

MEMBRÁNTECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA A VERESEGYHÁZI SZENNYVÍZ- TISZTÍTÓ TELEP REKONSTRUKCIÓJA SORÁN

PRÓKAI PÉTER

Duna Menti Regionális Vízmű Zrt.

Veresegyházon 2012-ben kezdődött el a szennyvíztisztító rekonstrukciója, melynek során a beruházó önkormányzatok a membrántechnológiával kiegészített szennyvíztisztítás mellett döntöttek.

Veresegyházon 1986-ban 3.000 m³/nap kapacitású szennyvíztisztító telep épült Erdőkertes, Szada és Veresegyház települések szennyvizének tisztítására az érintet települések önkormányzatainak beruházásában. A felsorolt települések dinamikus fejlődésük miatt – lakó- és ipari parkok létesültek, új településrészek alakultak ki és a lakosságszám is jelentősen megnőtt – gyorsan „kinőtték” szennyvíztelepüket. A szennyvíztisztító sokszor túlterhelten üzemelt,

ezáltal a tisztítási hatások romlott. A tisztított szennyvíznél minőségi problémák jelentkeztek, illetve a településeken további ingatlanfejlesztésre nem volt lehetőség, ezért 2012-ben elkezdődött a szennyvíztisztító rekonstrukciója.

A technológia kiválasztásánál a tisztított víz minősége volt az elsődleges annak érdekében, hogy a tisztított szennyvíz az eddigi nyárfás öntöző területen történő elszikkasztás helyett élő vízfolyásba vezethető legyen, növelve annak vízhozamát. A tisztított szennyvíz befogadója a Sződ-Rákos-patak, amely Veresegyház belterületén több tavon – az egyiken strand is üzemel – folyik keresztül. Az önkormányzatok – mint beruházók – a fenti kritériumokat teljesíteni tudó szennyvíztisztítási technológiát keresve döntöttek a membrántechnológiával kiegészített szennyvíztisztítás mellett.

A konvencionális eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia felépítése, összehasonlítása a membránszűréssel kiegészített technológiával

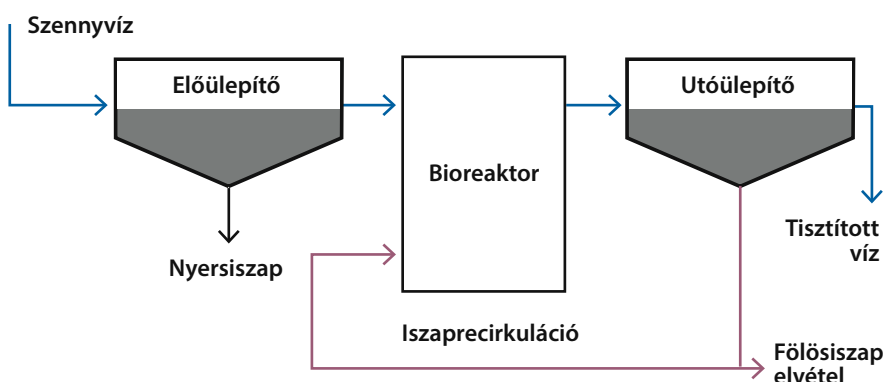
A konvencionális eleven iszapos tisztítótelepeken a szennyvizet először durva vagy finom rácsra vezetik, ami eltávolítja a nagyobb, szilárd szennyeződések, majd a homokfogó műtárgy leválasztja a kisebb átmérőjű, nagyobb sűrűségű szennyeződések (homok, kavics). A szennyvíz ezt követően előülepitőbe kerül (technológiai lehetőség pl. Dorr-ülepitő, vagy hosszanti átfolyású ülepitő), ahol a nem oldott lebegő anyagok nagyrészt kiülepednek. A szennyvíz ezután a bioreaktorokba kerül, ahol az úgynevezett eleveniszap biomassza – egy heterogén mikroorganizmus-szuszpenzió – az oldott szennyezőanyagok elfogyasztásával (megevésével) biológiailag távolítja el a szennyeződések.

A megnövekedett tömegű eleveniszap biomassza és tisztított víz keveréke ezek után az utóülepitőbe kerül, ahol sűrűség alapján gravitációsan választják el a biomasszát a tisztított víztől. Az utóülepitőben kiülepitett iszap egy részét eltávolítják a rendszerből (főlősiszap elvétel), a másik részét recirkuláltatják (visszavezetik) a bioreaktorokba. A membránszűréssel kiegészített eleveniszapos szennyvíztisztítási technológia alapvetően a fázisszétválasztásban – elő- és utóülepitő – különbözik a konvencionális tisztítástól. A hasonlóságokat és különbségeket az 1. táblázat szemlélteti.

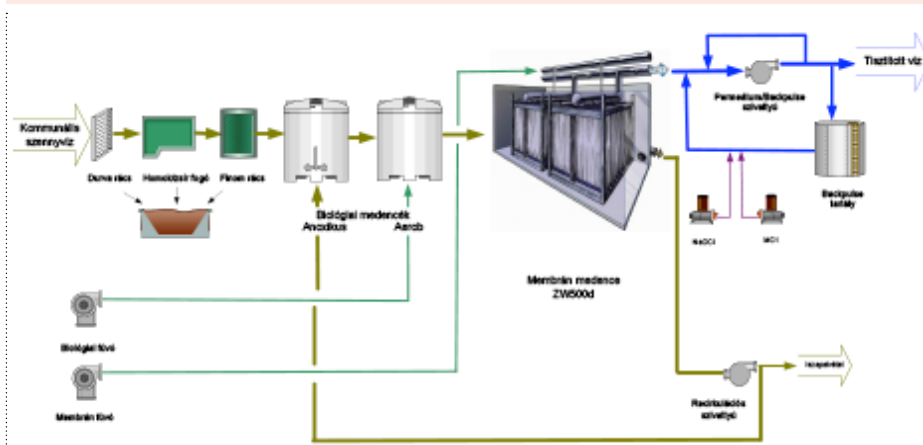
A membrántechnológiánál a gravitációs előülepitő helyett 2 mm-es lyukátmérőjű for-

1. ábra

Konvencionális eleveniszapos tisztítási technológia



2. ábra
Membránszűrővel kiegészített tisztítási technológia



gödobos finomszűrő, illetve gravitációs utóülepitő helyett membrán ultraszűrő került beépítésre.

Miért jó ez a megoldás?

A szennyezőanyag eltávolítása az utóülepitőben kialakuló hidrodinamikai viszonyoktól és az eleveniszap ülepedési tulajdonságától függ. A szennyvíztisztító telep hatékonyságát alapvetően az utóülepitő mérete, kialakítása határozza meg, bizonyos hidraulikai terhelés után iszapelúszás történik, különösen a rosszul ülepedő iszapszerkezet esetén. Az iszapelúszás megakadályozását és a lebegő anyagok visszatartását membrán ultraszűrővel hatékonyan meg lehet oldani, ezáltal a szennyvíztelepre beérkező szennyvíz minőségétől és mennyiségétől függetlenül közel állandó elfolyó vízminőséget lehet biztosítani.

A membrántechnológiáról általában

A membrán egy megfelelő porozitású vékony hártya (anyaga általában polimer), amely a két oldalán lévő nyomáskülönbség hatására az anyagok egy részét átterszti (permeátum), másik részét visszatartja (koncentrátum).

A membrántechnológiák osztályozását a 2. táblázat foglalja össze.

A membrántechnológia fontosabb alapfogalmai

Transzmembrán nyomás (TMP): A membrán két oldalán (felületén, illetve a belsejében) lévő nyomáskülönbség, amely a membrán állapotát tükrözi. A TMP függ a membrán eltömődésétől, a szűrési körülményektől, és a (vissza)mosási körülményektől. A TMP akkor megfelelő, ha a működés során sohasem lépi túl a megengedett értéket, a berendezés normál kapacitása mellett.

Permeátum fluxus: Az a vízmennyiség, ami egységnyi idő alatt egységnyi membránfelületen áthalad.

Permeabilitás (áteresztőképesség): A membrán átteresztőképességének (eltömődésének) mérőszáma. Azért fontos, mert a membrán az eltömődéssel egyenes arányban egyre nehezebben képes a megfelelő vízmennyiség átbocsátására (egyre nagyobb „erőt” fejt ki).

Membránok kialakításának lehetőségei

- síkmembránok (párhuzamos, spirális, párnás kialakításban),
- csöves membránok (szűrési nyomás hatására belülről kifelé, illetve vákuummal kívülről befelé).

Elvárások a membránok kialakításával kapcsolatban

- magas szűrési felület/térfogat arány;
 - nyersvíz oldalon nagy turbulencia;
 - elszűrt vízmennyiségre vetített alacsony költség;
 - alacsony előállítási költség;
 - tisztítási lehetőség;
 - modularitás,
- ám az összes feltételt egyszerre nem lehet teljesíteni (pl. turbulencia és alacsony üzemeltetési költség).

A veresegyházi szennyvíztisztító telepen alkalmazott membrán-technológia

A fenti telepen az eleveniszap és a tisztított víz szétválasztása 0,0001 mm-es lyukméretű üreges kapilláris membrán ultraszűrővel történik. A szűrés kívülről a membránocskók belseje felé történik (TMP) 0,2 bar alatti vákuummal. A kialakítás előnye, hogy a szennyvízbe teljesen bemelegített membránocskó belseje csak tiszta vízzel érintkezik, a szennyeződések és a mikroorganizmusok a membránon kívül maradnak.

A szennyvíztelepen négy membránmedence került kialakításra, medencénként 2-2 membránkazettával. A modularitás lehetőségét kihasználva medencénként további 1-1 membránkazetta beépítésének előkészítése megtörtént, amellyel a telep jelenlegi 5000 m³/nap szennyvíztisztítása – négy darab új membránkazetta behelyezésével – napi 7500 m³-re növelhető.

1. táblázat

Membránszűrővel kiegészített szennyvíztisztítás összehasonlítása

	konvencionális szennyvíztisztítás	membránszűrővel kiegészített szennyvíztisztítás
előmechanika	durva rács, homokfogó gravitációs előülepitő	durva rács, homokfogó forgógödobos finomszűrő
biológiai tisztítás	biológiai reaktor	biológiai reaktor
utóülepitő	gravitációs utóülepitő	membrán ultraszűrés

A membrántechnológia alapproblémája a membráneltömődés, amely csökkenti a membránfelületet, csökkenti az átteresztőképességet (permeabilitás) és csökkenti az elszűrt vízmennyiséget. Minden olyan anyag – eleveniszap, lebegőanyag, algák, baktériumok, vízkő –, amely a membrán felületén meg tud tapadni, viszonylag rövid idő alatt (néhány perc) eltömődést okoz, és ennek eltávolítása csak membrántisztítási módszerekkel lehetséges. A gyors eltömődés miatt a membránszűrés – szemben a gravitációs ülepítéssel – nem

2. táblázat
Membrántechnológiák osztályozása

Membrán-technológia	Hajtóerő	Mechanizmus	Szerkezet (pórusméret)	Visszatartott anyag mérete (μm)	Szűrlet	Eltávolítható szennyezőanyagok
Mikroszűrés (MF)	Hidrosztatikus nyomáskülönbség (20-200 kPa)	szűrés	makropórusok (>50 nm)	0,05-2,0	víz, oldott anyagok	lebegőanyagok, zavarosság, egyes baktériumok és vírusok
Ultraszűrés (UF)	Hidrosztatikus nyomáskülönbség (50-1000 kPa)	szűrés	mezopórusok (2-50 nm)	0,005-0,2	víz, kis molekulák	makromolekuláris kolloidok, a legtöbb baktérium, egyes fehérjék
Nanoszűrés (NF)	Hidrosztatikus nyomáskülönbség (600-10 ⁴ kPa), oldékonysági különbség, töltéskülönbség	szűrés, diffúzió	mikropórusok (<2 nm)	0,001-0,01	víz, nagyon kis molekulák, sóoldatok	kisméretű molekulák, vírusok
Fordított ozmózis (RO)	Hidrosztatikus nyomáskülönbség, oldékonysági különbség,	diffúzió	tömör (<2 nm)	0,0001-0,001	víz, nagyon kis molekulák, sóoldatok	nagyon kis molekulák, szín, keménység, szulfátok, nitrát, nátrium, egyéb ionok
Dialízis (D)	Koncentrációs különbség	diffúzió	mezopórusok (2-50 nm)	-	víz, kis molekulák	makromolekulák, kolloidok, a legtöbb baktérium, egyes vírusok, fehérjék
Elektrodialízis (ED)	Elektromos erő, ionméret-, töltés-, töltéssűrűségbeli különbség	ioncsere szelektív membránnal	mikropórusok (<2 nm)	-	víz, sóoldatok	sóionok

lehet folyamatosan végezni. A szűrési ciklusokat membrántisztítási ciklusok követik, amelyek a következők:

Levegőztetés

Alapvető membrántisztítási folyamat a membránmedencék intenzív levegőztetése, amely a kazetták alsó és felső szűrletgyűjtőjébe rögzített membránszalakat mozgásban tartva és egymáshoz súrolva a membránszalak külső részéhez tapadt szennyeződésekeltávolítja. A szűrési ciklus levegőztetés mellett folyik.

Visszamosás

Ilyenkor a szűrés megáll, és a szűrt víz (permeátum) áramlásának iránya megfordul, így a membránszál belsejéből kiáramló víz mossa ki a membrán felületén lévő lyukakat.

Vegyszeres visszamosás

Amennyiben a membrán lyukait szerves vagy szervetlen szennyeződések oly mértékben eltömítették, hogy a tiszta vízzel történő visszamosás már nem eredményes, a visszamosó vízbe szerves anyagok tisztítására hipót, vízkő eltávolítására citromsavat adagolunk.

Regeneráló tisztítás

Amennyiben fenti módszerek eredménytelenek, a membránokat a szakszerviz kiemeli és tisztítja – erre az elmúlt közel egy évben nem volt szükség.

Membrántechnológia üzemeltetése a veresegyházi szennyvíztisztító telepen

Normál üzem (4 membránsor üzemel, a levegőztetés folyamatos):

- soronként 80 m³/óra szűrés (TMP: -0,2 bar),
- a szűrési igény max. 110 m³/órára növelhető (TMP: -0,3 bar),
- maximális TMP-nyomás +/- 0,55 bar, ezt elérve letilt a sor (szerviz!),
- szűrési ciklus: 600 sec szűrés, 55 sec visszamosatás (PC-vezérelt, automatikus folyamat).

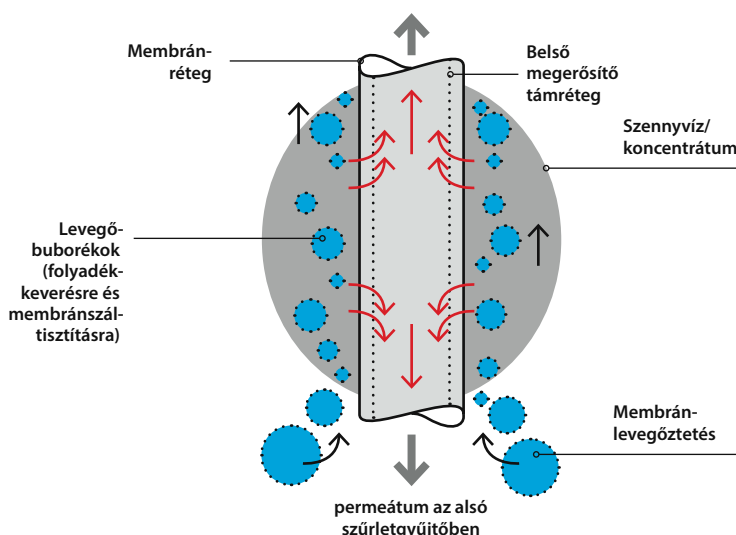
Készletléti állapot:

- ha nincs szűrési igény, zárt zsilipnél 30 percig áll a sor, majd zárt zsilipnél (feltöltött medencénél) 8 percig levegőztet,
- ha nincs szűrési igény, folytatódik a Készletléti állapot,
- szűrési igény esetén folytatódik a Normál üzem állapot.

Karbantartó tisztítás hipóval:

- membránmedencénként heti 1 alkalommal történik a reggeli órákban,
- alkalmazott hipó töménysége 150 g/liter, felhasználás mennyiség 25-30 liter,
- zárt zsilipnél – medenceleürítés nélkül – visszamosatás 9-szer, a visszamosatások között 5 perc áztatási idő,

3. ábra
A membránszál működési vázlatja



- a levegőztetés szakaszos,
- az utolsó áztatás után nyit a zsilip, és igény szerint Normál üzemmél vagy Készletli állapottal folytatódik a ciklus.

Karbantartó tisztítás citromsavval:

- a ciklus ugyanaz, mint a hipó esetében,
- a közel egy év alatt egy alkalommal kellett ilyen beavatkozást végezni.

Veresegyház szennyvíztisztító telep üzemeltetési tapasztalatai

Előnyök

Általánosságban elmondható, hogy a veresegyházi szennyvíztisztító telep fajlagosan mintegy harmadannyi szennyeződést bocsáj ki – köszönhetően az utóülepítés helyett alkalmazott membránszűrésnek –, mint a jól működő hagyományos szennyvíztelep. A tisztított szennyvízben iszapelúszás nincs, lebegőanyag nem kimutatható, a BOI-, KOI-koncentráció alacsony.

Fertőtlenítés nélkül is baktériummentes a tisztított szennyvíz, a beépített UV-fertőtlenítőt csak biztonsági okokból a nyári (fürdési idényben) kell üzemeltetni. Fentiek miatt alacsony környezetterhelési díj várható.

Hátrányok

- magas beruházási költség,
- az üzemeltetési költségek – elsősorban az elektromos energia – jelentősen megnőtt,
- a telep előmechanikai tisztítás nélkül nyers szennyvizet nem tud fogadni, illetve a membrántechnológia hibája miatt tisztított szennyvizet nem tud kibocsájtani, elektromos energia hiányában az egész telep leáll,

4. ábra
A membránkazetta kialakítása



Veresegyház szennyvíztelep membrán medence a membrán kazetták kiemelését biztosító portáldaruval

- amortizációs és szervizköltségekről csak becslések vannak, a membránok várható „élettartama” csak becslült (kb. 10 év), gyakorlati tapasztalatok nincsenek.

A Veresegyház szennyvíztelepen üzemelő membránszűréssel kiegészített szennyvíztisztítási technológia Magyarországon és Európában is csak néhány éve működik, ezért üzemeltetési tapasztalatok alapján készített pontos gazdasági számítások még nem állnak rendelkezésünkre.

A mérleg egyik serpenyőjében kimutatható egy nagyon jól megtisztított, újra felhasználható szennyvíz és minimalizált környezetterhelés, a másikkban egy jelentős beruházási és üzemel-

tetési többletköltség, továbbá a membránok élettartamával kapcsolatos bizonytalanság.

Csak az elkövetkező évek-évtizedek üzemeltetési tapasztalatai, továbbá a membrángyártás költségeinek várható további csökkenése, a víz- és környezetterhelési díjak alakulása együttesen adják meg a választ arra a kérdésre, hogy érdemes-e a szennyvíztisztításban általánossá tenni a membrántechnológia alkalmazását.

Felhasznált irodalom

Szabó Anita: Membrán bioreaktorok c. e.;

Paksi János-Serény József: Veresegyház szennyvíztisztító telep, membrántechnológia általános oktatás.

3. táblázat
Veresegyház Szennyvíztisztító Telep laboreredményei

2013	napok	hőm. (°C)		DO (mg/l)			szárazanyag (g/l)			KOI _k (mg/l)			ammónium-N (mg/l)				
		aerob med.	aerob med. 1.	aerob med. 2.	aerob med. 1.	aerob med. 2.	É	előmechanika után	T	É	előmechanika után	T					
Április	24	16,3	3,48	2,56	10,3	10,4	667	875	28,5	63,9	69,6	0,043					
nitrit-ion (mg/l)	T	É	nitrátion (mg/l)		össz.N. (mg/l)		PO ₄ ³⁻ -P (mg/l)		pH								
			előmechanika után	T	É	T	É	előmechanika után	T	É	előmechanika után	előmechanika után	T				
0,088		2,15		14,60	93,5	6,1	8,94	10,10	0,356	7,69	7,49					7,86	

ÚJABB MÉRFÖLDKŐ FEJLESZTÉSEINK ÚTJÁN... FLYGT EXPERIOR™

Eljött a szennyvíz-szivattyúzás új korszaka! A mérnöki kiválóságot és a felfedező-szellemet egyesítettük a vággyal, hogy megfelelhessünk az Ön legkivételesebb igényeinek is.

Ez vezérelte fejlesztésünket, melynek eredménye a Flygt Experior, ami egységbe foglalja az N hidraulikát, annak adaptív N-járókerekét, a prémium hatásfokú motorok, valamint a legújabb SmartRun intelligens vezérlés előnyeit.

Flygt Experior™
Inspired by you. Engineered by us.

**Xylem Water Solutions
Magyarország Kft.**

2045 Törökbálint, Tópark u. 9.
Tel.: 23/445-700
E-mail: xylem.kft@xyleminc.com
www.xylemwatersolutions.com/hu