

MOZGÓÁGYAS BIOFILMES SZENNYVÍZTISZTÍTÁSI TECHNOLÓGIÁK (MBBR)

SAJÁT FEJLESZTÉSŰ MBB BEMUTATÁSA

(készítette: Gazdag Levente)

A mozgóágyas-biofilmes rendszerek (angolul: Moving Bed Biofilm Reactor – MBBR) a biofilmes szennyvíztisztító rendszerek korszerű, nagy hatékonyságú változatai. Mielőtt az MBBR rendszereket bemutatnánk, összefoglaló jelleggel bemutatjuk a tisztítás alapelvét (biofilm), illetőleg a biofilmes rendszerek fejlődését, valamint hogy ezen belül hogyan alakult ki a történelem során ez a kialakítás. **AZ MBBR MINT BIOFILM HORDOZÓ KÖZEG VAN JELEN A VÍZTISZTÍTÓ RENDSZERBEN.**

A BIOFILMES RENDSZEREKRŐL

Jelenleg Magyarországon az eleveniszapos technológia terjedt el a szennyvízkezelésben. A szennyvízkezelés fejlesztésének, intenzifikálásának egy lehetséges iránya a biofilmes rendszerek, illetve az eleveniszapos/biofilmes hibrid rendszerek kialakítása. A mikroorganizmusok immobilizálásának **több előnye** is van; egyrészt javítható a szennyezők konverziója, másrészt jobban szabályozható a biomassza gyarapodása, illetve a kora is. A rendszer stabilabb is, mivel **A BIOFILMBEN RÖGZÜLT MIKROORGANIZMUSOK REZISZTENSEBBEK A TOXIKUS ANYAGOKKAL ÉS A TERHELÉSBEN BEKÖVETKEZETT HIRTELEN VÁLTOZÁSOKKAL SZEMBEN**, mint az eleveniszap mikrobái.

Amíg az eleveniszapban a mikroorganizmusok laza pelyhekben, „flokulumokban” foglalnak helyet, **A BIOFILMBEN A MIKROORGANIZMUSOK EGY TERMÉSZETES VAGY MESTERSÉGES FELÜLETRE TAPADÓ VÉKONY RÉTEGET ALKOTNAK.** Maga a biofilm egy összetett „élő közösség”, melyben baktériumok, algák, illetőleg protozoák is találhatóak. A hártában az említett mikroorganizmusok sejtjei a hordozó felületére tapadnak ki egyfajta ragasztó, az őket körülvevő extracelluláris polimer mátrix segítségével. Ez a mátrix adja a biofilm fő tömegét, alkotói javarészt poliszacharidok, fehérjék, aminosavak és lipidek. Ez felelős a biofilmek mechanikai stabilitásáért, összetétele természetesen függ a mikroorganizmusok fajtájától, a biofilm korától és különböző környezeti tényezőktől, mint pl. pH, hőmérséklet, tápanyag-koncentráció, toxikus anyagok jelenléte stb. Ugyanez az anyag felelős a zuhanyzók, csap lefolyók alatti csőszakaszokban kialakuló – nem túl gusztusos – csúszós nyákok kialakulásáért is (voltaképpen ezek is biofilmek).

A biofilm vastagsága a néhányszor 100 mikrométertől az 1-2 milliméterig terjed, a lassú diffúzió miatt tápanyag-koncentráció gradiens alakul ki (akárcsak egy eleveniszap-pehelyben). A szerves anyag a felsőbb rétegben megkötődik, majd ott hidrolizál, végül a kisebb molekulaméretű származékai diffúzióval juthatnak a mélyebb biofilmrétegekbe, ahol további bomlásuk lezajlik. Az oxigén, az ammónium, és az utóbbiból keletkező nitrát esetében is megfelelő koncentráció gradiens alakul ki a biofilmben, melyben a nitrát tud a legmélyebbre hatolni. A fentiek eredményeként a biofilmben eltérő

környezeti feltételek alakulnak ki a mélység függvényében. Megfelelő mélység esetén a legelső rétegek akár oxigén- ill. nitrátmentesek (tehát anaerobok) is lehetnek. Ennek megfelelően a biofilm különböző rétegeiben nagyon eltérő folyamatok lejátszódásának kedvezőek a környezeti feltételek, így szimultán akár többféle tisztítási folyamat is lejátszódhat (szerves szén eltávolítása, nitrifikáció és denitrifikáció is egyidejűleg!).

A BIOFILMEK ALKALMAZÁSÁNAK AZ ALAPVETŐ CÉLJA A NITRIFIKÁLÓ KAPACITÁS MEGNÖVELÉSE. A tapasztalatok azt mutatják, hogy a fajlagos nitrifikálóképesség, vagy nitrogén eltávolítás a biofilmeknél inkább a felület (biofilmhordozó), mint az azon kialakuló iszaptömeg függvénye. Jól működő biofilmek esetében a 1-2 g/m²d fajlagos nitrifikáló kapacitás is elérhető. Ez persze rögtön átszámolható térfogati teljesítményre is. 200 m² biofilm kialakításával egy köbméter tisztító térfogatban óriási nitrifikációs teljesítmény érhető el. Az eleveniszapos rendszerek átlagos 100 g/m³-es teljesítményével szemben a nitrifikáló biofilm 200 m²/m³ felület biztosítása esetén 200-400 g/m³ nitrogén oxidációra lehet képes. AZ ÁLTALUNK GYÁRTOTT MBBR KÖZEG ESETÉBEN EZ 960 m²/m³ FELÜLET BIZTOSÍTÁSA ESETÉN 900-1900 g/m³/D NITROGÉN OXIDÁCIÓT JELENT. Könnyen belátható, hogy EZ AKÁR MEG IS HÁROMSZOROZHATJA AZ ELEVENISZAPOS RENDSZEREK FAJLAGOS TÉRFOGATI NITRIFIKÁLÓ TELJESÍTMÉNYÉT, ILLETVE HARMADOLHATJA A VÍZKEZELÉS KIMENETI CÉLPARAMÉTEREINEK ELÉRÉSE SZEMPONTJÁBÓL SZÜKSÉGES TÉRFOGATI IGÉNYT.

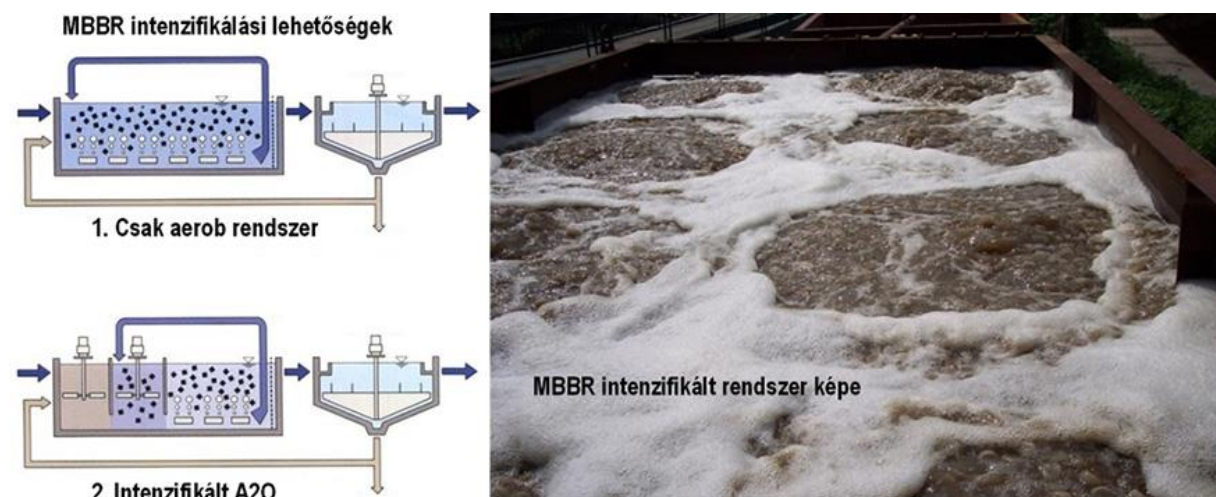
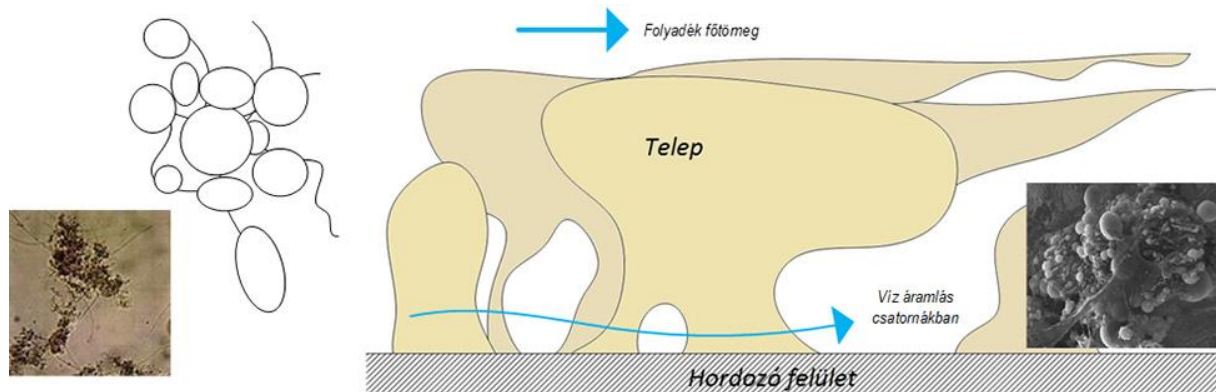
TÖRTÉNELMI HÁTTÉR – A BIOFILMES RENDSZEREK FEJLŐDÉSE

A biofilmes eljárások a legrégebbi szennyvíztisztítási technológiák. Alkalmazásuk kezdetei egészen a XIX. századba, az 1890-es évekbe nyúlnak vissza; ekkor a szennyvíz természetes tisztításán alapuló talajszűrési kísérleteket követően építették meg az első aerob csepegtetőtestes tisztítórendszereket. Az első, publikált kommunális szennyvíztisztító rendszerrel 75%-os hatásfokú szerves anyag-eltávolítást sikerült elérni, a nitrifikációs teljesítményről nincs adat. Az alábbiakban egy korai (1900 körül) vázlatot, illetve egy mai csepegtetőtest kialakítást mutatunk be. A csepegtetőtest esetében a túlszaporodó biológiai hártya az áramlás következtében, magától szakadozik le és kerül a tisztított vízbe. Utóülepítés tehát ez esetben is szükséges, azonban, mivel egy „steady state” üzem során a biofilm vastagsága statisztikusan állandó marad, iszaprecirkulációra nincs szükség. A csepegtetőtest ugyanakkor igen érzékeny a lebegőanyagokra, emiatt az előülepítés itt feltétlenül ajánlott. Emiatt, illetve az üzemeltetés egyéb körülményességei következtében a régi technológiát ma már csak elvétve használják. A csepegtetőtestek hordozóanyaga kezdetben kőzet (pl. bazalt) volt, majd az 1950-es és '60-as évektől kezdődően megjelentek a kisebb fajsúlyú, szabályosan strukturált merev polimer töltetek. A műanyagokból olyan nagy felületű lemezeket, lemezszerkezeteket tudtak előállítani, melyek megfelelően önhordók is voltak. Ezek ugyanúgy felülről locsolhatók voltak, így azokon viszonylag vastag biofilm, biológiai teljesítmény alakulhatott ki anélkül, hogy ezek a töltött térfogatok összeomlottak volna. Érdekes, hogy természetesen ilyenre is volt példa, éppen Magyarországon is. A kiskunfélegyházi lakossági tisztítóban a műanyag töltetű csepegtetőtest lemezeire az oda érkező meleg gypajmosó vízből kiváló lanolin olyan súlyterhelést eredményezett, ami a töltet összeomlását eredményezte. A biofilmes rendszerek egyik korai, műszaki szempontból zseniális megoldása volt a forgó tárcsás biológiai kontaktor (RBC), melyet a 20. század első évtizedeitől kezdtek bevezetni a gyakorlatba. Már akkor szembevetendő volt ugyanis a csepegtetőtestek egyik nagy hátránya, a magas energiafogyasztás. Az RBC-vel ezt az energiaigényt igyekeztek csökkenteni. A tárcsákat kezdetben rétegesen, speciális felületűre kialakítva, faanyagból készítették. A fejlesztés során azután egyéb anyagok, műanyagok is színre léptek. Általában a tárcsa mintegy 50%-át merítették a folyadékfázisba, míg 50% a levegőben volt, ami a rendszer jó levegőztetését biztosította. Folyamatos forgását egy kis teljesítményű villanymotorral biztosíthatták a hordozótengely végénél. Mint a csepegtetőtesteknél, a műanyagipar fejlődésével a műanyagtárcsák váltak általánossá az RBC-k esetében is. A könnyebb súly lehetővé tette a hosszabb tengelyeken történő rögzítést, és ezzel a levegőztető egység hosszának jelentős növelését. Az RBC-k fejlesztése eredményeként az 1960-70-es években kb. 700 ilyen üzem működött Európában és az Egyesült Államokban. Egyidejűleg persze számos üzemeltetési problémájuk is felmerült. A gyakorlatban általában a tervezettnél kisebb lett a tisztításuk mértéke, hatásfoka, sőt igen sokszor túlzott iszap- vagy biofilm akkumuláció is jelentkezett a tárcsák felületén, amely azután a tengelyek töréséhez is vezetett. Hamarosan sok műszaki problémát megoldottak, azonban az egyéb tisztítók párhuzamos fejlődése miatt a forgótárcsás kontaktorok a későbbiekben visszaszorultak a szennyvíztisztítás területén. Az RBC kontaktorok tehát mai szemmel már inkább zsákcáknak tűnnek. Természetesen ezzel párhuzamosan a hordozó nélküli eleveniszapos tisztítók is töretlenül fejlődtek. A tisztítási hatékonyságra vonatkozó előírások szigorodása és a kapacitás növekedése – a csatornarendszer révén egyre több háztartás kapcsolódott be a szennyvíztisztításba – új követelmények merültek fel. A meglévő szennyvíztelepek terhelése és a tisztítási igények növekedtek, így a kapacitások bővítése mellett a meglévő tisztítók intenzifikálása – különösen a nitrifikáció terén – egyre inkább napirendre került. Már az 1940-es években megpróbálták eleveniszapos rendszerekben különböző anyagból készített lemezeket elhelyezni, melyekkel éppen a biofilm mennyiségét próbálták egyre nagyobb részarányúvá tenni a medencében. Ilyenek voltak a különböző vastagságú azbeszt lemezek, faszervezetek, vagy más anyagból készített lemezek. Ezeket a levegőztető vagy eleveniszapos medencében célszerűen függőleges helyzetben rögzítették. Később

természetesen itt is betörték a piacra a polimer kialakítású rögzített hordozók (ezekről a csepegtetőtestek kapcsán már írtunk), sőt az 1980-as évektől fonalas vagy textília rendszerű hordozók is elterjedtek.

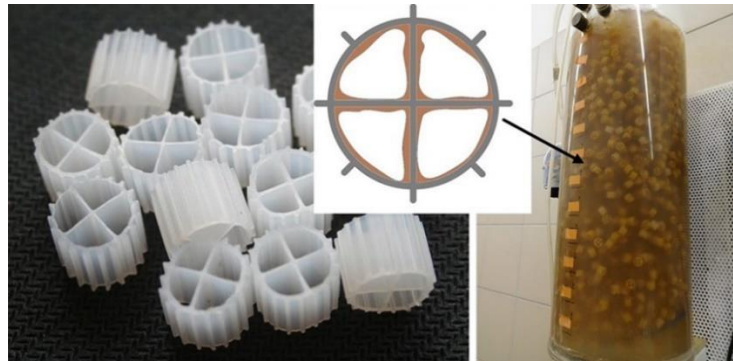
AZ MBBR TECHNOLOGIA MŰKÖDÉSE

Az MBBR technológiában a biofilm hordozó közeg nem fixen helyezkedik el, hanem – vízhez hasonló sűrűsége révén – abban lebeg, illetve az áramlás következtében mozog. Megfelelő méretezéssel és védőráccsal elérhető, hogy a töltet darabkák a biológiai medencében maradjanak, és az utóülepítőbe már ne jussanak ki (legfeljebb a leszakadozó biofilmdarabok). Ilyen módon **MBBR TECHNOLOGIÁVAL EGY MEGLÉVŐ ELEVENISZAPOS RENDSZERBEN AZ ISZAPKONCENTRÁCIÓ MEGNÖVELHETŐ, A RENDSZER TELJESÍTMÉNYE – TERMÉSZETESEN BIZONYOS HATÁROK KÖZÖTT – JAVÍTHATÓ, A RENDSZER INTENZIFIKÁLHATÓ.** Az utóülepítő terhelése ugyanakkor nem növekszik, hiszen a leszakadozó biofilm-darabkák mennyisége csekély, és amúgy is jól ülepedő iszapot alkotnak. Ezzel gyakorlatilag megvalósult a jelen fejezet tárgyát képviselő mozgóágyas biofilmes (MBBR) rendszer koncepciója. Az ilyen alapú intenzifikálás lehetőségeit az alábbi blokk-sémák, illetve kép mutatja be.

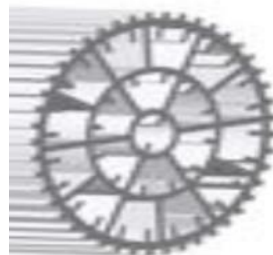


Az MBBR üzemmódú intenzifikált tisztítóban több követelménynek kellett egyszerre megfelelni. A töltet fajsúlya (a megtapadt biomasszával együtt) kissé nehezebb kell, hogy legyen a szennyvíznél, hogy a kevertető rendszer vagy a befűjt levegőáram fel tudja kapni és keringetni őket. Erre a műanyagok a legalkalmasabbak. A töltet lehetőleg kisméretű kell, hogy legyen, de struktúrája tegye lehetővé a folyadék gyors áramlását a belső részekben is, biztosítva a megfelelő anyagtranszportot mind vizes,

mind gázfázis szempontjából. Az is fontos, hogy a kavargó elemek a levegőbuborékok áramlását ne akadályozzák, ez ugyanis az energiaigény megnövekedésével járna. **A BIOFILM HORDOZÓ KIALAKÍTÁSÁNÁL ELŐNYÖS A FELÜLETI ÉRDESSÉG IS. EZZEL RÉSZBEN A FAJLAGOS FELÜLET NÖVELHETŐ MEG, MÁSRÉSZT PEDIG A BIOMASSZA IS SOKKAL JOBBAN FELTAPAD AZ EGYENETLEN FELÜLETRE.**



AZ ÁLTALUNK KIFEJLESZTETT PROFILLAL RENDELKEZŐ MBB TÖLTET A FENTI KÖVETELMÉNYEK MAXIMÁLIS FIGYELEMBEVÉTELÉVEL KERÜLT KIALAKÍTÁSRA, AZ ALÁBBI PROFILLAL, FELÜLETKIALAKÍTÁSSAL RENDELKEZIK:



TECHNIKAI ADATAI:	
MÉRET:	25 MM X 12 MM
ALAPANYAG FAJSÚLY:	0,97 - 0,98 G/CM ³
ALAPANYAG:	ELSŐFELHASZNÁLÁSÚ, TISZTA HDPE
ADAGOLÁSI TÉRFOGATARÁNY:	15 % - 70 %
EGYSÉG DARABSZÁM:	> 145 000 DB/M ³
AKTÍV FELÜLET:	960 M ² /M ³
ÉLETTARTAM:	> 15 ÉV
NITRIFIKÁCIÓS HATÁSFOK:	900-1900 G NH ₄ -N/M ³ /NAP

A kemény, merev műanyag töltetek mellett a másik lehetőség a puha, műanyag habszivacs jellegű struktúra kialakítása, melyek manapság legelterjedtebb változatai a vékony (1-2 mm vastagságú) korongok. Ezzel még nagyobb, akár 2000-3000 m²/m³ fajlagos felület is biztosítható a biofilm számára.



Ezen két főbb típusú biofilm hordozó esetében az MBBR bekerülési költség az adott hordozófelülettel egyenes arányban változik, lényegében a korong alakú közeg 3x felülettel bír, ami 3x bekerülési költségtöbblettel is jár.

A hordozó kialakításán, méretén, anyagán kívül a tervezésnél a töltet mennyisége is fontos szempont. Általánosságban elmondható, hogy az ilyen rendszereknél a medence kb. 1/3-1/2 részét tölti ki a hordozó, míg a maradék a szabad folyadéktér fogat. A hordozó kimosódását szintén meg kell akadályozni, erre a megfelelő pontokon elhelyezett szűrők szolgálnak.

Az MBBR rendszerek sajátosságai

Az MBBR rendszereket meglévő tisztítók intenzifikálása során is kiépíthetik, de mára elterjedtek az eleve ilyen koncepció alapuló technológiák is. A siker oka egyszerűségük és nagyarányú flexibilitásuk, azaz, hogy tisztán MBBR rendszerek is kialakíthatók, de már meglévő eleveniszapos rendszerek is intenzifikálhatók így (pl. hibrid rendszerek kialakításával). Az elárasztott rendszerekhez (csepegtetőtest) képest az MBBR-ben turbulens áramlás alakítható ki, amely a biofilmet tápanyaggal, levegővel jobban átjárttá teszi (kevesebb holtter alakul ki), emellett a film túlvastagodását is megakadályozza (a túlszaporodó, ill. pusztuló biomassza hamarabb, kisebb darabokban, folyamatosan szakad le), így a reaktor visszamosási igénye is sokkal kevésbé jelentkezik. A reaktor elrendezés következtében a hidraulikai ellenállás is lényegesen kisebb, mint a fix filmes rendszereknél.

Az MBBR kialakítás legnagyobb előnye kétségtelenül az, hogy a biomassza a reaktorban marad, annak legfeljebb csak kis része mosódik ki, ami viszont teljes egészében fölösizapként eltávolítható. A recirkuláció tehát gyakorlatilag elhagyható, illetve hibrid rendszerek esetében kisebb recirkulációra van igény (csak az eleveniszapos részre kell számolni), így kisebb utóülepítő tervezhető, illetőleg eleveniszapos rendszer intenzifikálásánál különösebb konstrukciós átalakítás nélkül alkalmazható a meglévő utóülepítő. Sőt, az iszap kisebb mennyisége és szerkezete lehetővé teszi más, új fejlesztésű iszapelválasztási módszerek – pl. külső elválasztó modul tartalmazó membrán bioreaktor – alkalmazását. A lassú kimosódás miatt egyúttal **AZ ÁTLAGOS ISZAPKOR IS MAGASABB, AMI EGYRÉSZT**

A NITRIFIKÁCIÓT IS JÓL BIZTOSÍTTJA (TERMÉSZETESEN MEGFELELŐ LEVEGŐZTETÉS MELLETT), MINDAZONÁLTAL A LASSABBAN BONTHATÓ SZERVES ANYAGOK KONVERZIÓJA IS JAVUL.

AZ MBBR RENDSZEREK MEGFELELŐ REAKTOR KONFIGURÁCIÓ ESETÉN SIKERESEN ALKALMAZHATÓK MIND A SZERVES ANYAG, TEHÁT A BIOLÓGIAI OXIGÉNIGÉNY (BOI), MIND AZ AMMÓNIUM OXIDÁCIÓJÁRA, SŐT A NITRÁT, S VELE EGYÜTT AZ ÖSSZES NITROGÉNTARTALOM ELTÁVOLÍTÁSRA IS. A NEM LEVEGŐZTETETT MOZGÓÁGYAS BIOFILM UGYANIS JÓ HATÁSFOKKAL DENITRIFIKÁL, AMENNYIBEN A DENITRIFIKÁCIÓ ÁLTALÁNOS KÖRÜLMÉNYEI (MAGAS NITRÁTTARTALOM, KÖNNYEN BOMLÓ TÁPANYAG JELENLÉTE) ADOTTAK. BIOFILM JELENLÉTE ESETÉN A MÉLYEBB ISZAPRÉTEGEK HIDROLÍZISE SZINTÉN BIZTOSÍT TÁPANYAGOT A DENITRIFIKÁCIÓHOZ, ÍGY AZ ALACSONYABB KOI/TKN ARÁNY MELLETT IS VÉGBEMEHET.

RENDSZER KONFIGURÁCIÓK

MBBR rendszer többféle konfigurációban is kialakítható, így például az egyenes átfolyású rendszerek kapcsán részletezett és elterjedt A/O vagy A2/O kialakítás is, de akár szakaszos (SBR) üzemű tisztító is. Ezek rendszerint vegyes, hibrid kialakításúak, azaz ötvözik az eleveniszapos tisztítót a biofilmmel. Az anaerob szekciókban nem jellemző az MBBR kialakítás, tekintettel arra, hogy nem múlja felül a hagyományos eleveniszapos rendszert, ezeknek elsősorban az aerob medencékben van létjogosultsága. Aerob rendszerekben a levegőztetésre nem alkalmazhatók rotorok, hiszen az a hordozót tönkretenné. Szintén kevésbé alkalmas a nagyon finom buborékot biztosító membránpaplanok alkalmazása. **KIMONDOTTAN ELŐNYÖS VISZONT A DURVA BUBORÉKOS LEVEGŐZTETÉS, AMIVEL A TURBULENS ÁRAMLÁS ALAKÍTHATÓ KI, AZAZ A LEVEGŐZTETÉSEL EGYÜTTAL A TÖLTETEK MOZGATÁSA IS BIZTOSÍTHATÓ.**

Jól alkalmazhatók az MBBR rendszerek olyan reaktorkaszádokban, ahol elemenként eltérő körülményeket (pl. DO) kell biztosítani. Itt ugyanis – és ez a fő eltérés az egyenes átfolyású rendszerekhez képest – nincs recirkuláció, azaz a hordozók és a biofilm nem kerül egyszer anaerob, egyszer pedig aerob környezetbe. Így az adott körülményekre optimális biofilm alakul ki a hordozókon, amely elvitathatatlan előny az eleveniszapos rendszerekkel szemben, ahol egy iszapelyhen belül különböző mikroorganizmus-konzorciumok egyidejű versengése történik. A biofilmes rendszerek így nagyobb rugalmassággal rendelkeznek, hiszen azokban koncentrált mikroorganizmus tenyészet végezheti el a rendelkezésre álló hidraulikus tartózkodási idő alatt a tisztítást. A szervesanyag-eltávolítás hatásfoka (térfogategységre eső konverzió, időegység alatt) is messze nagyobb, mint a megfelelő eleveniszapos rendszerekben. A biofilmes rendszer kapacitásának az ilyen növekedése a következő tényezőkkel magyarázható:

- a biofilm hordozón viszonylag aktív biomassza alakulhat ki;
- a biofilm vastagságával tömege jelentősen növelhető;
- megfelelő tápanyagellátása a buborékmozgás segítségével növelhető;
- a levegőmozgás, folyadékturbulencia ezt ugyancsak fokozza.

Az ilyen megoldás az egyes reaktorokban vagy tisztító lépcsőkben a tápanyag típusokra jobban specializálódott iszaptömeg kiépülését, kialakulását teszik lehetővé a biofilmhordozón. Így

összességében megállapítható, hogy **AZ MBBR RENDSZEREK ALKALMAZÁSÁVAL REAKTORTÉRFOGATRA VONATKOZÓAN OPTIMÁLIS, JÓ HATÁSFOKÚ TISZTÍTÁS ÉRHEŐ EL.**

A tisztítást illetően mindegyik részegység hatékonysága a következőktől függ:

- a tisztítandó szennyvíz összetétele, amely behatárolja a technológiai lépcsők kialakítását;
- a rendelkezésre álló biológiai medencerendszer megfelelő rekonstrukció vagy intenzifikálás esetében;
- a tisztítástól megkövetelt hatások vagy minőségi igények.

Az egyes tisztítási feladatokra javasolt technológia kiépítéseket az alábbi táblázat tartalmazza:

Tisztítási szempont	Technológia leírása
Széntartalmú anyagok eltávolítása	Egyetlen MBBR egység
	Eleveniszapos egység előtti biofilmes előtisztítás
Nitrifikáció	Egyetlen MBBR egység
	Eleveniszapos egység utáni nitrifikáló biofilm
	Integrált biofilmes/eleveniszapos egység
Nitrogéneltávolítás (denitrifikáció)	MBBR egység elődenitrifikációval
	MBBR egység utódenitrifikációval
	MBBR egység elő-és utódenitrifikációval
	Nitrifikált szennyvíz utódenitrifikációja

A megfelelő mértékű szerves anyag eltávolításához az MBBR rendszerben az eleveniszapos rendszerekhez képest némileg magasabb DO szint szükséges. Ennek oka, hogy a biofilm esetében az oxigén megfelelő diffúziójához megfelelő oldott oxigén szint szükséges, amit még a nitrifikáció nélkül is 2-3 mg/liter értékre ajánlott beállítani. Ez esetben a BOI5 eltávolítás nagy terhelés esetén is végezhető, természetesen, ha nitrifikáció is szükséges, már nem lehet túl nagy BOI5 terheléssel számolni.

A szervesanyag- és a nitrogénterhelés egyensúlyát egy norvég kutatócsoport vizsgálta és elemezte. A terhelést a biofilmes rendszereknél rendszerint felületegységre adják meg, így pl. szervesanyag-terhelés esetén rendszerint g BOI5/m²×nap mértékegységben. Néhány általánosan használható tervezési irányértéket az alábbi táblázatban adunk meg.

Szerves anyag eltávolítás (%)	Szerves anyag terhelés (g BOI5 /m ² ×nap)
Nagy terhelés (75-80 % BOI5 eltávolítás)	>10
Normál terhelés (80-90 % BOI5 eltávolítás)	5-10
Kis terhelésű rendszerek (stabil nitrifikáció)	<5

A választható terhelés mértéke az eltávolítási hatásfokra, illetőleg az üzem során leszakadó biofilmből képződő iszap ülepszépségére is hatással van. Az alábbi ábrák közül a bal oldali a terhelés hatásfokra gyakorolt hatását mutatja be. Megfigyelhető, hogy a terhelés és az eltávolítási sebesség kezdeti lineáris összefüggését követően a további terhelésnövekedéssel a reakciósebesség már egyre kevésbé növelhető. A másik nem elhanyagolható tényező a leszakadó biofilm ülepszépsége, ami a terhelés növekedésével egy viszonylag gyors romlást mutat, így koaguláló-flokkulálószeres adagolására van szükség. A felsorolt két tényezőket jelentik azokat a korábban említett korlátokat, amelyek egy tisztító intenzifikálásának a lehetőségeit is behatárolják.

NITRIFIKÁCIÓ MBBR RENDSZEREKBE

Általánosságban elmondható, hogy a nitrifikáció folyamatát a szervesanyag-terhelés alapvetően befolyásolja. Nagy szervesanyag-terhelés esetén (inkább ipari szennyvizek) a nitrifikáció az autotróf/heterotróf versengés miatt szupresszáva van, mindazonáltal az iszapülepítésnél kiegészítő vegyszerigénnyel is számolni kell. Emiatt nagy terhelésű rendszereknél (>10 g BOI5/m²×nap) elterjedt megoldás két aerob medence alkalmazása. A levegőztetés az első medencében mérsékelt, ami elegendő a BOI5 jelentős részének eltávolításához, a nitrifikáció beindulásához azonban még kevés (DO rendszerint < 1 mg/l). A második medencében már lényegesen nagyobb (pl. 2-3 mg/l) DO szint kerülne beállításra, ami optimális a nitrifikációhoz, emellett a csökkentett szervesanyag-tartalom miatt a heterotrófok már kevésbé zavarják az autotrófokat.

Közepes szervesanyag-terhelés esetén (5-10 g BOI5/m²×nap) már a szervesanyag-eltávolítás mellett történő nitrifikáció is biztosítható még 10 °C körüli hőmérsékleten is. Ennél is kisebb terhelés esetén már gyakorlatilag teljesen stabil nitrifikáció jellemző.

A szervesanyag-terhelés mellett a nitrifikáció sebessége az oxigénszinttől és a hőmérséklettől is erősen függ. Egy jól nitrifikáló rendszerben a nitrifikáció sebessége akár az 1-2 g NH₄-N/m²×nap értéket is elérheti az oxigéntartalom és a hőmérséklet függvényében.

DENITRIFIKÁCIÓ MBBR RENDSZEREKBE

A mozgóágyas biofilmes reaktorok denitrifikációra minden nehézség nélkül alkalmazhatók. Azokat nem kell levegőztetni, sőt a nitrifikált folyadék megfelelő recirkulációjára is szükség van (vagy SBR rendszert kell kiépíteni, szakaszos levegőztetéssel). Egyenes átfolyású rendszerekben a denitrifikáló (anoxikus) reaktorokat célszerű a levegőztetett reaktorok előtt elhelyezni (elődenitrifikáció, amely gyakorlatilag az elterjedt A/O vagy A2O rendszerekben is megtalálható). Az elődenitrifikáló egységben így jó szerves anyag és nitrát ellátás is biztosítható. Jól kiépített elődenitrifikáló egységek 50-70%-os nitrogén eltávolításra képesek. Ehhez nem is kell különösen nagy belső recirkulációs arányt használni. 1:1-3:1 arányig általában elegendő a nitrátos víz recirkulációja. Elődenitrifikációs rendszerekben a denitrifikációs sebesség rendszerint 0,15-1,0 g NO₃--N/m²×nap között változik.

A nitrát eltávolításának másik lehetősége az utódenitrifikáció. Ez a mozgó biofilmes reaktoroknál is megfelelő lehet, akár az eleveniszapos rendszereknél. Azonban itt is megfelelő szerves tápanyag ellátás kell a nitrát oxigénjének az elfogyasztásához, így – mivel ez már elfogyott – ez esetben valamilyen segédanyagot kell használni. A maximális nitráttelátviteli sebesség ilyen esetekben akár a 2 g NO₃-

-N /m²×nap értéket is meghaladhatja. Utódenitrifikációval ráadásul akár 100% nitráteltávolítás is lehetséges, jóllehet a segédanyag-igénye miatt ez a megoldás kevésbé terjedt el.

KISMÉRETŰ MBBR RENDSZERŰ TISZTÍTÓK

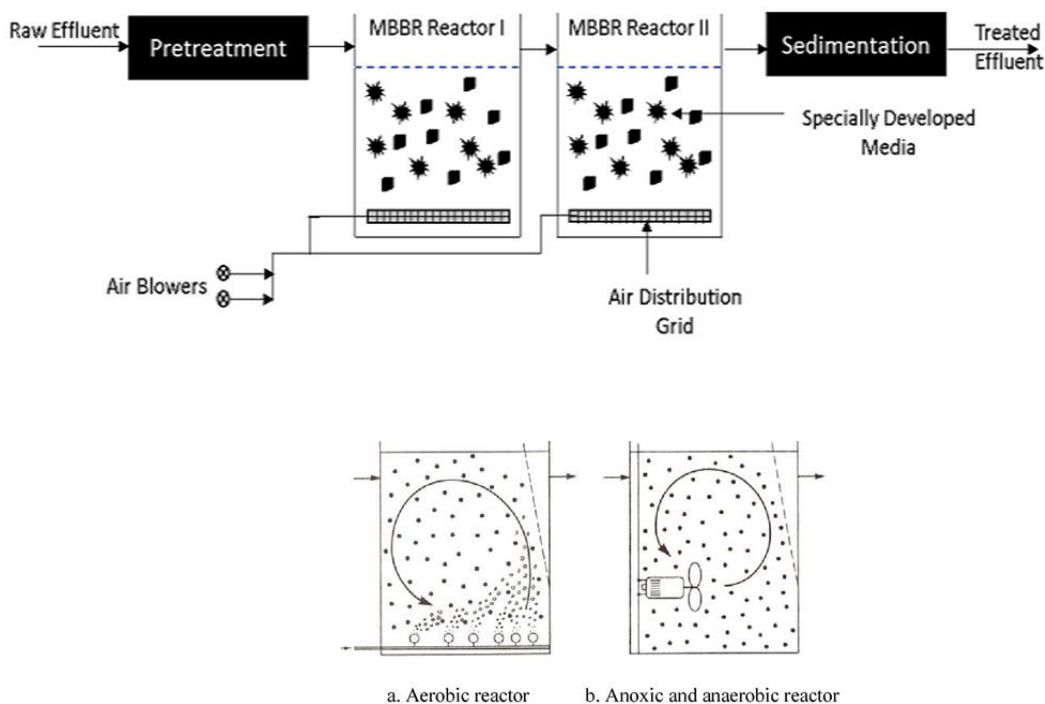
Ahol a nem található (és nem is építhető ki gazdaságosan) szennyvízcsatorna-hálózat – pl. üdülőtelepek, erdészházak, tanyák – a szennyvizet sok helyen ma is emésztőgödrökbe gyűjtik, annak minden gazdasági és környezeti hátrányával együtt. Az elavult „pöcegödrök” alternatívájaként az elmúlt évtizedekben gyors terjedésnek indultak az egyedi szennyvíztisztító rendszerek, ahol a tisztított víz bizonyos korlátok mellett akár öntözésre is felhasználható, szippantásra pedig lényegesen ritkábban van szükség, ami az üzemeltetési költségeket jelentősen csökkenti. Az egyedi kisberendezések (nagy átlagban 4-50 LE kapacitású kistisztítók) legyártva, készen megvásárolhatók, jelenleg Európában már számos gyártó szakosodott ilyenekre.

A kisberendezések az egyszerűségük miatt legtöbb esetben SBR rendszerűek, amelyeknek számos intenzifikált alváltozatát is kifejlesztették az elmúlt egy-két évtizedben, köztük a mozgóágyas biofilmes típusokat is. Ezeket az intenzifikált rendszereket a kistisztítók esetében is főleg töményebb szennyvizek (pl. vendéglátóipari egység elfolyója) tisztítására, vagy kiemelt tisztítási igények esetén javasolják.

MBBR RENDSZER ALKALMAZÁSÁNAK TECHNIKAI ALAPFELTÉTELEI

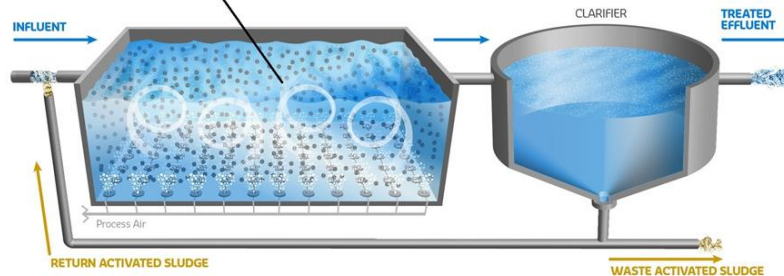
A széles körben használt meglévő eleveniszapos rendszerek is intenzifikálhatók, hatásfokuk MBB töltettel jelentősen növelhető. Ezek az eleveniszapos +MBBR hibrid rendszerek. MBBR kombinálásával, minden egyes m³ MBBR közeg rendszerbe helyezésével 1-2 kg/nap Nitrogén-származék távolítható el. MBBR alkalmazásával a szennyvízkezelés biológiai szűrés spektruma és mennyiségi hatásfoka növelhető. A tisztán MBBR technológiával működő rendszerek számos tervezési sajátosságban eltérnek a hibrid rendszerektől.

Az MBBR rendszerek főbb kialakítási lehetőségei:





Moving Bed Bioreactors (MBBR)



FŐBB MBBR RENDSZERELEMEK AZ ALÁBBIK:

1. Szennyvíz előszűrés megléte
2. Reaktortartály az MBBR közeg fogadásához (pl. betonmedence), mely az MBBR töltet megtartását is biztosítja, közeg reaktor víztérből történő kimosódását megakadályozó kialakítással (befolyó, elfolyó oldali optimalizált rácsvédelem)
3. Durva légbuborékokat képező levegőztetés (reaktormedence alján elhelyezett levegőporlasztással vagy vízárammal kombinált levegőbekeveréssel megvalósítható), célja az MBBR közeg folyamatos mozgásban tartása, a biofilm O_2 -el történő ellátása és a megvastagodott biofilmréteg időszakos leválasztása.
4. Optimumra méretezett légturbina, levegőkompresszor, passzív levegő bejuttatási lehetőségek
5. A rendszer kiegészülhet kompakt keverő, vízámoltató berendezéssel, melyet célszerű térben elszeparálni a biofilter elemektől, közvetlen felületi roncsolódás kivédése céljából.
6. Utószűrő, iszapleválasztó; a biofilterelemek felületéről szakaszosan leváló biofilmréteg lebegő iszapot képez, melyet az MBBR reaktor utáni utószűréssel kell a rendszerből eltávolítani (utóülepítő medence, dobszűrő, flokkulátor, homokszűrő, membránszűrő alkalmazásával)

Meglévő recirkuláció a szennyvízkezelés intenzifikációjának mértékében csökkenthető, teljes MBBR határfok elérése esetén elhagyható.

Egy lehetséges példa a keverőberendezésre:



A felsorolt rendszerelemek általános érvényű elemek az MBBR szennyvízkezelés technológiájának alkalmazásához, a szennyvíztelepek intenzifikálása esetén az egyedi sajátosságok tükrében adott rendszerhez specifikált technológiai kialakítások lehetnek szükségesek.