

GYÓGYSZERIPARI SZENNYVÍZ KEZELÉSE MEMBRÁN-BIOREAKTOR (MBR) TECHNOLOGIÁVAL

ROLAND KLAUDIA,
UTB ENVIROTEC ZRT.

SZABÓ ANDRÁS,
UTB ENVIROTEC ZRT.

1. BEVEZETÉS

Vajon mennyiben különbözik egy ipari szennyvíz egy kommunális szennyvíztől? Erre a kérdésre a válasz igen összetett lehet, hiszen nemcsak azt kell figyelembe venni, hogy nem egy hétköznapi kommunális szennyvízről beszélünk, hanem meg kell vizsgálni a szóban forgó ipar jellemző szennyezőanyagait és azok mértékét.

Jelen cikkünkben egy gyógyszeralapanyag-gyár szennyvizének tisztításáról írunk, mely egyértelműen magasabb koncentrációban és más jellegű szennyezőanyagokat is tartalmaz, mint a kommunális szennyvizek. Az alapanyag-gyártásban használt nagy mennyiségű szerves anyagok a keletkező szennyvízben magas, átlagosan 8 000 - 12 000 mg/l-es KOI értéket produkálnak. Emellett a szennyvíz pH értéke is rendkívül szélsőséges tartományban (2-12 között) mozog, ezért a tisztítási technológiát úgy kellett kialakítani, hogy ezeket az értékeket megfelelően tudja kezelni, vagyis a biológiai tisztítás fenntartható maradjon. Esetünkben a gyógyszeralapanyag-gyár szennyvize a tisztítást követően

a közcsonnába kerül bevezetésre, ám ehhez biztosítani szükséges az érvényben lévő csatornás határértékeknek megfelelő minőségű szennyvizet. Ennek elérésére egy hatékonyan működő szennyvízkezelési technológiát terveztünk és építettünk ki, melynek elsődleges célja a szerves anyag eltávolítása.

A szennyvíz tisztítása kiegyenlítésből, semlegesítésből, rácsszűrésből és két technológiai lépcsőben megvalósuló eleveniszapos biológiai tisztításból áll, amelyet membránszűréssel megvalósuló iszap-szennyvíz fázisszétválasztás követ.

2. A SZENNYVÍZTISZTÍTÓ TELEP KIALAKÍTÁSA

Az ipari szennyvíz előtisztító telep az alábbi főbb egységekből áll:

- levegőztetett kiegyenlítő medence
- pH beállítás
- dobszűrő

- előlevegőztető medence
- membrán bioreaktor (MBR) technológia:
 - o MBR medence
 - o membrán ultraszűrő rendszer
- gépi iszapsűrítő

Kiegyenlítő medence

A gyárból a nyers szennyvíz a kör alaprajzú, belül vegyszerálló polipropilén bevonattal ellátott, nyitott kiegyenlítő medencébe érkezik, mely biztosítja a biológiai tisztításra feladott szennyvíz homogenitását többek között a szervesanyag-terhelés, a tápanyagtartalom és pH szempontjából. A medencét közepbuborékos levegőztető rendszerrel szereltük fel, mely megfelelő keverést biztosít és megelőzi a bűzhatással járó anaerob rothadás kialakulását. A medencében szinttávadó és szintkapcsolók is beépítésre kerültek. Alkalmanként habzsgátló adagolása történik a kiegyenlítő medencébe. Habzsgátlóként polipropilén-glikol adagolása történik, mely nem okoz gondot a membrán működtetésében és élettartamában.

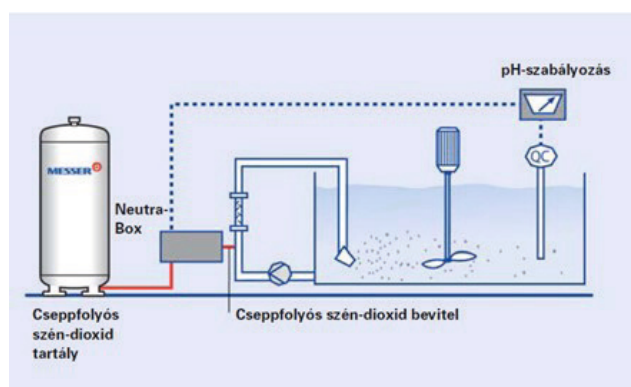
pH beállítás

A pH állítása kétlépcsős folyamat, az első lépcsőben a kiegyenlítő medence után, második lépcsőben pedig a semlegesítő tartályokba történhet a vegyszerek adagolása.

A kiegyenlítő medencébe online pH mérőt helyeztünk el, amely a medencefal tetőről belógatott, kivehető szondával szerelt. Ennek jeléről, és a medence ürítő szivattyúinak nyomóvezetékén elhelyezett áramlásmérő jeléről szabályozható a sav- és lúgadagolás. A hagyományos savval történő semlegesítés helyett a kiegyenlítő medence után lehetőség van

szén-dioxid adagolásra is a pH csökkentése céljából. A csővezetékbe egy injektor és egy speciális keverőelem került beépítésre. A ki-egyenlítőből a szennyvíz szivattyúzva jut a pH beállító állomásra, ahol a két, sorba kötött pH semlegesítő tartályban a pH utólagos állítására van lehetőség sav-, és lúgadagolás segítségével.

A kialakított szén-dioxid adagolásnak több meghatározó előnye is van a hagyományos savakkal való semlegesítéssel szemben. Amellett, hogy környezetbarát és költséghatékony, hatása függ a pH értéktől, így kizárható a „túlsavazás”, továbbá nincs szükség bonyolult szabályzási rendszerre. Kezelése egyszerű, munkavédelmileg pedig sok szempontból biztonságosabb a hagyományos savadagoló rendszerekhez képest. A szén-dioxid inert gáz, tehát nem okoz korróziós problémát. A gyárból érkező magas sótartalmú szennyvíz miatt további előnye, hogy használata során nem növekszik tovább a szennyvízben a sótartalom. A cseppfolyós CO_2 tartály szintje távolról folyamatosan monitorozott, ezáltal az üzemeltető részéről a teljes újratöltési procedura nem igényel plusz feladatot.



1. ábra. CO_2 adagolás elvi ábra

A kiegyenlítő medencét egy túlfolyó csővel is elláttuk, ezért, ha a szennyvíz havária esetén nem vezethető a biológiai tisztításra, akkor a semlegesítésre szolgáló vegyszerek az itt elfolyó

szennyvízhez is adagolhatók, mivel a túlfolyó a tisztított szennyvíz gravitációs csatornába közvetlenül van bekötve.

Előlevegőztető medence

A semlegesítés után a mechanikai tisztítást egy 0,75 mm-es résméretű dobszűrő berendezés végzi. Ezt követően a szennyvizet szivattyú továbbítja az eleveniszapos biológiai tisztítási fokozatra, mely egy előlevegőztető medencéből és a membrán bioreaktor (MBR) technológiai egységből áll. Az előlevegőztető medence szelektorként és biológiai előtisztítóként funkcionál.

Az előlevegőztető medencében folyamatos levegőztetés mellett az eleveniszap megkezd a szerves anyag bontását, biztosítva ezzel az MBR technológia stabilabb és biztonságosabb működését. Szükség esetén tápanyag adagolása valósul meg. A nitrogénforrásként hozzáadott karbamid adagolása az online ammónium/nitrát mérőműszer jele segítségével történik, a foszforforrásként adagolt foszforsav mennyisége pedig a laboratóriumi mérések alapján kerül beállításra. A műtárgyban a finombuborékos mélylevegőztetést ellátó fúvók frekvenciájának szabályozása a medencébe telepített oldottoxigén-mérő alapján működik.

Membrán bioreaktorok

Az MBR technológia lehetővé teszi a magasabb iszapkoncentráció fenntartását, ezzel a szennyezőanyag hatékonyabb eltávolítását. Az MBR technológiai egység két, párhuzamosan üzemelő, levegőztetett MBR medence és egy membrán ultraszűrő rendszer kombinációjával kialakított rendszer. Az előlevegőztető medencéből a szennyvíz gravitációsan jut a biológiai

tisztítás második fokozatára, vagyis az MBR technológia két, egymással azonos felépítésű medencéjére egy osztóművön keresztül. Alapesetben a két párhuzamosan működő medencét tekintjük normál üzemnek, de megteremtettük a medencék soros üzemének a lehetőségét is.

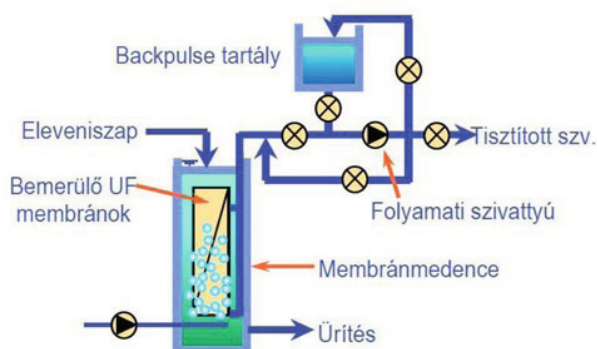
Az MBR medencékbe érkező szennyvizet az osztómű egyenletesen osztja szét a két medence között. Mindkét medencében automata habzsgátló adagoló rendszer van, mely a habszondák jelére indul és áll le. A vegyszeres foszforeltávolításra vassó adagoló rendszert építettünk ki, azonban normál üzem esetén erre nincs szükség, mivel a feladott szennyvíz jellemzően tápanyaghiányos. Szükség esetén az adagolandó vegyszert a vezérelhető szivattyúkkal biztosítjuk. A medencék levegőztetése frekvenciaváltókkal ellátott, oldottoxigén-mérők jele alapján szabályozott fúvókával történik, csakúgy, mint az előlevegőztető medencénél.

A biológiai tisztítási fokozatra a megfelelő iszapkoncentráció megtartása érdekében két iszaprecirkulációs ág került kiépítésre: egy recirkulációs áram az MBR medencék és az előlevegőztető között, egy pedig az MBR medencék és a membrán ultraszűrő rendszer között.

A tisztított szennyvíz és iszap elegyet bűvárszivattyú továbbítja a membrán ultraszűrő rendszerre, ahonnan a membrán által visszatartott iszap gravitációs úton kerül vissza az MBR medencékbe az osztóművön keresztül. A fölös iszapot csigaszivattyúk segítségével vesszük ki a medencékből, melyek felváltva adnak fel a gépi iszapsűrítőre, ahonnan a sűrített iszap gravitációsan továbbjut az iszaptároló műtárgyba. Az iszaptárolóban gyűjtött sűrített iszap tengelyen elszállításra kerül.

Membrán bioreaktorok

A membránkazettákat tartalmazó ultraszűrő egység választja el az eleveniszapot a tisztított szennyvíztől. A membránkazettákban található ultraszűrő modulok visszatartják a lebegőanyagot és a mikroorganizmusokat.



2. ábra.

A biológiailag tisztított szennyvíz az ultraszűrő membránt tartalmazó biológiai részből a membránon keresztül áramlik a permeátum (szűrlet) szivattyú (folyamati szivattyú) szívó hatására. Az ultraszűrés a permeátum szivattyú által létesített vákuum következtében történik kívülről befelé a $0,04\ \mu\text{m}$ névleges pórusméretű membránon keresztül. A permeátum szivattyúk működtetése a bioreaktor szintjének megfelelően történik. Amennyiben a folyadékszint egy alacsony (beállított) szintre csökken, mert csökkent a biológiai rendszerre érkező szennyvízmennyiség, a permeátum szivattyú leáll, készenléti állapotba kerül az ultraszűrő rendszer.

A membránok tisztításához használt visszamosó tartály megtöltése után az ultraszűrők által megsűrűt víz, a visszamosó tartály túlfolyásával kerül kiadásra a rendszerből. A kiadott permeátum a csatornahálózatra került bevezetésre.

A telepen minden sor ismétlődő szűrési ciklusokban üzemel, melynek két fázisa van: a víz permeálása (átszívása) a membránon, valamint egy rövid idejű visszamosás (ellenáramoltatás) vagy relaxáció (áramlás nélküli állapot). A folyamati szivattyú egyszerre szolgál permeátum- és visszamosó szivattyúként, amely visszamosáskor a visszamosó tartályból szívja a vizet.

A membránon átszívott vízben (a membrántartályban lévő levegőztetés és a membránon lévő nyomáscsökkenés következtében) kialakuló magas oldott gázkoncentráció következtében a permeátumból a gázok felszabadulhatnak. A csövekben megjelenő légbuborék a vízáram megszakadását vagy szivattyú kavitációt okozhat, ezért ejektor alkalmazása szükséges a vízben található levegő eltávolításához.



3. ábra.

A membrán felületére lerakódott eleveniszap és egyéb szennyeződések eltávolítására több egymás mellett alkalmazott tisztítási módszert alkalmazunk. A membránokhoz bevezetett levegő nyíróerőt eredményez a membrán felületén, amely a felületi lerakódásokat távolítja el. Az ultraszűrő membránok visszamosására beállított időnként kerül sor (backpulse – BP). A visszaöblítés során az oda-vissza járó permeátum szivattyú (folyamati szivattyú) ellenáramban tisztított vizet nyom vissza a membránokba a visszamosó tartályból (BP tartály). Az ultraszűrés és a visszamosás alatt a membránok alá levegőbefúvás történik, ami a membránszálak felületén leülepedett lebegőanyagok könnyebb eltávolítását teszi lehetővé. A visszamosás történhet vegyszeradagolással (vegyszeres mosás), vagy anélkül. A tisztítás alatt keletkezett hulladékvíz visszavezethető a biológiai medencékbe. Külön ürítő szivattyú szolgál a membrán tartályok leürítésére, tisztítására, karbantartására. A visszamosás teljesen automatikus, kezelőszemélyzetet nem igényel.

Jól szűrhető iszap esetén, amikor a rendszer átlagos kapacitáson üzemel, visszamosás helyett relaxációt lehet alkalmazni. A relaxáció nem más, mint a membránok időszakos pihentetése. Ezalatt az idő alatt a levegőztetés a membránszálakra kifejtett nyíróerő segítségével eltávolítja a felületi lerakódásokat.

Az ultraszűrő membránokat adott időnként karbantartó tisztítás (Maintenance Clean, MC) alá kell vetni. Ennek gyakorisága függ a membrán állapotától. Az MC tisztítás vegyszeres visszamosások sorozatából áll. Minden vegyszeres visszamosó ciklust várakozás (ún. áztatás) követ, hogy a vegyszer kifejtse hatását. A folyamati szivattyú a membránokon

tiszta vizet nyom át ellenáramban, miközben a visszamosó vízbe vegyszeradagolás történik. Vegyszerként szerves sav (citromsav), vagy hipó kerül alkalmazásra. A vegyszerek a folyamati szivattyúk nyomóágába kerülnek beadagolásra, a membránok előtt.

Regeneráló tisztításra (Recovery Cleaning, RC) általában évente egyszer kerül sor. Ehhez szintén az előbbieken említett membrántisztító vegyszerek kerülnek felhasználásra. Regeneráló tisztításkor a membránmedence leürítésre, majd visszatöltésre kerül vegyszeres oldattal, az MC folyamathoz hasonlóan vegyszeres visszamosásokkal. Azután a membránok több óráig áznak a vegyszeres oldatban, mely ezután a biológiai rendszerbe kerül visszavezetésre. A regeneráló tisztítás félig automatizált folyamat, kezelői, illetve szervizes szakember jelenlétet igényel.

A membrán egy fizikai akadály, így a lebegőanyag-tartalom a kezelt vízben nagyon alacsony. A zavarosságmérő-műszer folyamatosan ellenőrzi a kezelt víz tisztaságát. A turbiditás emelkedése membránmeghibásodásra utal.

Iszapsűrítés

A fölösiszap az MBR medencékből a motoros késtolózárral után, frekvenciaváltóval felszerelt csigaszivattyú segítségével jut a gépi iszapsűrítőre. A megfelelő szárazanyag-tartalom (kb. 5%) elérése érdekében a feladott iszaphoz polimer adagolása folyamatosan és automatikusan történik a polimer oldó- és adagoló berendezésből. A polielektrolit adagoló berendezés perisztaltikus szivattyúval rendelkező egység. A sűrített iszap a gépház alatt található iszaptároló medencébe kerül.

A sűrítésből származó csurgalékvíz a dobsűrítő csurgalékvíz vezetékeiből a csurgalékvíz tartályba folyik, ahonnan csigaszivattyúk segítségével jut vissza a biológiai tisztítás elé. A csurgalékvíz tartály szintkapcsolókkal ellátott, a csurgalékvíz szivattyúk szállítási teljesítménye frekvenciaváltozával szabályozott.

Mérőműszerek, automatizálás

A méréstechnikában a legfontosabb szempont a megbízhatóság és a minimális karbantartási igény. A műszerek biztosítják, hogy a technológia automatikusan tudjon működni, a gépek, berendezések szabályozottan, energiatakarékosan legyenek üzemeltethetők. A mérőkörök jeleit a PLC gyűjti és dolgozza fel.

A mérések, melyek alapján a technológia vezérlése történik:

- **pH mérés** a kiegyenlítő medencében, a pH beállító tartály bemenő és kimenő szennyvíz vezetéken,
- **szintmérés** a kiegyenlítő medencében, az iszaptároló medencében, a membrántartályokban, vegyszertartályokban,
- **mennyiségmérés** a nyers és tisztított szennyvíz vezetékeken, a membránrecirkulációs vezetéken, az iszapsűrítő feladó csővezetéken,
- **oldottoxigén-mérés** az előlevegőztető medencében és az MBR műtárgyakban,
- **nyomásmérés** a fúvók utáni levegővezetékeken, a permeátum szivattyúknál,
- **iszapkoncentráció-mérés** az iszaprecirkulációs ágon,
- **zavarosság/turbiditás mérés** a permeátum vezetéken,
- **ammónium/nitrát mérés** a membrántisztítás elfolyó vizéről.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A telepen a próbaüzem alatt, és azt követően is, a tisztított szennyvíz minősége folyamatosan kiváló volt, vagyis többek között a pH, a KOI, a BOI_5 , az összes lebegőanyag, az ammónium-nitrogén, az összes szervesetlen nitrogén,

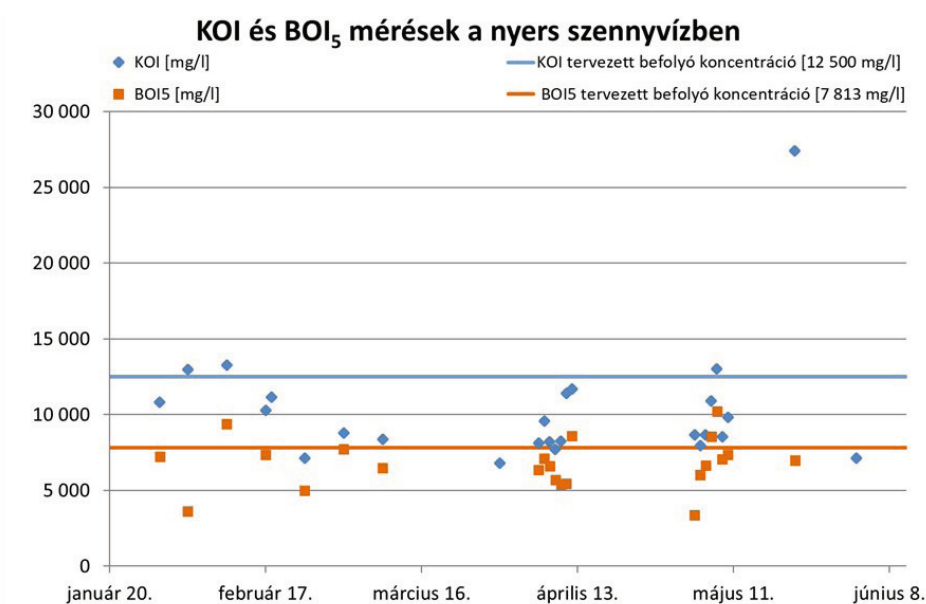
az összes nitrogén, az összes foszfor, a SZOE koncentrációk is kielégítik a határértékeket.

A következő táblázatban a próbaüzemet jellemző adatok láthatóak:

	nyers szennyvíz (mg/l)	tisztított szennyvíz (mg/l)	határérték (mg/l)	eltávolítási hatásfok (%)
KOI	10 064	493	1 000	95
BOI_5	6 746	120	500	98
ammónium-nitrogén	44	1	100	98
összes szervesetlen nitrogén	55	19	120	65
összes nitrogén	127	36	150	72
összes foszfor	12	11	20	9
összes lebegőanyag	263	6	150	98
SZOE	36	2	50	95

4. ábra.

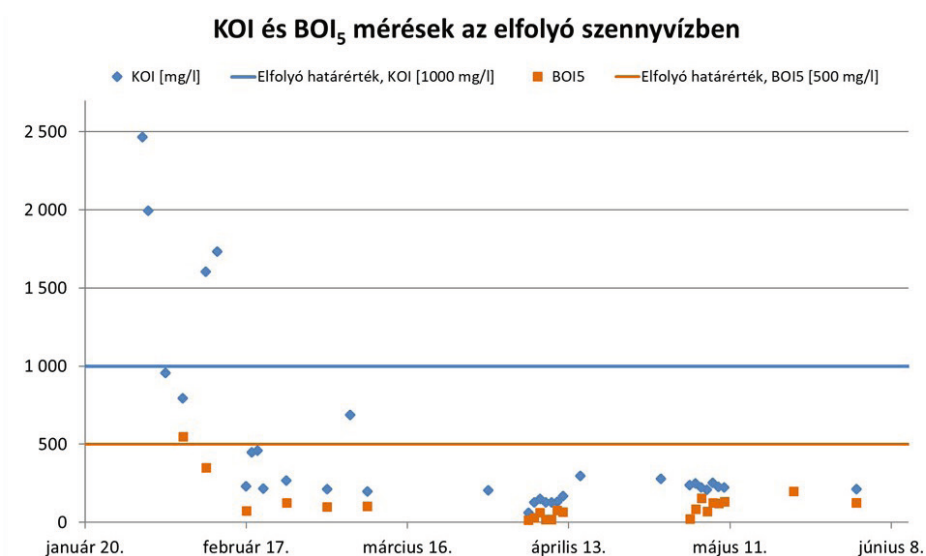
KOI és BOI_5 tekintetében a telep a várt koncentrációban kapta a gyár szennyvizét, néhány magasabb értéket leszámítva, a tervezett érték körüli koncentrációban érkezett a szennyvíz.



5. ábra.

Ahogy az alábbi diagramon is látható, a kialakított technológia teljes mértékben megfelel az elvárásoknak és követelményeknek, kiváló szerves anyag eltávolítást valósít meg. A telep indítását követően rövid időn belül a megfelelő

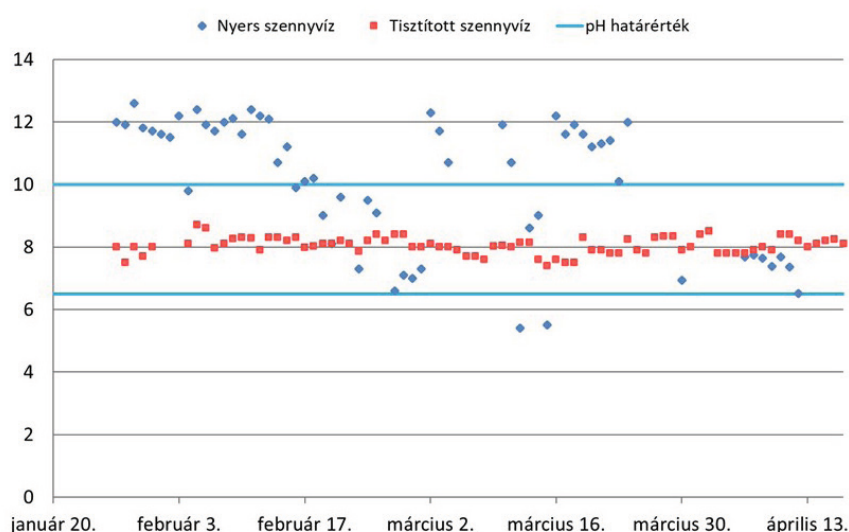
értékre csökkent a tisztított szennyvízben a koncentráció, azt követően, és azóta is a KOI és BOI_5 eredmények folyamatosan, jóval az előírt határérték alatt mozognak.



6. ábra.

A befolyó nyers szennyvízben mért pH értékek nagyon szélsőséges határok között mozognak, gyakran előfordul, hogy meghaladja a tervezett felső értéket (12). A hatékonyan működő pH beállításnak, elsősorban CO₂ adagolásnak köszönhetően, a tisztított szennyvízben folyamatosan a megfelelő tartományba esnek a mért értékek. A szennyvíztisztító telep az elé állított összes elvárásnak megfelel, és hatékonyan teljesíti a határértékeknek megfelelő tisztítást.

pH mérések a befolyó és elfolyó szennyvízben



7. ábra.

SZERZŐ:



Roland Klaudia: Roland Klaudiának hívnak és az UTB Envirotec Zrt.-nél dolgozom próbaüzemi mérnökként. Környezetmérnöki Bsc diplomámat az Óbudai Egyetemen szereztem meg, melynek során a szennyvízkezelés került hozzám a legközelebb, így szerencsésnek mondhatom magam, hogy ebben a szakmában tudtam elhelyezkedni a jelenlegi munkahelyemen. Három éve dolgozom a cégnél, kezdetben marketinggel foglalkoztam, hogy megismerjem a használt technológiákat, majd egy év után kerültem a prómaüzemi mérnök pozíciómba. Szennyvíztisztító telepek beüzemelésével foglalkozom, mely sok izgalmas feladattal jár. Az ország minden táján megfordultam már, így rengeteg szép hellyel is megismerkedhetek munkám során.