlása esetén az okot vagy okokat szisztematikusan, a szokásos mérési adatok elemzésével, esetleg további paraméterek (például nyersvíz zavarossága, abszorbanciája stb.) mérésével kell kideríteni, és ezek alapján kell a derítő normál működését helyreállítani.

Ha a derítés, illetve koaguláció a szerves anyagok eltávolítására (is) irányul, az üzemellenőrzés során releváns paraméter például a TOC. Ez esetben a víz lúgossága is – ami a TOC-eltávolítást is lényegesen befolyásolja [3] – vizsgálandó paraméter.

5.4. Lassú szűrés

Az első lassúszűrők csaknem kétszáz évvel ezelőtt épültek. Technológiai szempontból a lassú szűréssel a természetben szemcsés közegen át történő szűrést utánozták le. A szűrési sebesség ennek megfelelően <0,5 m/h. A szűrőanyag homok, finomhomok, amelyek alkalmasak a finom lebegőanyagok kiszűrésére, sőt a szűrés a kor technikai színvonalának megfelelően a közegészségügyi biztonságot is jelentősen növelte, bár abban az időben ezt legfeljebb tapasztalati úton észlelték, mivel a mikroorganizmusok fogalma sem létezett, miként kimutatásukra sem voltak eszközök, módszerek.

A kis szűrési sebesség miatt a lassúszűrők létesítésére nagy területet kellett igénybe venni. Ennek ellenére a lassúszűrők kifejezetten a nagyváros vízkezelő létesítményei lettek, aminek oka a szimpla műtárgykialakítás és a szűrők kézi üzemeltetésének egyszerűsége. Mára ezek

az előnyök eltűntek, a földárak miatt a beruházást versenyképtelenné teszik, a szűrők üzemeltetéséhez már ötven-száz évvel ezelőtt is gépeket kellett alkalmazni. Továbbá egyéb vízkezelési technológiákkal kisebb kubatúrákban lehet hasonló vagy jobb hatásfokú technológiákat megvalósítani.

A lassúszűrők nagy alapterületű, általában nyitott szűrőegységek. A szűrőréteg vastagsága, 8–1,2 m közötti, felette a vízborítás 0,5–0,8 m körüli. A szűrt vizet a homokréteg alatt homokkavics rétegbe fektetett drénvezeték-hálózat gyűjti össze. A szűrt víz kivezetésénél az állandó vízborítást vízszinttartó állványcsővel szokták megoldani.

A homokréteg felső néhány centiméter vastagságú rétegében nemcsak a konvencionális fizikai szűrési mechanizmusok érvényesülnek, de a hőmérsékleti és fényviszonyoktól nagymértékben függő komplex kémiai-biokémiai folyamatok is lezajlanak. A sajátos működési mód miatt a szűrőkre csak alacsony lebegőanyag-tartalmú víz kerülhet. A maguk idejében a lassúszűrőket felszíni vízkivételek mellé telepítették, és a lassúszűrőre vezetés előtt ülepítő (föld)medencéken vezették át a nyersvizet.

A felső néhány cm vastag réteg eltömődésekor, a szűrletminőség leromlásakor a homokréteg tetejét vékonyan lesarabolták. A sarabolást többször meg lehetett ismételni. Az üzemeltetőknek a külső természeti körülmények változása mellett a sarabolások, valamint az eredeti rétegvastagság visszaállításának időzítésével kellett a szűrőben lezajló sajátos bedolgozási folyamatoknak kellő időt hagyni.

5.5. Gyorsszűrők (térfogati szűrők)

A víztisztításban alkalmazott szűrőknél a szürendő víz lefelé áramlik át a tölteten. A kiszűrt lebegőanyagok miatt a szűrő eltömődése fokozatosan bekövetkezik, amitől egyrészt a szűrő hidraulikai ellenállása növekszik, másrészt a lebegőanyag egy része már megjelenhet a szűrletben. Ez utóbbit nevezzük szűrőáttörésnek. A szűrt víz minőségének leromlásakor, illetve a szűrőellenállás túlzott mértékét elérve a szűrőt vissza kell öblíteni. A szűrőüzemnek két fázisa tehát: a szűrési és az öblítési. Az öblítési fázis a víztisztításban alkalmazott szűrőknél időben elkülönül (szemben például a szennyvíztisztításban alkalmazott folyamatos üzemű szűrőktől), azaz a visszaöblítés időtartamára a szűrést le kell állítani. A szűrési és öblítési fázist együttesen szűrési ciklusnak nevezzük.

A gyorsszűrők szerkezeti kialakításuk alapján lehetnek (1) zárt, illetve nyomás alatti gyorsszűrők, amelyeken a víz részben a gravitáció, részben a csővezetéken betáplált víz nyomásának hatására jut át; (2) nyitott gyorsszűrő, amelynek működését a gravitáció biztosítja.

A szűrőágy felépítése alapján egy- és többrétegű szűrőket különböztethetünk meg.

A szűrők üzem módja szerint beszélhetünk egy- és többlépcsős szűrésről.

5.5.1. Szűrőanyagok

Szűrőanyagként leggyakrabban osztályozott, inert szemcsés anyagokat alkalmaznak a vízkezelésben: homokot, kavicsot, hidroantracitot.

A szűrőanyagok másik csoportja a katalitikus hatású, vagy kémiaiilag aktív anyagok, amelyek közül a leggyakrabban alkalmazott anyagok: fermágó, márvány, magnezit, aktív szén, Klino-mangán, GEH, Birm, mangánzőldhomok, Pyrolox stb.

A szűrőanyagok fontos jellemzője a szemcseméret, illetve a szemeloszlás. A szűrőanyag beépítése előtt vizsgálandó a szűrőanyag egyenlőtlenégi együtthatója, amely ne legyen 1,5-nél nagyobb!

5.5.2. A gyorszűrők üzemi jellemzői

A szűrési sebesség szokásos értékei:

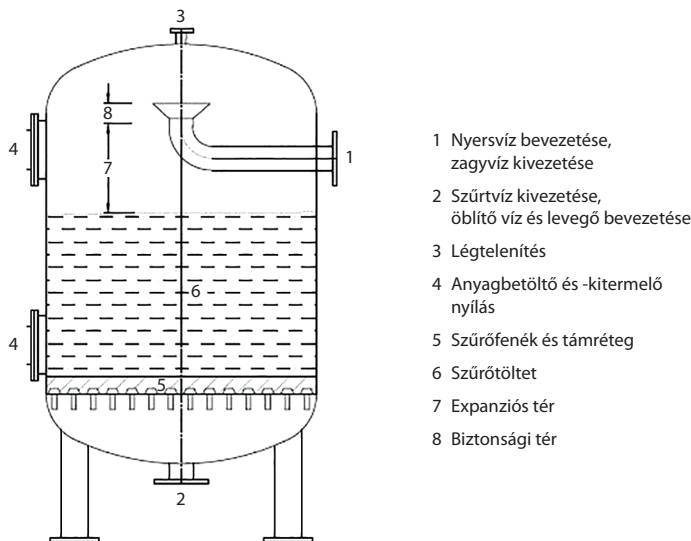
- gravitációs szűrőknél $v_{sz} = 4\text{--}6 \text{ m/h}$
- nyomás alatti szűrőknél $v_{sz} = 8\text{--}12 \text{ m/h}$

Megjegyezzük, hogy vas-, mangántalanítás esetében inkább az alsó szűrési sebesség a kívánatos. Ugyanakkor fürdők vízforgató rendszereinél alkalmazott gyorszűrőknél a felső, esetleg annál némileg nagyobb szűrési sebesség is elfogadható. Nagy teljesítményű szűrés esetén, ha a szűrlet lebegőanyag-minőségével szemben nincsenek magas követelmények, illetve a szűrőre vezetett nyersvíz lebegőanyag-tartalma lehetővé teszi, alkalmazható az ultragyors szűrési tartomány is 20–50 m/h értékek között.

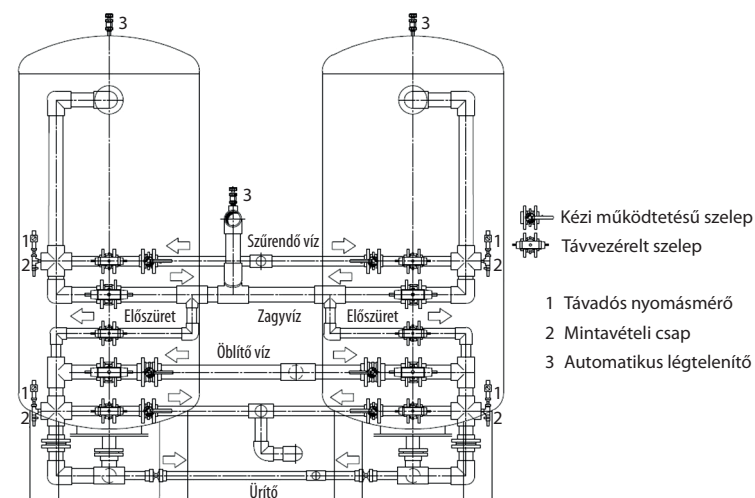
Az elméleti tartózkodási időnek inkább az adszorpciós szűrők, koagulációs szűrők esetében van jelentősége, ahol a kontaktidő fontos üzemi paraméter. Megjegyezzük, hogy koagulációs szűrő esetén a szűrőréteg feletti víztérben való tartózkodási idő is beszámítható a tartózkodási időbe.

5.5.3. Nyomás alatti zárt szűrők

A zárt nyomás alatti szűrők közül a nagy méretűek szénacélból, a kisebb méretűek polietilénből, polipropilénből vagy rozsdamentes acélból készülnek. Gyorszűrők kialakítására, szerelvényezésére példát az 5.8.–5.9. ábrák mutatnak. A szűrők üzemeltetéséhez szükséges egyéb csatlakozásokat (első szűrlet vétel, mintavétel stb.) a vezetékeken szokták kialakítani.

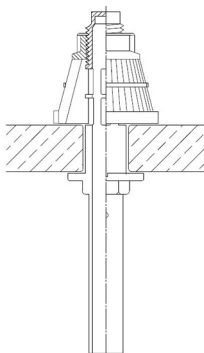


5.8. ábra: Egyrétegű, nyomás alatti gyorszűrő (a szerző szerkesztése)

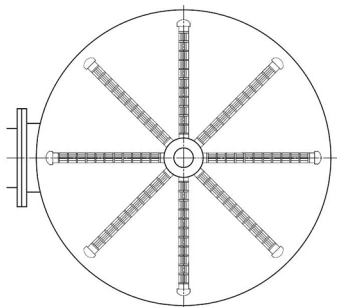


5.9. ábra: Gyorszűrő szerelvényezése [2]

A hagyományos szűrőkonstrukciók szűrőfenékkal készülnek, amely elválasztja a szűrőtöltetet a szűrő alsó részében lévő víztértől. A szűrőfenék perforált vízszintes lemez, acélból vagy műanyagból, szükség esetén merevítésekkel ellátva. A szűrőfenékbe építik be a szűrőfejeket.



5.10. ábra: Szűrőfej [2]



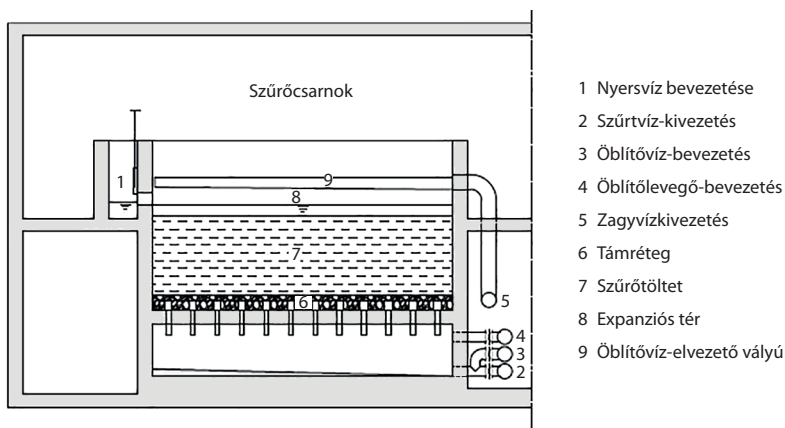
5.11. ábra: Szűrőfenék karos dréncsövekkel [2]

Kisebb átmérőjű szűrőknél elkerülhető a szűrőfenék beépítése, ekkor viszont karos vagy ágas kialakítású szűrőcsöveket alkalmaznak a szűrt víz összegyűjtésére.

A szűrők működtetéséhez szükséges további berendezések, műtárgyak: nyersvízfeladó szivattyú(k), öblítővíz-szivattyú, öblítőlevegő-fúvó, szűrletváltató, amely többnyire az öblítő-víz-tároló is.

5.5.4. Nyitott gyorsszűrők

A nyitott szűrők vasbeton műtárgyak, amelyek állandó vagy változó szintűek. Állandó szintű szűrők esetében a szűrő üzeme alatti ellenállás-növekedést a szűrő utáni ellenállás (többnyire szelep) csökkentésével kell kompenzálni. Változó szintű szűrők esetében az ellenállás-növekedés miatt a szűrő feletti vízszint emelkedik. Mivel az emelkedő vízszint miatt magasabb szűrőt kell építeni, inkább az állandó szintű szűrők terjedtek el. Szerkezetileg a szűrők vasbeton műtárgyak, amelyeket a vízminőség védelme érdekében, és egyéb szerkezeti előnyök (csőpince, kezelőtér stb. kialakítása) miatt mindig épületben helyeznek el. A víz be- és az öblítővíz elvezetésére többnyire nyílt csatorna szolgál. A szűrőfenék vasbeton, amelybe nagy méretű szűrőfejeket építenek be, vagy a fenéken speciális drénelemeket helyeznek el. A szűrőfenék alól csővezetékekkel vezetik el a szűrt vizet, illetve csővezetéken táplálják be az öblítővizet, illetve öblítőlevegőt.



5.12. ábra: Nyitott gyorsszűrő (a szerző szerkesztése)

5.5.5. Koagulációs szűrők

Koagulációs szűrésnél a pelyhesítés után – az ülepitési fázist kihagyva – a vizet közvetlenül a gyorsszűrőre vezetjük. A szűrő előtti vegyszer közvetlenül a csővezetékbe adagolható. A vegyszerbekeverést követően nem alkalmaznak dedikált pelyhesítőt, flokkulátort, a pelyhesedés a csővezetékben, illetve a szűrőközegben megy végbe. A koagulációs (direkt) szűréssel kis lebegőanyag-tartalmú nyersvizek esetében jó tisztítási hatások érhető el, nagy lebegőanyag-tartalmú vizek esetén a gyorsszűrő eltömődés miatt a szűrtvíz-kihozatal kedvezőtlenül alakulhat. Derítőszerként elsősorban a segédderítőszerek jönnek szóba. Koagulációs szűrőként gyakran

többrétegű szűrő alkalmazandó, ahol a felső réteg durva szemcséjű, az alatta lévő réteg pedig finom szemcséjű. Ennél a szűrési technológiánál különösen fontos a hatékony öblítés, ezért a vízöblítés mellett légöblítést is beterveznek.

5.5.6. Adszorpciós szűrés, GAC- (*Granulated Activated Carbon*) szűrés

A granulált aktív szenet íz- és szagrontó anyagok, fertőtlenítési melléktermékek eltávolításra gyorszűrőkben alkalmazzuk, ahol nem a szűrési sebesség lesz a döntő, hanem a tartózkodási idő. A szűrőanyag adszorpciós tulajdonságainak megőrzése érdekében a szűrő lebegőanyagokkal nem terhelhető, ezért előtte külön szűrő fokozatot alkalmaznak a lebegőanyagok eltávolításához.

Szerkezetileg a szűrők kialakítása megegyezik a szokásos szűrő konstrukciókkal, de visszaöblítéskor a gyorszűrőknél szokásosan alkalmazotthoz képest kisebb öblítési sebesség alkalmazható, aminek célja nem a kimerült aktív szén adszorpciós képességének helyreállítása, hanem a szűrőanyag fellazítása, a bejutó kisebb mennyiségű lebegőanyag kiöblítése. Az aktív-szén-szűrők egyrétegű szűrők. Az aktív-szén-adszorberek soros kapcsolásával az aktív-szén-szűrő adszorpciós kapacitása jobban kihasználható, jobb minőségű víz nyerhető. Ez esetben a szűrletminőség romlásakor az első szűrőben cserélik ki a töltetet, és a két szűrő fordított sorrendben üzemel tovább.

Az aktív szenet kimerülésekor ki kell cserélni. A kimerült aktív szén égetéssel megsemmisíthető. A granulált aktív-szén regenerálható, de ez anyagvesztéssel jár, a regenerált anyag adszorpciós képessége gyengébb lehet. A regenerálás legfeljebb nagy kapacitású vízműveknél lehet gazdaságos.

5.5.7. Szűrők öblítése

A szűrők eltömődésével járó nyomásvesztés növekedése, a szűrletminőség romlása, illetve a szűrőáttörés miatt a szűrőket időnként regenerálni kell. A szűrők öblítése ellenáramú, alulról felfelé irányul. Az öblítéshez vizet, esetleg levegőt alkalmaznak. Az öblítéskor a szűrőágy fellazul, lebegő állapotba kerül és kitágul (expandál), ami elősegíti a szemcsék közti lebegőanyagok kiöblítését.

A hatékony öblítés feltétele a kellő mértékű expanzió (kb. 30–40%), amihez kellő öblítési sebességet kell biztosítani.

Vegyes, víz-levegő öblítéskor a levegőöblítés kiegészítő jellegű, és a vízöblítés hatékonyságát javítja.

Az üzemeltetőnek az öblítési módszert, az öblítési programot a tervező irányozza elő, amittől a próbaüzemi tapasztalatok alapján el lehet térni.

Vízöblítés esetén az öblítési időtartama körülbelül 20-25 perc. Közben az öblítés rövidebb időre akár meg is szakítható.

Víz-levegő öblítésre nem alakult ki egységes gyakorlat, egyes helyeken előbb vízöblítéssel, másutt levegős öblítéssel kezdik az öblítési folyamatot. A levegőöblítés időtartamát a tervezők általában 5 percre irányozzák elő. Víz-levegő öblítés során vagy váltakozva levegővel expandáltatják és mobilizálják a töltetet, vízzel pedig a lebegőanyagot öblítik ki a fluidizált töltetből, de lehet egyidőben is alkalmazni a víz- és levegőöblítést. A víz-levegő öblítés szokásos időtartama 10 perc.

A szűrők visszaöblítését vízöblítéssel kell befejezni, amelynek időtartama 5-10 perc az öblítővíz letisztulásának függvényében.

5.5.8. Szűrők üzemeltetése, a szűrés üzemellenőrzése

A lebegőanyag-tartalom csökkentésére irányuló szűrés hatékonyságát legcélszerűbb a zavarosság mérésével ellenőrizni. A mérés lehet folyamatos (nagy vízkezelő létesítményeknél) vagy alkalmasszerű (a vízbiztonsági terv alapján) a kiskapacitású vízkezelő telepeken. A fogyasztónál a zavarosság észlelési határa 3–4 NTU körül van, ezt tehát a szűrt vízben semmiképp ne haladja meg, de ha fertőtlenítésre is szükség van, a zavarosság minél kisebb legyen, lehetőleg ne legyen 0,5 NTU-nál nagyobb. A hazai szabályozás kissé megengedőbb; határérték csak a felszíni víz kezelő műveknél van: 1,0 NTU, más esetekben pedig csak a szokatlan és a fogyasztó számára elfogadhatatlan mértékű változást kell monitorozni.

A szűrők maximálisan megengedett ellenállását elméletileg szűrőberendezés kialakítása determinálja. A minimális szűrőellenállás tiszta (visszaöblített) szűrőnél alakul ki, 1,5 m-es szűrőréteg vastagság esetén kb. 2 m. Nyitott gyorsszűrőknél a szűrőellenállás lehetséges maximumát a szűrőanyag feletti vízborítás és a szűrlet elvezetésének módja együttesen határozza meg.

Nyomás alatti szűrőknél a legnagyobb nyomásvesztéséget a megtápláló rendszer (lényegében tehát a tápláló szivattyú) nyomása, illetve a szűrőtartány, ezen belül a szűrőfenék terhelhetősége, illetve a szűrőtartály nyomásállósága korlátozza. A legnagyobb szűrőellenállás a gyakorlatban kb. 5 m v.o (5 m magas vízoszlop nyomásának megfelelő), de adott esetben lehet nagyobb érték is.

A szűrők üzembe helyezése előtt ellenőrizni kell a töltet és támréteg vastagságát, a töltet és a támréteg szemcseméret-jellemzőit, a töltet térfogatát, a szűrőfejek vagy drénelemek részmeretét és réseltségét (elemenkénti résfelület nagysága mm²-ben).

A szűrő üzemeléskor ellenőrizni kell a szűrési sebességet, a lebegőanyag-terhelést, a tápvezetési és a szűrletoldali nyomást, a nyomásvesztés alakulását a szűrési ciklus elején és végén.

A szűrőüzem gazdaságossági mutatója a szűrési ciklus hossza, az öblítővíz felhasználás, illetve a nyersvíz- és a szűrletmennyiség aránya. Kedvezőnek a 3% alatti érték tekinthető, 5% felett vizsgálandók ennek okai, indokoltsága.

A fontosabb üzemi paraméterek:

- öblítővízhozam;
- öblítési sebesség (víz);
- öblítési idő;
- öblítővíz mennyisége;
- öblítővíz nyomása;
- öblítővíz zavarossága;
- öblítőlevegő hozama;
- légöblítés sebessége;
- öblítőlevegő nyomása;
- öblítési energiaigénye.

A szűrés gazdasági hatékonysági mutatói:

- szűrletkihozatal;
- szűrési idő;
- öblítési energiafajlagos (kWh/m³ szűrlet);
- szennyezőanyag-eltávolítás hatékonysági mutatója (kg eltávolított anyag/töltet m³).

Az adszorpciós szűrők üzemének ellenőrzése az adszorbensre vezetett vízből és a szűrletből vett mintákon elvégzett szokásos vizsgálati paraméterek (KOI_{ps}, UV₂₅₄, TOC, DOC stb.) összehasonlításán alapul. Az aktív szén adszorpciós képessége egyrészt a fenti paraméterek időbeli alakulásából, másrészt az adszorbensből vett minta jódszámából ítéltethető meg.

A homokszűrőket elfertőződés esetén szuperklórozással lehet tisztítani.

5.6. Fertőtlenítés

A vízkezelési gyakorlatban leggyakrabban alkalmazott fertőtlenítési módszerek: klór, klór-dioxid, ózon és UV-besugárzás alkalmazása.

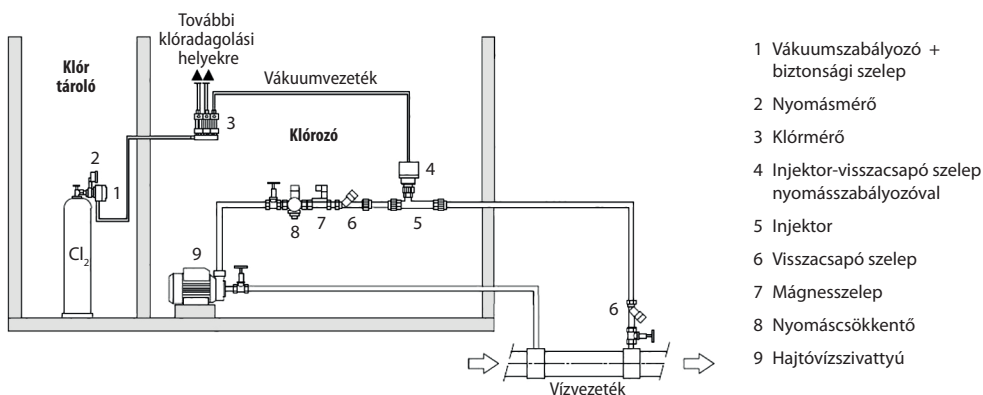
A kémiai fertőtlenítési módszerek alkalmazásának és hatékonyságának alapfeltétele a vízben lévő oxidálható komponensek – különösen a vas és mangán –, valamint a zavarosság technológiailag lehetséges alacsony szintre csökkentése, a megfelelő pH és a vízkezelési technológia végén megfelelő fertőtlenítőszer-maradék kimutathatósága.

5.6.1. Klórozás

Fertőtlenítés klórgázzal

A ma alkalmazott klórgázadagolók szinte kizárólag vákuum alatt működnek. A klórt kizárólag indirekt módon adagolják, azaz a klórgázt a beadagolási hely előtt vízben elnyeletik, és a klóroldat kerül a vízáramba. A klór a klórpalackból vagy klórhordóból vákuumvezetéken jut az injektálási helyre, így klórgáz nem juthat ki a klórvezetékéből. A klórgáztartálytól egy vákuumszabályozó szelepen át kerül a klórgáz a vákuumvezetékbe. Az injektoron hajtóvizet átáramoltatva keletkezik az enyhe vákuum a klórgáz vezetékben. Az injektoron átáramló hajtóvízben elnyelődik a klórgáz. Ez a koncentrált oldat viszonylag stabil, és biztonságosan vezethető a technológia adott pontjára vagy pontjaira elő, közbenső vagy utóklórozás esetén.

A klórozó berendezés további része egy biztonsági szelep és gázmennyiség-szabályozó. A biztonsági szelep a vákuum megszakadásakor lezárja a vákuumszabályozó felé a gázáramlást. A gázmennyiséget tűszelep szabályozza, az átáramló mennyiséget rotaméter méri. A klór-adagolók manuálisan is állíthatók, de hozamról vagy a klórmaradékról, vagy mindkettőről, automatikusan is szabályozhatók.



5.13. ábra: Klórgáz adagoló berendezés [2]

A klórgáz tárolására, adagolására, a klórtároló helyiségek kialakítására, felszerelésére speciális szabályok vonatkoznak.

Fertőtlenítés nátrium-hipoklorittal

A nátrium-hipoklorit (hipó) adagolásához térfogat-kiszorításos szivattyúk (membrán, perisztaltikus stb.) alkalmazhatók. A hipótároló tartályból a maximálisan 9%-os oldatot hígítás nélkül tömlővel juttatják a beadagolási helyre.

5.6.2. Ózonozók

Az ózon bomlékony, ezért a helyszínen kell előállítani. Az ózonozó rendszer fő részei:

- levegő-előkészítés vagy oxigénadagolás;
- ózongenerátor;
- ózonozó reaktor;
- a maradék ózongázt megsemmisítő.

Levegőt alkalmazva az ózonkoncentráció 1–3,5 s%. Tiszta oxigént alkalmazó berendezéseknél az ózonkoncentráció közel kétszer ennyi.

Az ózon előállításához az alacsony hőmérsékletű levegő kedvezőbb, 30 °C-nál magasabb hőmérsékletű levegő nem vezethető az ózonozó berendezés levegő-előkészítő egységébe. A levegő szárítás után jut az ózongenerátorba. Ha oxigénből állítják elő az ózont, az oxigénnek legalább 90%-os tisztaságúnak kell lennie.

Az ózon szokásos koncentrációja 3–6% (a magasabb érték oxigén tápgáznál), de egyes generátorokkal akár 15 w%-os koncentráció is előállítható.

A gázt egyes típusoknál nyomással táplálják az ózongenerátorba. Ez esetben az előállított ózon közvetlenül beadagolható a vízbe nyomás alatt is (általában 2 bar ellennyomásig). Nagyobb ellennyomás esetén nyomásfokozó szivattyú vagy injektor szükséges.

Vákuum rendszerű ózonozóknál a tápgázt a levegőszárítón át nyomásfokozó szivattyúval működtetett injektor szívja be. A vákuumos rendszer üzemeltetése biztonságtechnikailag kedvezőbb.

Az ózon-előállító berendezések működéséhez olajmentes kompresszorra (táplevegőhöz) vagy oxigénpalackra/tartályra van szükség. A generátor hűtéséhez a gyártó által megadott mennyiségű hűtővizet kell biztosítani.

A behatási időt biztosító ózonozó reaktor a kisebb létesítményeknél korrózióálló acél vagy szálerősítésű műanyag tartály, nagyobb létesítményeknél vasbeton medence. Az ózonozó medencéknél a fenék felett elhelyezett, többnyire porózus diffúzorokon át vezetik a vízbe az ózont. A vizet ellenáramban vezetik át az egyes kamrákon. A műtárgy felülről zárt, így a légtérben gyűlnek össze a gázok. A környezetbe kivezetett hulladék levegőben lévő ózont meg kell semmisíteni (például adszorberrel).

5.6.3. Klór-dioxid-adagolók

A klór-dioxidot a szokásos technológiai módszerekkel helyben állítják elő különböző módokon. A klorit/sósavas technológia esetében hígított nátrium-klorit- és sósavoldatból állítják elő a klór-dioxidot. A keletkező klór-dioxidot kisebb kezelendő vízmennyiség esetén a berendezésbe

épített adagoló szivattyúval közvetlenül a vízáramba lehet adagolni. Nagyobb térfogatáram esetén bypass ágán célszerű a klór-dioxidot beadagolni. Mindkét esetben célszerű statikus keverők alkalmazni a bevezetési pont után.

A klór-dioxid annak ellenére, hogy erős, jó fertőtlenítő hatású szer, a néhány negatív mellékhatás miatt, a közegészségügyi hatáság erős korlátozó feltételei miatt mégsem terjedt el Magyarországon.

5.6.4. UV-fertőtlenítők

UV-fertőtlenítéssel a vírusok, baktériumok, protozoák négy nagyságrenddel csökkenthetők [4].

Az UV-fertőtlenítés hatékonysága függ a víz minőségétől (zavarosság, UV_{254}), az UV-sugárzás intenzitásától, az expozíciós időtől és a reaktor kialakítástól.

Az UV-fertőtlenítés hatékonyságához ajánlható vízminőségi paraméterek: $<<5$ NTU zavarosság, $<< 10$ mg/l oldott anyag.

Az UV-lámpák fontos műszaki jellemzői a nyomás (alacsony, középnyomású), a sugárzásintenzitás, az élettartam. Ma korszerűnek az alacsony nyomású, nagy intenzitású lámpákat tartjuk.

Az UV-lámpákat a vízkezelésnél csőbe építik be úgy, hogy a besugárzott vízréteg ne legyen túl vastag. Az UV-lámpák a berendezésben az áramlási iránnyal párhuzamosan helyezkednek el. A csatlakozó csonkok a tengelyre merőlegesen állnak, hogy a lámpákat a csőből tengelyirányban ki lehessen húzni.



5.14. ábra: UV-lámpák beépítése (Wedeco katalógus alapján saját szerkesztés)

A legkisebb megengedett térfogatáramot a gyártók megadják, ezt betartva az UV-sugárzó nem melegszik túl.

A hatékony fertőtlenítéshez megfelelő UV-dózist kell biztosítani (az UV-intenzitás és az expozíciós idő szorzata [$mW.s/cm^2$]). Ugyanakkor a különböző mikroorganizmusok ellenállóképessége adott dózis mellett jelentősen eltérő, továbbá figyelembe kell venni, hogy a besugárzási intenzitás a lámpa élettartama alatt csökken.

A berendezés jóságát többek között a gyártó által garantált üzemóraszám jellemzi, ami alatt az UV-intenzitás a gyártó által garantált érték alá nem csökkenhet.

Az üzemellenőrzéshez nagy telepeknél online UV-mérőket alkalmaznak. A megadott üzemóraszám után a sugárzót a gyártó előírásai szerint ki kell cserélni.

5.7. A fertőtlenítés hatékonyságának és a fertőtlenítési melléktermékek ellenőrzése

A klórozással összefüggésben ellenőrizni kell a fertőtlenítés hatékonyságát, a fertőtlenítési melléktermékek (TTHM) megjelenését, illetve koncentrációját. A fertőtlenítés hatékonyságának ellenőrzése egyrészt a mikrobiológiai/biológia vizsgálatokból (közvetlen ellenőrzés), másrészt a vízkezelő telepről kibocsátott és a fogyasztónál vételezett vízben lévő aktív klór koncentrációjának meghatározásából áll (közvetett ellenőrzés). A közvetett ellenőrzés még egyszerűbb módja a redoxpotenciál monitorozása. Ehhez egyedileg kell meghatározni a hatékony fertőtlenítéshez szükséges redoxpotenciál-szintet (általánosítható érték nincs). A mikrobiológiai vizsgálatok alkalmi jellegűek (a vízbiztonsági terv szerinti gyakoriságúak), az aktív klór mérése akár napi vagy folyamatos is lehet.

A WHO az ivóvíz hatékony fertőtlenítéséhez 30 perc kontakt idő után $\geq 0,5$ mg/L, de legfeljebb 5,0 mg/L klórkonzentrációt tart szükségesnek, a fogyasztónál pedig legalább 0,2 mg/L szabad aktív klór kimutathatóságát [4].

Az ivóvízben maradt klórnak (szabad, aktív) nincs egészségkárosító hatása. Magyarországon klóros fertőtlenítésnél sem a hálózatra bocsátott ivóvíz minimális szintű szabad aktívklórkonzentrációjára nincs előírás, sem a maximálisan megengedhetőre. A klórozás hálózaton belüli hatékonysága érdekében indokolt lehet 0,2 mg/L körüli aktívklór-konzentráció tartása, de a 0,3 mg/L-t lehetőleg ne haladja meg (e felett a fogyasztó már érezhet klóros ízt, és fertőtlenítési melléktermékek keletkezési kockázata is nő).

A kötött aktív klór mennyiségére vonatkozó határértéket (3,0 mg/L) be kell tartani. A THM-ekre a megengedett határérték 50 $\mu\text{g/L}$. Megjegyezzük: a HAA5, PAH-vegyületek mérésére is sor kerülhet indokolt esetben, ezekre a közegészségügyi hatóság írhat elő egyedi határértéket.

Ózont a hálózatra bocsátott víz gyakorlatilag nem tartalmazhat (gyorsan elfogy vagy elbomlik), határérték nincs is rá, viszont a bromát keletkezését (a határérték 10 $\mu\text{g/L}$) ózonozás esetén vizsgálni kell.

Klór-dioxidos kezelés esetén is keletkezhet ivóvízben kifogásolt melléktermék: klorit és klorát. Predomináns a klorát, a betartandó határérték 0,20 mg/L.

5.8. Membránszűrés

A membrántechnológiák közül az ivóvízkezelésben leggyakrabban az ultraszűrőket alkalmazzák. A nanoszűrők és a fordított ozmózis berendezések az ivóvízkezelésnél a keménység csökkentéséhez jönnek szóba, akkor is gyakran csak részáramú üzemmel. Nagyobb a jelentőségük az ipari vizek kezelésénél (lágyítás, sótalanítás, ultratisztaságú vizek előállítása) és a brakk- illetve tengervíz sótalanításakor.

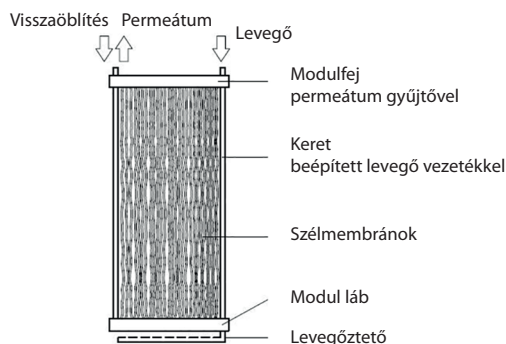
Általános szabály, hogy a membránszűrőkre csak alacsony zavarosságú nyersvíz engedhető. Ezért a membránszűrést többnyire homokszűrés, magas szervesanyag-tartom esetén aktív-szén-szűrés előzi meg. A kis kapacitású (néhány 100 L/h) membránberendezéseket gyárilag mechanikai finomszűrővel szerelve hozzák forgalomba. A nanoszűrők és RO-berendezések előtt nemcsak a zavarosságot kell nulla közeli értékre levinni, hanem az oldottanyag-konzentrációt is megfelelő mértékben csökkenteni kell a membránok védelme érdekében.

A továbbiakban csak a mikro- és ultraszűrőket tárgyaljuk.

5.8.1. Mikro- és ultraszűrők

A vízkezelés hazai gyakorlatában a szálmembránokat preferálják. A szálüreges membránok a működtető erő szempontjából kétfélek: nyomás alatti vagy vákuumos üzeműek. A membránmodulok működéséhez a mikroszűrők esetén kb. 0,5–5 bar, az ultraszűrőknél 0,3–10 bar munkanyomásra van szükség.

Vákuumüzemű membránoknál nyitott tartályba merülő, kazettázott szálmembránokat alkalmaznak. A szálakat függőleges keretmodulokba lazán építik be úgy, hogy a modulfejbe kerül a permeátumgyűjtő vezeték. A kereteket kazettákká építik össze, és ezek merülnek a tartályba. A szálak belsejében a működtető 0,2–0,8 bar vákuumot szivattyús megszívás kelti, a szűrés kintről befelé irányul.



5.15. ábra: Szálmembrán keretmodul [2]

A nyomás alatt működő membránok nyomásálló csőbe vannak beépítve. A működéshez szükséges nyomást szivattyú biztosítja.

A membránok szokásos üzemciklusa 20–60 perc, ami után rövid idejű 30–120 s időtartamú membrántisztítás következik. Idővel a membránöblítés hatékonysága romlik, a kezdeti nyomásvesztéshez képest nagyobb veszteség áll elő, kisebb lesz a szűrletteljesítmény. A folyamat a membrán blokkolódása. A blokkolódás vegyszeres (lúgos/savas) tisztítással csökkenthető.

5.8.2. A membránszűrők üzemeltetése

A membránok eltömődését (fouling, biofouling) a membrán felületén akkumulálódó anyagok (szemcsés és pelyhes anyagok, csapadékok) és mikroorganizmusok okozzák. A berendezések problémamentes működtetéséhez rendszeres vízöblítés és kémiai tisztítás szükséges.

A vas-hidroxidot és a kalcium-karbonát-lerakódásokat híg savakkal (citromsav, higított sósav), a szulfátos lerakódásokat komplexképzők oldatának keringetésével lehet eltávolítani. A biológiai bevonatok eltávolítására lúgos hatású tenzideket alkalmaznak. A kovássavmaradvány meleg lúgos oldat keringetésével vihető oldatba. Az alkalmazható vegyszereket, töménységét a membránberendezés gyártója meg szokta adni.

A membránok tisztítására öt módszer alkalmazható:

- levegőztetés;
- visszaöblítés (backpulse);

- visszaöblítő tisztítás (backwash);
- karbantartó tisztítás (MC Maintenance Cleaning);
- regeneráló tisztítás (RC – Recovery Cleaning).

A levegőztetés a membrántartályoknál alkalmazható tisztítási módszer, amikor a tartály alján befűvott levegő a szálakat mozgásban tartja, és ez mozgás gátolja a lebegőanyagok szálak felületére kirakódását. A levegőztetéshez olajmentes fűvő(ka)t alkalmaznak.

A pulzáló visszaöblítés a membránfelületen lerakódott anyagok vízárammal eltávolítását jelenti. Az öblítéshez tisztítószert is tartalmazó permeátumot használunk. A visszaöblítés 15–30 percenként megy végbe, időtartama többnyire 30–60 másodperc. A viszonylag sűrű ismétlődés miatt automatika végzi vezérelt szerelvények nyitásával és zárásával. Az öblítéshez a vizet külön öblítővíztartályból (amelybe a tisztítószereket is bekeverték) célszerű a membránra feladni.

A viszonylag sűrű tisztítás miatt a membrántisztítást automatika vezérli. A membrán tisztítása után a nyomásvesztése visszaáll a tiszta membránon mért értékre.

A visszaöblítő tisztítás többnyire már órás (1–3 óra) intervallumokban szintén automatikusan lezajló folyamat. Ez esetben egy backpulse öblítéssel alaptisztítás zajlik le, majd a membránt leürítik. A visszaöblítéshez vegyszereket kell alkalmazni (savas/lúgos), megfelelő behatási idő biztosítása mellett. A folyamatot vizes öblítés zárja le, és a membrán szűrőüzembe tér vissza.

A karbantartó tisztítás alkalmasszerű. A backpulse öblítés és a membránok, illetve a membrántartály leürítése után a membránt vegyszerekkel (általában savakkal és hipós szerrel) kezelik több percen időintervallumonkénti backpulse-ciklusokkal. A tartály megtelése után a membránokat adott ideig (10–30 perc) még áztatják. Ezt követően a tartályt/medencét leürítik, tápvízzel feltöltik. A szűrés beindítása utáni első szűrletet itt is hulladék vízként kell elvezetni.

A regeneráló vagy helyreállító tisztítás a karbantartó tisztítástól a vegyszerek koncentrációjában, a ciklus-, illetve az áztatási időkben különbözik.

A karbantartó, regeneráló tisztítások hatásfoka növelhető az áztatási időtől, a közeg hőmérsékletétől függően, ezért gyakran fűtött CIP-berendezéseket alkalmaznak.

A tisztításhoz szükséges szereket, koncentrációkat, tisztítási gyakoriságokat, időintervallumokat a gyártók megadják, az üzemeltetőnek többnyire ezeket kell finomhangolással beállítani.

Amennyiben a membránfelület blokkolódása olyan mértékű, hogy a célzott tisztítás ellenére sem biztosíthatók az üzemi működési paraméterek, a membrán cseréjére van szükség.

Ha a membránberendezést rövidebb időszakra le kell állítani, naponta egyszer, 20–30 percre akkor is be kell indítani. Tartósabb leállás esetén pedig a membránokat savas vízzel és permeátummal át kell öblíteni, és a gyártó előírása szerinti oldattal fel kell tölteni.

A membrán állapotának vizsgálatát a gyártók adott időközökkel előírják (általában évente, félévente). Ez levegős nyomástartás-vizsgálatot, integritásvizsgálatot jelent.

5.8.3. Mérés, szabályozás, üzemgazdasági mutatók

A membránberendezések üzemfelügyeletéhez az alábbi paraméterek folyamatos vagy kvázi folyamatos mérése ajánlott:

- a koncentráció és permeátum mennyisége;
- a tápvíz zavarossága (UV-abszorbanancia);
- a permeátum vezetőképessége;
- nyomás, illetve differenciálynomás a táp- és permeátumoldalon.

A membránberendezések üzemgazdasági mutatója a fajlagos szűrletteljesítmény ($L/m^2 \cdot h$), a kinyerés %-os értéke (recovery), illetve az energiasűrűség (kWh/m^3). Az egységnyi membránfelületre vonatkoztatott fajlagos szűrletkihozatalt a membránra megadott, tervezési alapadatként is használt értékkel lehet összevetni a gazdaságosság megítélése érdekében. A recovery a permeátum/tápvízarány, és alkalmas a nyersvízminőség alakulásának, illetve a membráneltömődés folyamatának követésére.

Ultraszűrők esetében a szokásos kihozatal 90–95%. A 90% alatti kihozatal problémásnak tekinthető, az üzemeltető részéről beavatkozást, többnyire karbantartó membrántisztítást igényel. Nanoszűrés esetén a szokásos kihozatal 60–85%, fordított ozmózis berendezéseknél 40–75%, inkább a felső értékek tekintendők irányadóknak.

A nettó permeátumkihozatal a „folyamatos” üzemben elért átlagos térfogatáram, az időegység alatti nettó permeátummennyiség, azaz a mosóvízmennyiséggel csökkentett permeátumkihozatal (m^3/h , illetve $m^3/m^2 \cdot h$).

Az eltömődési index (Fouling Index) a szűrletkihozatalhoz hasonló mutató.

Az RO-membránok üzemi jóságának fontos mutatója a sótartalom-csökkenés mértéke, aminek közel állandónak kell lennie, illetve némi csökkenés elfogadható. Számításához az SDI (Silt Density Index – sótartalomindex) értékeket kell meghatározni a tápvízre és permeátumra.

5.8.4. Hulladékvizek kezelése

Nagy lebegőanyag-tartalmú öblítővizeket célszerű puffermedencében tárolni, és kiegyenlítés után feladni az öblítővíz-kezelő rendszerre, például üleptőre. A jól üleptett szupernatáns víz-szavezethető az ultraszűrő vagy mikroszűrő membránrendszerre, ami jelentősen csökkentheti az öblítővíz-vesztésget. Az iszapfázis sűríthető és vízteleníthető.

5.9. A vízkezelő rendszer működésének és a hálózatba bocsátott víz minőségének ellenőrzése

A víztisztító rendszer ellenőrzése egyrészt üzemellenőrzési jellegű, másrészt vízminőség-ellenőrzési.

Az üzemellenőrzési vizsgálatok kifejezetten a technológiai rendszer üzemi paramétereinek meghatározására, a vizsgálati eredmények értékelésére irányulnak. Az üzemellenőrzési vizsgálatok alapjai az ivóvízminőségi paraméterek lehetnek, de azon túlmutatnak, és nemcsak vízminőségi jellegűek (például nyomások, vízszállítások, levegőhozam, iszapvizsgálat stb.).

A vízmű üzemeltetőjének feladata az ivóvízbiztonsági terv elkészítése, amelyet a közegészségügyi hatóságnak kell jóváhagynia. Az ivóvízbiztonsági tervben foglaltak teljesülését évente értékelni kell, ha szükséges, a kellő intézkedéseket meg kell tenni. Az ivóvízbiztonsági tervet a jogszabály szerinti rendszerességgel felül kell vizsgálnia saját hatáskörében, illetve meghatározott időközönként a közegészségügyi szervnél felül kell vizsgáltatni.

A vízminőséget egyrészt az üzemeltető, másrészt a közegészségügyi hatóság vizsgálja.

Az üzemeltetőnek az ivóvízbiztonsági terv keretében vizsgálati programot kell készítenie. A vízmű üzemeltetője a vízminőséget az alábbi mintavételi területeken ellenőrzi: a nyersvízminőséget a vízkivételnél; a vízkezelő létesítményen belül, a technológiai működés szempontjából

releváns pontokon; a vízkezelő létesítmény végpontján, a hálózatba táplálás előtt; a hálózaton belül, illetve a fogyasztói csapolóhely(ek)en.

A vizsgálandó paramétereket, vizsgálati gyakoriságokat stb. egyrészt jogszabály határozza meg, másrészt a szakmai standardok, az üzemeltetői igények, a vizsgálati lehetőségek a determináló tényezők.

Fejezetzáró kérdések

1. Sorolja fel a mechanikai előtisztítás technológiai elemeit, szerepét, jellemezze üzemeltetésüket!
2. Mi a gáztalanítás szerepe a vízkezelés során, mikor alkalmazzuk?
3. Sorolja fel a gáztalanítási technológiákat, és jellemezze üzemeltetésüket!
4. Fogalmazza meg az üleptetés és derítés technológiai folyamatok szerepét, sorolja fel az alkalmazott berendezéseket, és jellemezze azokat!
5. Mi a gyors szűrés szerepe a víztisztítás során? Jellemezze az alkalmazott gyorszűrőket és üzemeltetési körülményeit!
6. Sorolja fel a fertőtlenítési eljárásokban alkalmazott berendezéseket, és jellemezze azokat!
7. Ismertesse a membránszűrők típusait és működését az eltávolítandó anyagok szempontjából!

Felhasznált irodalom

1. Török L. A vízkezelés kézikönyve. [Kézirat]. Baja: s. n.; 2010.
2. Török L. Víz és szennyvíztisztító telepek – Vízkezelés. [Kézirat]. Baja: s. n.; 2010.
3. Flynn DJ editor. The Nalco Water Handbook. 3rd ed. s. l.: McGraw-Hill; 2009.
4. Guidelines for Drinking-water Quality. 4th ed. Genf: WHO; 2011.

Ajánlott irodalom

- AWWA. Water Quality and Treatment A Handbook of Community Water Supplies. 5th ed. s. l.: McGraw-Hill; 1999. 1163 p.
- Cheremisinoff NP. Handbook of Water and Wastewater Treatment Technologies. s. l.: Butterworth-Heinemann; 2002. 576 p.
- Grombach P, Haberer K, Merkl G, Trüeb E. Handbuch der Wasserversorgungstechnik. s. l.: Oldenburg Verlag; 2000.
- Hendricks D. Fundamentals of Water Treatment Unit Processes Physical, Chemical, and Biological. s. l.: CRC Press; 2011.
- Hillis P editor. Membrane Technology in Water and Wastewater Treatment. London: Royal Society of Chemistry; 2000. 280 p.
- Mackenzie LD. Water and Wastewater Engineering Design Principles and Practice. New York: McGraw-Hill; 2010.
- 2/1997. (VIII. 29.) KHVM rendelet a termelt és szolgáltatott vizek gázmentesítéséről
- 201/2001. (X. 25.) Korm. rendelet az ivóvíz minőségi követelményeiről és az ellenőrzés rendjéről

- Salamon E. Fertőtlenítőszer mennyiségi vizsgálata vízminőségi modellezéssel Hadmérnök. 2019 14(1):181–191.
- Kökény I, Salamon E. Lab-Scale Experiments In Exhausted Zeolite Filter For Biological Ammonium Removal In: Miroslav TB, Ilija MM, Aleksandar L, Ognjen G editors. Contemporary Achievements In Civilengineering. Beograd: Pressia; 2014. p. 697–702.
- Goda Z, Dalkó I, Tafner K, Salamon E. Aktív klórformák mérésének oktatása metilnarancsot használó módszerrel. In: Galambos I szerkesztő. V. Soós Ernő Nemzetközi Tudományos Konferencia – Víz- és szennyvízkezelés az iparban. Nagykanizsa: Kanizsa Felsőoktatásáért Alapítvány, Pannon Egyetem Mérnöki Kar, Pannon Egyetem Nagykanizsai Kampusz; 2018. p 40–49.
- Salamon E, Karches T. Elektroklórozás alkalmazhatósága mobil vízkezelő rendszerekben. Műszaki Katonai Közlöny. 2018 28(4):147–157.