



BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM
VEGYÉSZMÉRNÖKI ÉS BIOMÉRNÖKI KAR
OLÁH GYÖRGY DOKTORI ISKOLA

**N és P hiány hatásai,
a glikogénakkumuláló mikroorganizmusok szerepének
újraértelmezése az eleveniszapos szennyvíztisztításban
a bioreaktor elrendezés tükrében**

Tézisfüzet

Szerző: **Lemaire Bernadett**, okleveles biomérnök
(szül.: Kiss Bernadett)

Témavezető: **Dr. Jobbágy Andrea**, c. egyetemi tanár

BME, Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék
Szennyvíztisztítási Biotechnológiák Kutatócsoport

Budapest, 2017. október

1. BEVEZETÉS, CÉLKITŰZÉS

Míg a kommunális szennyvíztisztításban egyre inkább jellemző a szénforráshiányos szennyvíz (*Tardy et al., 2012*), addig a tápanyaghiány (alacsony N és/vagy P elérhetőség) az ipari, különösen az élelmiszeripari szennyvizek jellemzője. A borászati üzemek szennyvize különböző tevékenységekből származhat: többek között a tartályok, a prések, erjesztő kádak, hordók és a padló tisztításából; a vezetékek öblítéséből, illetve a palackozási és a szűrési folyamatokból. A borászati szennyvíz mennyiségét és szennyezőanyag tartalmát jelentősen befolyásolja a bortermelés szezonális jellege (szüret, préselés, erjesztés, szűrés, palackozás) és a készített bor típusa. A szennyvíz mennyisége a termelt bor mennyiségének akár 0,7 – 1,2-szerese is lehet (*Andreottola et al. 2009*), ami ráirányítja a figyelmet a borászati szennyvíztisztítás fontosságára. Az élelmiszeripari, és ezen belül a borászati szennyvizek tisztítására számos technológia létezik, azonban mindmáig a biológiai, elsősorban az un. eleveniszapos tisztítás a nagyüzemben leggyakrabban alkalmazott módszer, mivel ezt tartják a leginkább környezetbarát és költséghatékony megoldásnak, bár a biológiai folyamatok irányítása megfelelő mérnöki szakértelmet igényel.

A tápanyagok - elsősorban a nitrogén és a foszfor - többnyire meghatározó szerepet töltenek be a szennyvíztisztításban, mivel jelenlétük alapvető fontosságú a bakteriális növekedés, szaporodás valamint az energiatranszport folyamatokhoz. A szennyvíztisztító telepekre befolyó víz általában jelentős mennyiségű nitrogént és foszfort tartalmaz. Különösen a nitrogénforrás viszonylagos mennyisége mutat növekvő tendenciát a hazai kommunális telepek befolyójában. Élelmiszeripari szennyvizekben ugyanakkor kevésnek is bizonyulhat. Általánosan elterjedt elképzelés szerint a mikroorganizmusok hatékony működéséhez, ezekre a tápanyagokra a szerves anyag tartalomhoz (ált. KOI - kémiai oxigén igényben vagy BOI₅ - biokémiai oxigén igényben kifejezve) viszonyított optimális arányban van szükség.

Mérsékelt tápanyaghiány a fonalas mikroorganizmusok elszaporodásához vezethet (*Wanner és Jobbágy, 2014*), míg a súlyos tápanyaghiány az extracelluláris poliszacharidok (glikokálix) túltermelődését okozhatja levegőztetett eleveniszapos rendszerekben, ami nyálkás, összetapadó biomasszát eredményez. Ez az un. viszkózus iszappuffadás - ahogyan a fonalások túlszaporodása is, - lerontja az eleveniszap szerkezetét és rossz üleplithetőséghez és elválaszthatóságához vezet (*Jenkins et al., 2004*).

A tápanyaghiány kiküszöbölésének hagyományos módja a külső nitrogén- és/vagy foszforforrás adagolás (*Wanner és Jobbágy, 2014*). Ez a módszer, nemcsak hogy növeli a kezelési költségeket, de az optimális adagolási mennyiség megállapítása is nehézkes, valamint a bejövő szervesanyag terheléshez folyamatosan igazítandó, annak érdekében, hogy mennyisége elegendő legyen. Amennyiben a póttápanyag forrásokat túladagoljuk, akkor a többlet tápanyag elfolyó vízből való eltávolításáról is gondoskodni kell. Az adagolás helyének meghatározása is nagy jelentőséggel bír, mivel a hozzáadott tápanyag az esetlegesen az üleplítés javítása vagy a pH beállítása céljából adagolt vegyszerekkel reakcióba lépve kicsapódhat.

A glikogénakkumuláló mikroorganizmusok (Glycogen Accumulating Organisms, GAO) létezéséről elsőként *Liu et al.* (1996) számolt be kb. két évtizeddel ezelőtt. Megfigyeléseik szerint, ez a mikroorganizmus csoport képes anaerob körülmények között szervesanyag felvételére és tárolására. Noha, korábban azt feltételezték, hogy kizárólag a biológiai többletfoszfor eltávolításért (Enhanced Biological Phosphorus Removal, EBPR) felelős foszforakkumuláló mikroorganizmusok (Phosphorus Accumulating Organisms, PAO) képesek fennmaradni váltakozó anaerob-aerob körülmények között. A PAOk-hoz hasonló metabolizmusuk miatt a GAOk-at tartják felelősnek az EBPR rendszerek teljesítményének leromlásáért, így a tudományos kutatások többsége a glikogénakkumuláló mikroorganizmusok növekedését leghatékonyabban elnyomó módszerek kidolgozására irányul.

Az Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék Szennyvíztisztítási Biotechnológiák Kutatócsoportja nemzetközi viszonylatban is elsőként megfogalmazott és laboratóriumi méretben igazolt egy költséghatékony megoldást a tápanyaghiányos szennyvizek kezelésére. Az új kifejlesztett biológiai többletszén eltávolítási (Enhanced Biological Carbon Removal, EBCR) technológia szerint megfelelő reaktorelrendezés mellett, anaerob szelektor kialakításával a glikogénakkumuláló mikroorganizmusok elszaporíthatók a tápanyaghiányos szennyvizekben, és mivel nagymennyiségű intracelluláris glikogén szintézise által képesek többletszén akkumulálni a sejtjeikben, csökkentik a relatív tápanyaghiányt az oldatban, és így a viszkózus iszappuffadás forrásának mennyiségét (*Jobbágy et al., 2002*).

Doktori tevékenységem ezen új, élelmiszeripari szennyvizek tisztítására kifejlesztett, eljárás elvi alapjainak tisztázására, gyakorlati alkalmazhatóságának megvizsgálására és az ebben esetlegesen felmerülő problémák feltárására irányult, mindemellett annak bizonyítására, hogy a hagyományos megoldásoknál biztonságosabban és költséghatékonyan alkalmazható.

Ennek megfelelően célul tűztem ki:

- a tápanyaghiányos szennyvizek tisztítására használt, hagyományos módszerek (elsősorban a tápanyagadagolás) alkalmazása során esetlegesen felmerülő káros következmények bemutatását;
- a nitrogén és a foszforhiány hatásának megismerését a biológiai többletszén eltávolításra, valamint szerepének feltárását a biomasszaszerkezet és a tisztítási hatékonyság leromlásában;
- annak bizonyítását, hogy a kifejlesztett többletszén eltávolítási technológia nagyüzemi körülmények között is megfelelően működik, és valóban a GAOk tevékenységén alapul.

Andreottola, G., Foladori, P., Ziglio, G., (2009) Biological treatment of winery wastewater: an overview. *Water Science and Technology*. 60(5):1117-1125.

Jenkins, D., Richard, M.G., Daigger, G.T. (2004): *Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming*. 3rd edition., CRC Press LLC, Boca Raton, Florida, US

- Jobbágy, A., Literáthy, B., Tardy, G. (2002) Implementation of Glycogen Accumulating Bacteria in Treating Nutrient-deficient Wastewater. *Water Science and Technology*. 46(1-2), 185-190.
- Liu, W.-T., Mino, T., Nakamura, K. and Matsuo, T. (1996) Glycogen accumulating population and its anaerobic substrate uptake in anaerobic-aerobic activated sludge without biological phosphorous removal. *Water Research*. 30(1), 75-82.
- Tardy, G.M., Bakos, V., Jobbágy, A. (2012): Conditions and technologies of biological wastewater treatment in Hungary. *Water Science and Technology*. 65, 1676-1683.
- Wanner, J. and Jobbágy, A., 2014. Activated sludge solids separations, Chapter 10 in Activated sludge – 100 years and counting, Eds. Jenkins, D. and Wanner, J., 2014 IWA Publishing, Glasgow, pp. 171-173. ISBN 9781780404936

2. A KUTATÁS SORÁN ALKALMAZOTT MÓDSZEREK

A szűkös tápanyagelérhetőséget kezelni célzó, kiegészítő tápanyagadagolás problémáinak feltárása érdekében két kétlépcsős folytonos üzemű laboratóriumi eleveniszapos kísérleti rendszert működtettem egyidejűleg. Az egyik rendszerben a levegőztetett reaktort egy levegőztetett szelektor; a másik rendszerben pedig egy nem-levegőztetett szelektor előzte meg. A betáplált modell szennyvíz mindkét rendszerben a tápanyaghiány határán volt, leképezve ezzel azt az esetet, amikor arra törekednek, hogy a tápanyag hiányos szennyvízbe esetenként a szénforráshoz viszonyítottan az irodalmi adatok alapján általánosan alkalmazott arányban tápanyagot adagoljanak.

Majd a foszforhiány hatásainak megismerése érdekében folytonos üzemű helyszíni összehasonlító modellkísérletben vizsgáltam a vegyszeresen intenzifikált előülepítési lépést tartalmazó szelektoros bioreaktor elrendezésű eleveniszapos rendszerek biológiai nitrogén- és foszforeltávolításra való alkalmazhatóságát.

A nitrogén és foszforhiány szerepének pontosabb megismerése céljával folytonos üzemű modell kísérletben tanulmányoztam a különböző mértékben nitrogénhiányos közegek, marginális P elérhetőség és P hiány melletti hatását is a borászati szennyvizet tisztító eleveniszapos rendszerek teljesítményére (az iszapszerkezetre, a biológiai többletfoszfor eltávolításra (EBPR) és a GAOk növekedésére). E célból két azonos, anaerob-aerob elrendezésű rendszert működtettem egyidejűleg, az egyiket a nitrogénhiány határán, a másikat súlyosan nitrogénhiányos befolyó szennyvízzel. Először korlátlan foszfor elérhetőséggel, mint a biológiai többletfoszfor eltávolítására alkalmas EBPR-rendszerekben, később szűkös foszfor elérhetőségű közegben modellezve a borászati szennyvizet.

Az elvégzett laboratóriumi modellkísérletekben kapott eredmények gyakorlati alkalmazhatóságának kutatását célozva egy konzervgyári szennyvizet előtisztító háromfokozatú, teljesen levegőztetett eleveniszapos rendszer és az azt követő kommunális szennyvíztisztító telep működését vizsgáltam korábbi üzemi adatok és helyszíni profilmérések alapján. Munkám során feltártam az előkezelő rendszer alacsony tisztítási hatékonyságának, valamint iszapüledési problémáinak okait és költséghatékony megoldási javaslatot dolgoztam ki a rendszer hatékonyra tételére.

Kutatásom záró fázisát a Balatonboglári Borkombinát jellemzően tápanyaghiányos szennyvizét tisztító rendszeren végeztem, ahol a kifejlesztett, új eljárás először valósult meg ipari méretben. Helyszíni profilméréseket hajtottam végre a többlétszén eltávolítási technológia nagyüzemi alkalmazhatóságának igazolására. Az eseményekben a GAOK jelenlétének igazolása érdekében kiegészítő szakaszos laboratóriumi kísérleteket, ill. a szingapúri National University of Singapore egyetemmel együttműködve, célzott mikrobiológiai vizsgálatokat (Fluoreszcens In Situ Hibridizáció (FISH) ill. Terminális Restrikciós Fragmens Hossz Polimorfizmus (T-RFLP)) is végeztem.

3. EREDMÉNYEK

A tápanyaghiányos szennyvizek tisztítására használt, hagyományos tápanyagadagolós módszer alkalmazása során esetlegesen felmerülő káros következmények bemutatásának témakörében elvégzett kutatás eredményei:

Laboratóriumi körülmények között bebizonyítottam, hogy az élelmiszeripari szennyvizek esetén nem alkalmazható sikerrel a tápanyaghiányos szennyvizek tisztításának hagyományos tápanyagadagolós kezelési módja. Mivel az élelmiszeripari szennyvizek jellemzően magas jól biodegradálható szénforrás tartalma mellett a megszokottnál nagyobb biomassza hozam állhat elő. Ennél fogva a minimálisan szükséges adagolandó N, P mennyiség nem minden esetben egyezik a gyakorlatban elterjedten alkalmazott adagolási arányokkal, így ezek alkalmazása az adagolandó póttápanyag mennyiségének alulbecsléséhez vezethet.

A kísérleti eredmények igazolták, hogy a szűkös tápanyagadagolás következtében gyakran kialakuló marginális tápanyag elérhetőség több nehézséget okoz az eseményes rendszerek működtetésében, mint a nitrogén és a foszfor teljes hiánya, ami a GAOK elszaporításával enyhíthető, ill. kompenzálható a biomasszában.

Folytonos üzemű modellkísérletben kimutattam, hogy teljesen aerob eseményes rendszerben a mérsékelt tápanyagadagolás hatására előálló a marginális tápanyagelérhetőség extracelluláris poliszacharid túltermelést vált ki. Nem-levegőztetett szelektoros rendszerekben pedig low-DO körülmények jöhetnek létre a szelektorban, ami a fonális baktériumok drasztikus túlszaporodását segíti elő. Mindkét folyamat biomassza elválaszthatósági problémákhoz vezet.

A nitrogén és a foszforhiány a biológiai többlétszén eltávolításra, a biomasszaszerkezet és a tisztítási hatékonyság leromlására vonatkozó hatásainak megismerését célzó kutatások eredményei:

Folytonos üzemű, helyszíni modellkísérletben kimutattam, hogy előülepítő, ill. vegyszeres kicsapással kombinált előülepítés alkalmazásával csökkenthető a fajlagos szervesanyag terhelés, ami a nitrifikáció szempontjából is előnyös lehet. A módszer hátránya, hogy az előülepítő medencében, ahol a vegyszeres szervesanyag eltávolítására sor kerül, a vegyszerek hatása következtében a befolyó foszfortartalom egy része is eltávolításra kerülhet, ami korlátozza a biológiai többlétszén eltávolítás

lehetőségét. Valamint gondot jelenthet a denitrifikáció teljessé tétele, hiszen az oldott szerves anyag tartalom egy része is eliminálódik, így a denitrifikációhoz kevesebb tápanyag marad a szennyvízben.

Folytonos üzemű laboratóriumi összehasonlító kísérletben kapott eredményeim alapján bebizonyosodott, hogy a GAOk, a PAOk-hoz képest kevésbé érzékenyek a nitrogénhiányos körülményekre és nem csak a foszforhiány, de a súlyos nitrogénhiány önmagában is eredményezheti a GAOk elszaporodását és ennek következtében a biológiai többletfoszfor eltávolító (Enhanced Biological Phosphorus Removal, EBPR) rendszerek működésképtelenségét.

Laboratóriumban elvégzett folytonos összehasonlító kísérlet során azt tapasztaltam, hogy a foszforadagolás nagymértékű ($KOI/P=100/0,03$) lecsökkentése elegendő volt ahhoz, hogy azonnal leálljon a biológiai többletfoszfor eltávolítás, ami jól leképezi az EBPR rendszerekben fellépő gyakori problémát, amikor túlادagolják a foszfor kicsapására szánt vegyszereket.

A többletszén eltávolítási technológia nagyüzemi alkalmazhatóságának igazolására végzett kutatások eredményei:

A kutatási eredmények alapján megállapítható, hogy az élelmiszeripari szennyvizek ugyan szezonálisan változó mennyiségben és minőségben keletkeznek, azonban az ingadozó tápanyag, elsősorban nitrogéntartalmú élelmiszeripari szennyvizek megfelelő kezelése egy rendkívül rugalmas rendszer felállításával lehetségessé válik. A rendszernek tartalmazni kell egy nem-levegőztetett első fokozatot, ahol magas nitrogén tartalmú befolyó szennyvíz esetén hatékony denitrifikációt tudunk megvalósítani. A nitrogén hiányos szennyvizet eredményező időszakok során pedig, a nem-levegőztetett medence működtethető anaerob üzemben, ami serkentheti a glikogénakkumuláló mikroorganizmusok növekedését, és így segít elkerülni a viszkózus iszappuffadást.

Helyszíni profilmérésekkel megállapítottam, hogy a Balatonboglári Borkombinát szennyvizét tisztító telep, ami sorba kötött nem-levegőztetett és levegőztetett eleveniszapos medencéket tartalmaz, képes volt tolerálni alacsony pH-jú, extrém magas C/N és C/P tartalmú befolyó szennyvizet, anélkül, hogy leromlott volna a kiváló szervesanyag eltávolító képessége. A telepről vett iszapmintával végzett kiegészítő szakaszos kísérletek eredményei megmutatták, hogy a borkombinát tisztító telepének biomaszája nemlevegőztetett körülmények közötti szénforrás fogyasztása, nem volt köthető sem denitrifikációhoz, sem pedig a foszforakkumuláló mikroorganizmusok metabolizmusához. A súlyos tápanyaghiány ellenére az eleveniszap ülepíthetősége rendkívül jónak bizonyult. Ezek az eredmények, a biomszma mért magas intracelluláris szénhidrát tartalmával együtt a GAOk jelenlétére utaltak. A glikogénakkumuláló mikroorganizmusok nagyszámú jelenlétét a biomaszában DNS alapú mikrobiológiai vizsgálatokkal (FISH, T-RFLP) is igazoltam, azaz elmondható, hogy a Telepen a Kutatócsoportunk által kifejlesztett új technológiának megfelelően, biológiai többletszén eltávolítás a rendszerben jelen levő GAOk metabolizmusának köszönhetően valósult meg.

4. TÉZISEK

1. A szennyvíztisztító telepeken a tápanyaghiány kompenzálásának céljával hagyományosan alkalmazott N és P adagolás az elérhető jól biodegradálható szénforráshoz képest enyhén tápanyaghiányos állapotot idézhet elő. A nitrogén és foszfor szűkös elérhetősége mellett, low-DO körülmények között, kedvezőtlen biomasszaszerkezet alakul ki, ami fonalas túlszaporodással jellemezhető. Laborkísérletben kimutattam, hogy ilyenkor a biomasszaszerkezet és ezen keresztül az ülepedés szelektoros rendszer kialakításával nem javítható; mivel ilyen körülmények között erőteljes levegőztetés mellett, fonalas mikroorganizmusok elszaporodása, súlyosabb esetben extracelluláris szénhidrátok túltermelődése következik be, ami miatt instabillá válik a rendszer működése. [I. és II. közlemény]
2. Folytonos üzemű helyszíni modellkísérletben kimutattam, hogy a nitrifikáció intenzifikálását célzó, előülepítési hatékonyságot növelő vegyszeres kicsapás a befolyó foszfortartalom egy részét is eltávolítja, ami korlátozza a biológiai többletfoszfor eltávolítás lehetőségét, ill. gondot jelenthet a denitrifikáció teljessé tétele, hiszen az oldott szerves anyag tartalom egy része is eltávolításra kerülhet. [V. és VII. közlemény]
3. Modell kísérleti rendszerben kimutattam, hogy a foszforelérhetőség nagymértékű ($KOI/P=100/0,03$) lecsökkentése elegendő ahhoz, hogy azonnal leálljon a biológiai többletfoszfor eltávolítás. Ez a probléma könnyen előállhat nagyüzemben működő biológiai többletfoszfor eltávolító rendszerekben (Enhanced Biological Phosphorus Removal, EBPR), amikor a foszforeltávolítás intenzifikálására szánt vegyszert túladagolják. [II., V. közlemény]
4. Laboratóriumi körülmények közt kimutattam, hogy az elérhető jól biodegradálható szénforráshoz képest extrém nagy nitrogén hiány önmagában is eredményezheti a glikogénakkumuláló mikroorganizmusok (Glycogen Accumulating Organisms, GAO) túlszaporodását a biomasszában és ennek következtében a biológiai többletfoszfor eltávolító (EBPR) rendszerek működésképtelenségét. [II. közlemény]
5. Laborkísérletben igazoltam, hogy a GAOk működésén alapuló biológiai többletszén eltávolító (Enhanced Biological Carbon Removal, EBCR) rendszer együttes foszfor és nitrogén hiány mellett is stabil szennyezőanyag eltávolítási hatékonysággal működik, valamint a szennyvíztisztítást végző biomassza jól ülepíthető marad még a foszforadagolás teljes mértékű leállítását után is. [II. közlemény]

6. Nagyüzemi, szennyezőanyag koncentráció profil felvételét alkalmazó mérési módszerrel kimutattam, hogy a szennyezőanyag eltávolítási és biomassza ülepíthetőségi problémákat a tipikusan változó karakterű élelmiszeripari szennyvizek aerob rendszerbeli tisztítása esetén a fellépő, időnként túl magas, máskor túl alacsony befolyó N/C arány okozza. Ennek hatékony kezelése céljából az elődenitrifikáció és az EBCR technológiák egyedi kombinációjaként létrehozható, nem-levegőztetett/levegőztetett rendszer kialakítására tettem javaslatot, ahol az esetenként túl magas befolyó N/C arányt a nem-levegőztetett medencét anoxikusan üzemeltetve denitrifikációval, a máskor túl alacsony befolyó N/C arányt pedig a nem-levegőztetett medence anaerob üzemével, GAOk elszaporítása által lehet tolerálni. [III. közlemény]

7. A Balatonboglári Borkombinát szennyvíztisztító telepén profilmérésekkel, kiegészítő szakaszos laborkísérletekkel és DNS alapú mikrobiológiai vizsgálatokkal is alátámasztva nagyüzemben bebizonyítottam, hogy a GAOk metabolizmusán alapuló biológiai többletszén eltávolítási technológia még alacsony pH-jú és erősen tápanyaghiányos szennyvizek tisztítására is alkalmazható. [IV. és VI. közlemény]

5. MEGVALÓSULT ALKALMAZÁSOK ÉS ALKALMAZÁSI LEHETŐSÉGEK

A Balatonboglári Borkombinát szennyvíztisztító telepén ipari méretben is megvalósult, bizonyítottan nagyüzemben is hatékonyan működő, GAOk növekedésén alapuló biológiai többletszén eltávolítási technológia (Enhanced Biological Carbon Removal, EBCR) alkalmazása a szezonálisan változó mennyiségben és minőségben keletkező N és/vagy P hiányos élelmiszeripari szennyvizek kezelésére a legelőnyösebb. Mivel az eleveniszapos rendszer alkalmazása a legelterjedtebb, egy esetlegesen már megépült élelmiszeripari (vagy más nem toxikus, nagy mennyiségben jól biodegradálható szervesanyagot tartalmazó, de tápanyaghiányos) szennyvizet tisztító telep üzemének megváltoztatásával, vagy mindössze egy fal beépítésével megvalósítható. Alkalmazása során nem jelentkezik a hagyományos technikákra jellemző vegyszerköltség és nem lép fel az esetlegesen bekövetkező elégtelen adagolás okozta instabil üzemmenet vagy túladagolás következtében szükséges denitrifikáció többletköltsége. Illetve a rendszer előnye még, hogy befolyó minőség megváltozása (pl. megnövekedett N tartalom) esetén a nem-levegőztetett medencét anoxikusként üzemeltetve elkerülhető a tisztítási hatékonyság leromlása.

6. KÖZLEMÉNYEK

Az értekezés alapját képező közlemények

Angol nyelvű, referált folyóiratcikkek

- I. Bakos, V., Kiss, B., Jobbágy, A. (2016) Problems and causes of marginal nutrient availability in winery wastewater treatment. *Acta Alimentaria*, 45(4), 532–541. IF: 0.357 (2016)
- II. Jobbágy, A., Kiss, B., Bakos, V. (2017) Conditions Favoring Proliferation of Glycogen Accumulating Organisms for Excess Biological Carbon Removal in Treating Nutrient Deficient Wastewater. *Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng.* 61(3), 149-155. IF: 0.557 (2016)
- III. Jobbágy, A., Kiss, B., Bakos, V., Tardy, G. (2009) Activated sludge nuisances in a vegetable processing wastewater pretreatment plant. *Acta Alimentaria*, 38 (3) 393-404. IF: 0.505 (2009)
- IV. Kiss, B., Bakos, V., Liu, W. T., Jobbágy, A. (2011) Full-Scale Use of Glycogen-Accumulating Organisms for Excess Biological Carbon Removal. *Water Environment Research*, 83 (9) 855-864. IF: 0.883 (2011)

Angol nyelvű, konferencia kiadványban megjelent előadások

- V. Kiss, B., Bakos, V., Szabó, A., Jobbágy, A. (2007) Comparative experimental studies for upgrading the Northpest Wastewater Treatment Plant. 10th IWA Specialised Conference on „Design, Operation and Economics of Large Wastewater Treatment Plants” 9-13 September 2007, Vienna, Austria (poster-presentation) Conference Proceedings pp. 177-180
- VI. Kiss B., Bakos V., Jobbágy A. (2017) Utilization of Glycogen Accumulating Organisms for Excess Biological Carbon Removal in Activated Sludge Systems. 9th IWA Eastern European Young Water Professionals Conference on „Uniting Europe for Clean Water: Cross-Border Cooperation of Old, New and Candidate Countries of EU for identifying problems, finding causes and solutions”, 24-27 May 2017, Budapest, Hungary, Conference Proceedings pp. 441-447 ISBN: 978-963-313-256-2

Magyar nyelvű folyóiratcikk

- VII. Jobbágy, A., Kiss, B. (2006) A Biológiai Nitrogéntávolítás Problémái és Lehetőségei. *Vízmű Panoráma*, 14 (1) 7-11.

Az értekezés témájában tartott magyar nyelvű előadások

Kiss, B. (2007) Glikogénakkumuláló mikroorganizmusok nagyüzemi alkalmazása biológiai többletszén eltávolításra boripari szennyvíz tisztításakor. Oláh György Doktori Iskola 4. Doktoráns Konferencia, Budapest, február 7.

Kiss, B. (2008) A glikogénakkumuláló mikroorganizmusok szerepének újraértelmezése az eleveniszapos szennyvíztisztításban. Oláh György Doktori Iskola 5. Doktoráns Konferencia, Budapest, február 8.

Az értekezés témájához kapcsolódó poszter prezentációk

Kiss, B., Literáthy, B., Jobbágy, A. (2007) Kommunális és tápanyaghiányos szennyvizet tisztító biomasszák anaerob/anoxikus metabolizisének vizsgálata. „10 éves a MASZESZ” Jubileumi Konferencia, Lajosmizse, 2007. május 22-23.

Bakos, V., Kiss, B., Jobbágy, A. (2007) A tápanyag hiány hatása az eleveniszapos szennyvíztisztításban. IV. Szennyvízágazati Konferencia: Kutatás – Innováció – Alkalmazás, Budapest, 2007. november 29-30.

Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó poszter prezentáció a szennyvíztisztítás területén

Kiss, B., Bakos, V., Tardy, G. M., Jobbágy, A. (2007) A Délpesti Szennyvíztisztító Telep kombinált biológiai tisztító rendszerének optimalizálása. „10 éves a MASZESZ” Jubileumi Konferencia, Lajosmizse, 2007. május 22-23.

Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó, társszerzős magyar nyelvű folyóiratcikk a szennyvíztisztítás területén

Gyüre, Cs., Kiss, B. (2009) Vigyázz, kész, rajt!...- A Budapesti Központi Szennyvíztisztító Telep a próbaüzem küszöbén. *Vízmű Panoráma*. 17(4) 13-15.

Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó, társszerzős angol nyelvű folyóiratcikk

Kiss, B., Bajnóczy, G., Pálmai Gy. (2005) Green Electricity from Wood Benefits and Limits in Hungary. *Periodica Polytechnica Ser. Chem. Eng.* 48 (2) 119–128.

Az értekezés témájához közvetlenül nem kapcsolódó angol nyelvű poszter prezentáció

Kiss, B., Bajnóczy, G., Gagy-Pálffy E. (2005) Green Electricity from Wood Benefits and Limits in Hungary. 14th European Biomass Conference and Exhibition: Biomass for Energy Industry and Climate Protection, Paris

Nyomtatott vagy elektronikus egyetemi jegyzet

Bajnóczy, G., Kiss B.: Környezetkémia és technológia (elektronikus jegyzet)