

A biológiai szennyvíztisztításhoz szükséges vegyszer felhasználásának csökkentése technológiai átalakítással

Reducing the use of chemical for biological wastewater treatment by technological modification

L. UNGVÁRI¹, Z. FÜLÖP²

Debreceni Vízmű Zrt. 4025 Debrecen, Hatvan utca 12-14.

¹környezetvédelmi mérnök ungvari.levente@debreceni-vizmu.hu

²üzemvezető fulop.zoltan@debreceni-vizmu.hu

Absztrakt. A Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzemében napi szinten küzdenek meg az ott dolgozó szakemberek a magyarországi telepeken jellemző tipikus problémákkal. A megfelelő denitrifikációhoz sok esetben szükség van biológiailag bontható szerves anyagra, melyhez kapcsolódóan 2017. január 1-től december 31-ig 183,1 t szerves anyag adagolása történt meg az üzemi folyamatok támogatására. Fontos volt, hogy olyan megoldást dolgozzunk ki a telep szakembereivel, amely biztosítja a hatékony biológiai szennyvíztisztítást a technológiában, anélkül, hogy pót szénforrás adagolásra lenne szükség. Számításokkal is alátámasztottuk, hogy technológiai módosítással a denitrifikáció megfelelő hatásfoka stabilan biztosítható lehetne a beérkező szennyvíz ingadozó C/N arányaitól függetlenül, mely által nem lenne szükséges évente közel 200 t-nyi szerves anyag adagolása, azaz így is megvalósítható lenne a szennyvíz megfelelő mértékű biológiai tisztítása.

Abstract. In the Wastewater Treatment Plant of Debrecen Waterworks, the experts working there fight daily with various problems typical of the Hungarian plant. Suitable denitrification requires the administration of an organic substance in many cases containing biodegradable organic matter. Between January 1 and December 31, 2017, 183.1 t of organic matter was needed. It was important to develop a solution for the site's specialists to ensure efficient biological wastewater treatment without the need for additional carbon input in the technology. We have also supported calculations to ensure stable denitrification irrespective of the fluctuating C/N ratio of incoming sewage. Thus, it would be unnecessary to add up to 200 tonnes of organic matter per year to the technology without which biological wastewater could be achieved.

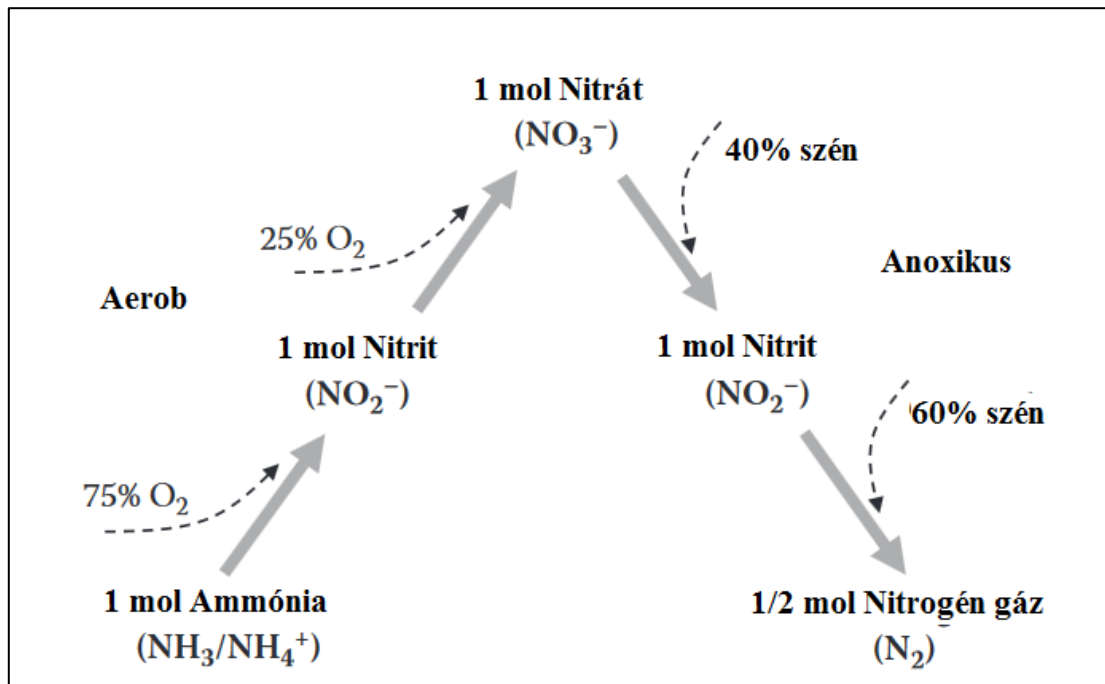
1. Bevezetés

A természetbe visszakerülő már megtisztított szennyvíz tekintetében elvárt, hogy megfeleljen minden helyi elvárásnak, ne kerülhessen be a természetbe olyan minőségű víz, amely ivóvíz bázisainkra negatív hatással lenne [1]. A Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzemében is messzemenően törekednek arra, hogy a hatóság által is elvárt egyre szigorodó határértékeknek megfeleljenek. A

megfeleléshez azonban sok esetben elengedhetetlen különböző vegyszerek használata, amely elősegíti a tisztítási technológia hatékony működését. A kémiai foszforeltávolításhoz és a megfelelő denitrifikáció biztosításához a technológiában szükség van bizonyos vegyszerek adagolására.

A Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító (SZVT) Üzemében háromfokozatú tisztítás történik, amelyben a fő tisztítási lépés a biológiai, tehát másodlagos tisztítás. A biológiai tisztítási fokozatban történik a nitrogén eltávolítás, amely a nitrifikációs és denitrifikációs részfolyamatokra épül [2]. A nitrogén vegyületek a háztartási szennyvízbe fehérje és karbamid formájában kerülnek, melyek az emberi testből származnak. Az eutrofizáció elkerülése érdekében elengedhetetlen a szennyvizek szerves anyag terhelése mellett a tápanyag (nitrogén, foszfor) tartalom csökkentése is. Fontos, hogy élővizeinkbe a tisztított szennyvíz bevezetése által azokból minél kevesebb jusson be [3].

A denitrifikáció eredményeként a nitrogén a rendszerből nitrogén gáz formájában távozik. A denitrifikációt ún. fakultatív aerob mikroorganizmusok végzik, melyek enzimszerűen oxigén távollétében a nitrát nitrogén gázzá alakítására használják [4]. A nitrifikáció-denitrifikáció lejátszódásához (1. ábra) először oxigénre, majd szénforrásra van szükség. Így a beérkező ammóniából (NH_4^+) végül nitrogén gáz (N_2) keletkezik, amely a légkörbe távozik [5].



1. ábra: Nitrifikáció-denitrifikáció folyamatának sematikus ábrázolása [5]

A nitrogénformák, pontosabban az ammónium eltávolítására a biológiai út mellett többféle kémiai módszer is rendelkezésre áll (pl.: struvit formájában történő kicsapata, víz lúgosítása). Ezen módszerek fajlagos költsége sokkal nagyobb, mint a biológiai módszeré, ezért a gyakorlatban egyik sem terjedt el, vagy egyáltalán nem is használatos. Az ammónium eltávolítását biológiai nitrifikációval kell kezdeni és a keletkező nitrát kivonására a denitrifikáció biológiai folyamatát szükséges alkalmazni [6]. Megfigyelések alapján a nyers szennyvizek KOI : TKN : ÖP (kémiai oxigénigény : totál Kjeldhal nitrogén : összes foszfor) aránya csökken, a teljes nitrogén - és foszforeltávolítás lehetőségei ezért fokozatosan romlanak. A kommunális szennyvíztisztítók esetében éppen ezért bevált gyakorlat a

tápanyagarány valamilyen, döntően szénhidráttal történő javítása [7]. Erre a veszélytelen, könnyen bontható ipari hulladékok a legjobb és legolcsóbb segédanyagok. Ilyen lehet a metanol, ecetsav adagolása. A magas költségek miatt csakis célirányosan az anaerob, vagy anoxikus tér tápanyagellátásának javítására jöhetnek szóba [8]. A debreceni szennyvíztelepen a denitrifikáció elősegítéséhez felhasznált vegyszer a Brenntaplus VP1 nevű szerves anyag, melynek adagolása a biológiai tisztító műtárgynál történik. A vegyszert az előszelektor nevű medencébe adagolják. A Brenntaplus VP1 adagolás célja a biológiai úton történő nitrogén és foszfor eltávolítás segítése könnyen hozzáférhető szerves tápanyag bejuttatásával.

2. Anyag és módszer

2.1. Mintavétel és alkalmazott analitikai módszerek

A szennyvízanalitikai vizsgálatokhoz a mintavétel általánosan minden reggel 08:00-kor (24 órás átlagminta), mintavételi eszközökkel arra alkalmas mintavételi edényekbe történik. A mintavétel a szennyvíztisztító üzemben a beérkező nyers szennyvízből a durva rácsok után történik automata mintavevővel, majd az előülepítők után, végül pedig a biológiai tisztító egység elfolyó mintavételi pontjából (befogadó előtti mérőaknából), amelyek szintén automata mintavevővel vannak ellátva. Jelen tanulmány esetében a mérési eredmények feldolgozása 2017. január 1 és december 31. közötti időszakra vonatkozóan történt.

Az SZVT Üzembe csatornahálózaton és tengelyen beérkező kommunális és ipari szennyvizek, valamint települési folyékony hulladék minőségi paramétereinek a laborvizsgálata történik. Az egyes tisztítási fázisokban bekövetkező minőségi változások figyelemmel kísérése, a tisztítási technológia irányítása és ezen keresztül a tisztított szennyvíz élővízbe bocsáthatóságának feltételeinek megfelelése végett végzi nap mint nap az üzemi laboratórium a vizsgálatokat. A vizsgálati módszerek a következők: A pH mérése az MSZ 260-4:1971 szabvány 3. fejezete alapján, Dikromátos oxigénfogyasztás (**KOI_k**) meghatározása MSZ 260/16-82 szabvány alapján, Biokémiai oxigénigény (**BOI₅**) manometrikus meghatározása HSZ-10:2001 szabvány szerint, Összes foszfor (**öP**) meghatározása MSZ 260-20:1980 alapján, ammónium-nitrogén (**NH₄-N**) koncentráció meghatározása MSZ 260/9-1988 szabvány alapján, nitrát-nitrogén (**NO₃-N**) koncentráció meghatározása MSZ 260-11:1971 szerint történt.

2.2. Technológiai átalakítás tervezése vegszercsökkentés céljából

Alapvető probléma a Debreceni Vízmű SZVT Üzemében, hogy a tisztított vízre vonatkozó összes nitrogén határérték (V.1-től XI.15-ig: 10 mg/l, XI. 16-tól IV. 30-ig: 20 mg/l) csak segédanyaggal biztosítható, illetve a biológiai rendszer működése a téli időszakban nem mindig megfelelő. Ezért egy olyan biotechnológiai átalakítás vált szükségessé, amely megoldást jelent a hatékony denitrifikációra, továbbá az eleveniszapos (oxikus) medencékben alacsonyabb oxigénigényű hatékony nitrifikációt biztosít.

Az átalakításnak azt is meg kell oldania, hogy a nitrogén eltávolítás póttápanyag (szerves anyag) adagolása nélkül menjen végbe, illetve az iszap levegőztetéséhez kevesebb oxigénre legyen szükség. A

korábbiakban kialakított biológiai foszfor eltávolítás (amelynek magas a szerves anyag igénye) helyett pedig ugyanazt a tápanyagot felhasználva stabil denitrifikáció biztosítható, ha az ún. kiskörös recirkulációs szivattyúk áthelyezésre kerülnek.

3. Eredmények

3.1. C/N arány és pót szénforrás adagolása

Az 1. táblázat alapján jól látható, hogy a nyers és az előülepített szennyvíz, amely egyenesen a biológiai tisztító egységre kerül, milyen szennyezőanyag terheléssel bírt a vizsgálati időszakban. A biológiai oxigén igényben kifejezett szerves anyag terhelés szempontjából egyértelműen az augusztus-október közötti időszak, amely magasabb értékeket mutatott. A magasabb BOI₅ érték a Debrecen területén működő konzervgyár működésével kapcsolatos, ugyanis az említett 3 hónapban magas szerves anyag terhelésű szennyvíz kibocsátására kaptak engedélyt. Ammónium-nitrogén szempontjából a január, február, március, illetve a júniusi értékek mutatnak nagyobb szerves anyag terhelést, melynek több ipari kibocsátó az okozója. Ezen két paraméter segítségével kiszámítható a szennyvíz szén/nitrogén aránya (C/N), amely alapján megállapítható, hogy a denitrifikációs folyamatnak egyértelműen kedvező a konzervgyári időszak. Ugyanis ha a C/N > 6, akkor a szennyvíztelepen hatékony a denitrifikációs folyamat. 2017-ben összesen 5 hónap tekinthető kedvezőnek C/N arány szempontjából, mely alapján az év nagy részében a megfelelő denitrifikáció végbementeléhez pótolni kell a szerves anyagot.

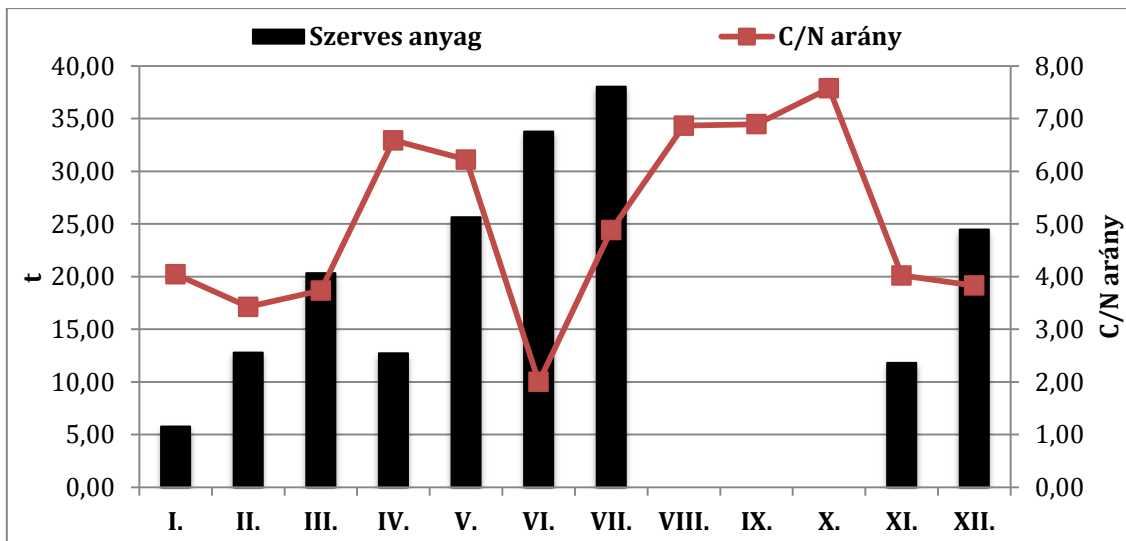
Előülepített szennyvíz átlagértékei

Hónap	BOI ₅ (mg/l)	NH ₄ -N(mg/l)	C/N
I.	284	70,2	4,05
II.	215	62,75	3,43
III.	246,67	66	3,74
IV.	333,33	50,6	6,59
V.	300	48,2	6,22
VI.	130	65	2
VII.	288	59	4,88
VIII.	380	55,33	6,87
IX.	400	58	6,9
X.	430	56,75	7,58
XI.	195	48,5	4,02
XII.	180	47	3,83

1. táblázat Az előülepített szennyvíz biológiai oxigénigény és ammónium-ion koncentráció értékeinek éves változása

A szerves anyag adagolása májustól júliusig meghaladja a 25 tonnát havonta (2. ábra). Az alacsony szerves anyag adagolás novembertől áprilisig annak a következménye, hogy november 15-től április 30-ig az össznitrogén kibocsátási határérték magasabb, mint a nyári időszakban. Ezáltal kevesebb

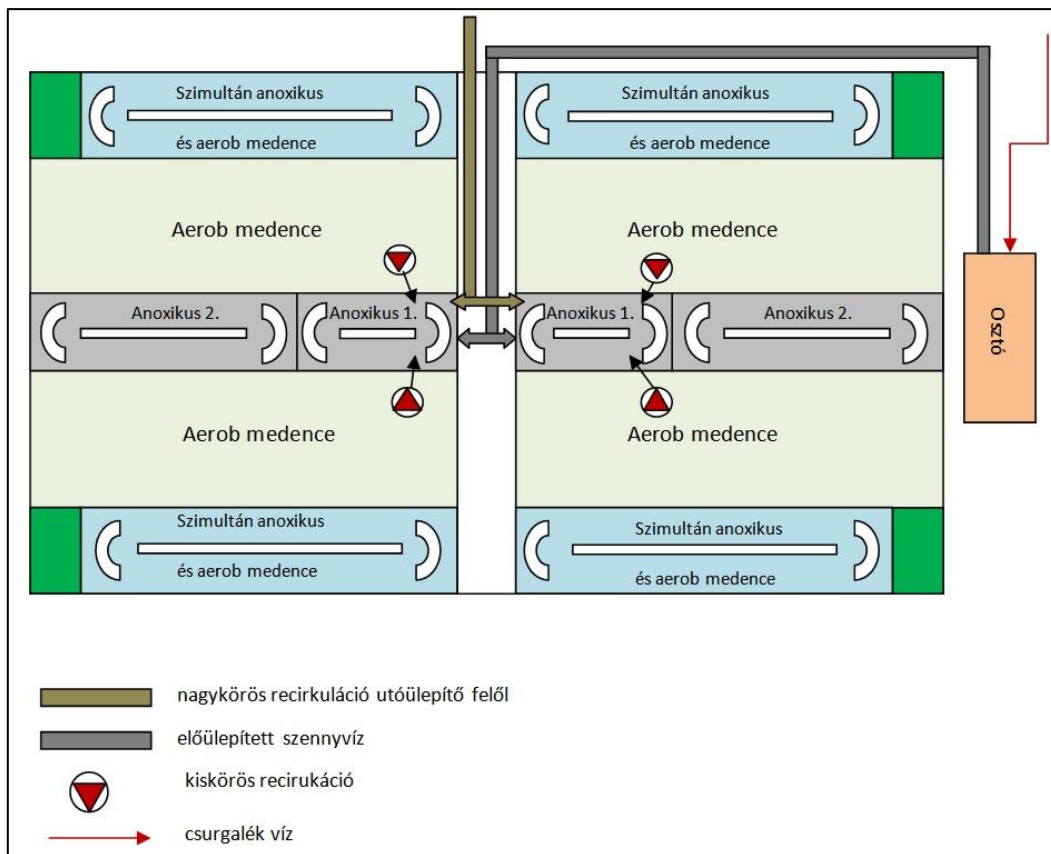
szerves anyag is elegendő a megfelelő szén-nitrogén arány eléréséhez. Augusztustól októberig a konzervgyári időszakban nem volt indokolt a szerves anyag adagolás, mert a C/N arány ekkor 6 fölötti volt, amely külső szénforrás adagolása nélkül is már megfelelő hatásfokú denitrifikációt eredményezett.



2. ábra Szén-nitrogén arány és biológiai tisztításhoz adagolt szerves anyag összefüggései

3.2. A biológiai tisztító egység átalakítása

A technológiai átalakítás tervezésének első lépéseként a medencék szerepének megfelelő megválasztása volt a cél, annak érdekében, hogy a biológiai nitrogén eltávolítás hatékonyan megvalósuljon. A 3. ábra alapján illusztrálva a technológiai bloksémában a biológiai tisztító egység az anaerob rendszerű előszelektor medencével kezdődik, az utóülepítők felől ide érkeznek a nagykörös iszaprecirkuláció által szállított iszap. Ezt követően egy nagyobb méretű anaerob tér következik, mely a hatékony biológiai foszfor eltávolításra szolgál. Az anaerob medencéből ezután áramlik a szennyvíz az anoxikus medencébe, ahol a denitrifikációs (kiskörös recirkuláció által) folyamat zajlik. Az aerob medence helyezkedik el a tisztítósor végén, ahol a nitrifikációs folyamat történik meg. Az anaerob medencék kiiktatásával szerves anyag adagolás nélkül az év teljes egészében elérhető a stabil nitrogén eltávolítás. A megfelelő tisztítási hatásfok elérése érdekében ezen a meglévő technológiai sorrenden változtatunk, az új felépítés szerint az anoxikus (régie előszelektor) medence kerül előre, melyet az anoxikus 2. (régie anaerob) medence követ. A technológiai sorban a szimultán anoxikus és aerob (régie anoxikus) medence, majd az aerob medence változatlan formában marad és követi ezen megadott medencéket. Ezen túl a fejlesztés részeként a kiskörös recirkulációs szivattyúk áthelyezése is megvalósul, amelyből tisztító soronként 1-1- db található (3. ábra). Az eddigiekben az aerob medencék felől érkező recirkuláció már nem az új szimultán anoxikus és aerob medencék felé irányul majd, hanem az első anoxikus medence felé, így megvalósul az elő-denitrifikáció.



3. ábra Biológiai tisztítósor tervezett új elrendezése

A nyers szennyvíz alacsony biológiailag könnyen bontható szerves szénforrása miatt a hatékony denitrifikációhoz a biológiai többletfoszfor eltávolítás „elnyomása” szükséges. Mivel a foszfor eltávolítása vegyszeres kicsapással (előkicsapátás) is megoldható, így a kevés szénforrás minél nagyobb hányadát szeretnénk a nitrát redukációjára hatékonyan felhasználni. Ennek magyarázata, hogy a denitrifikáció csak mikrobiális úton kivitelezhető. Ilyen esetekben értelmetlen és nem gazdaságos a biológiai többletfoszfor eltávolításnak kedvező bioreaktor elrendezést alkalmazni. Amennyiben nem áll rendelkezésre megfelelő mennyiségű szénforrás akkor sem a N, sem a P eltávolítása nem lesz megfelelő. Így a foszfor eltávolítása a jelenleg is alkalmazott vegyszeres úton történik majd az új technológiában, a nitrogén eltávolítás pedig biológiai úton. A technológiai átalakítás által a szerves anyag adagolása a biológiai tisztító egységbe teljesen elhagyható.

4. Következtetések

A C/N arány ingadozó értékeinek kiegyenlítésére és a megfelelő nitrogén eltávolításra 183,1 t szerves anyag adagolására volt szükség 2017-ben. Ezen túl a foszfor eltávolításához alkalmazott vas(III)-klorid-ból 606 t volt szükséges, amelynek adagolása folyamatosnak tekinthető a szerves anyaggal szemben, hiszen a foszfor eltávolítás előkicsapátás útján valósul meg a technológiában. A pótszénforrás elkerülésének érdekében a telep szakembereivel együtt dolgoztuk ki azt a technológiai átalakítást, amely stabil nitrogén eltávolítást eredményezhet a téli és nyári időszakokban is.

A technológiai fejlesztés részeként a meglévő biológiai tisztító egység átalakítását céloztuk meg, a meglévő gépészeti berendezések megtartásával. Az átalakítás fő irányelve, hogy a nitrát-N redukójára használjuk fel a beérkező szennyvízben lévő szűk hozzáférésű szerves anyagot. Így a meglévő rendszerben lévő 9.600 m³ anoxikus teret emeljük 12.680 m³-re, amely biztosítja a denitrifikációt. Továbbá az új technológia a kiskörös iszaprecirkulációs szivattyúk áthelyezésével elő-denitrifikációt is biztosít majd. Az átalakítás másik részeként az eddigi anoxikus medencét szimultán anoxikus és aerob medencévé alakítjuk, amely által egy medencetérben a nitrifikáció és a denitrifikáció is végbemenne. Így a nitrát-N és ammónium-N eltávolítása külső szénforrás adagolása nélkül válik megoldhatóvá. A Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzemében a tervezési eredmények alapján megállapítottuk, hogy nem lesz szükség pót szénforrás adagolására, amellyel a 10 mg/l-es össznitrogén kibocsátási határérték is tartható lesz.

Hivatkozások

- [1] S.C. Jhansi – S.K. Mishra (2013) *Wastewater treatment and reuse : Sustainability options*. Cons. J. Sustain. Dev. 10 pp. 1–15.
- [2] Debreceni Vízmű Zrt. (2011) *Debrecen Megyei Jogú Város Szennyvíztisztító telepének Üzemeltetési szabályzata*, Debrecen.
- [3] W.O. Khunjar – P.A. Pitt – C.B. Bott – K. Chandran (2014) *Nitrogen, Chapter 5 in Activated sludge – 100 years and counting*. Eds. Jenkins, D. and Wanner, J., IWA Publishing, Glasgow, ISBN 9781780404936, pp. 77-91.
- [4] A. Jobbágy – B. Literáthy – G. Tardy (2005) *Comparative pilot-scale studies for upgrading denitrification at an activated sludge plant of the Lake Balaton area*. In: Proceedings of the IWA Specialized Conference on Nutrient Management in Wastewater Treatment Processes and Recycle Streams, Krakow, Poland, 19–21 September, pp.1235–1240.
- [5] Y. Mokhayeri – R. Riffat – I. Takacs – P. Dold – C. Bott – J. Hinojosa – W. Bailey – S. Murthy (2008) *Characterizing Denitrification Kinetics at Cold Temperature Using Various Carbon Sources in Lab-Scale Sequencing Batch Reactors*. Water Science and Technology. 58 (1) pp. 233–238.
- [6] P. Simándi (2011) *Szennyvíztisztítási technológiák I*. Szent István Egyetem, Budapest.
- [7] J. Wang – C. Libing (2016) *Biological nitrate removal from water and wastewater by solid-phase denitrification process*. Biotechnology Advances. 34 pp. 1103-1112.
- [8] M. Martinessen – R. Schöps (1999) *Population dynamics of denitrifying bacteria in model biocommunity*. Water Research 33 (3) pp. 639-646.