

A debreceni szennyvíztisztító telep biogáz termelő fermentációs folyamatainak nyomon követése kémiai módszerekkel

Monitoring of Debrecen WWTP biogas fermentation processes by chemical methods

A. TRUZZI, I. BODNÁR, Z. FÜLÖP

University of Debrecen, alexandra.truzzi@gmail.com

University of Debrecen, bodnari@eng.unideb.hu

Debrecen Waterworks Co.'s, fulop.zoltan@debreceni-vizmu.hu

Absztrakt. A szennyvíziszap kezelésének egyik gazdaságos módja az anaerob lebontás, melyet széles körben alkalmaznak szennyvíziszapok stabilizálására és nagy szerves anyag tartalmú szennyvizek tisztítására is [1]. Minden jól működő anaerob fermentor megegyezik abban, hogy benne a szerves anyag átalakul metán tartalmú biogázzá, amely fedezi többek között a szennyvíztisztító telep hő- és villamosenergia-fogyasztásának jelentős részét. A biogáz mennyiségének növelése kiemelt feladat, melyet az anaerob lebontás folyamatainak alapos megismerésével érhetünk el [2]. Jelen tanulmány célja a Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzemében az anaerob szennyvíziszap kezelésének optimalizálása. Kutatómunkánkban kiemelten vizsgáltuk a rothasztó tornyokban lejátszódó folyamatokat, s azok hatását a biogáz kihozatalra, minőségre.

Abstract. The anaerobic digestion is a widely used economical method for sewage sludge stabilization and also purification of waste water with a high organic content. All effective anaerobic digesters transform the organic matter into biogas containing methane, which usable component covers a significant share of the heat and electricity consumption of the wastewater treatment plant (WWTP). The increasing amount of biogas is a priority task of WWTPs, which we can achieve a deeper knowledge of anaerobic digestion processes. The main task of this study is the optimization of anaerobic sludge treatment of Debrecen WWTP. Digester towers processes and their impact on the biogas yield were also priority studied.

1. Bevezetés

A szennyvíztisztító telepek üzemeltetése szempontjából fontos, hogy az anaerob rothasztási folyamatokat minden esetben megfelelő módon ellenőrizzük, az információk birtokában az üzemmenetbe beavatkozzunk és ezzel stabil működést biztosítsunk a technológiai folyamat számára [3]. Kutatómunkánk során célunk volt, hogy olyan vizsgálatokat alkalmazzunk, amelyekkel az anaerob fermentorokban lejátszódó folyamatok az eddigieknél jobban jellemezhetőek. Célunk volt továbbá,

hogy az üzemeltetés számára a kellő információval szolgáló vizsgálati módszereket, az üzemi laboratórium rendszeres vizsgálatait közé is beépíthessük.

2. Szakirodalmi áttekintés

A szennyvíztisztító telepeken működő iszaprohasztókban lejátszódó folyamatok ellenőrzésére több paraméter áll rendelkezésre ilyen a pH, a szárazanyag- és szervesanyag-tartalom, az illósav, a lúgosság, az illósav/lúgosság aránya, a gázmennyiség és gázösszetétel mérése [4]. Az illósav/lúgosság aránya (FOS/TAC arány), mint ellenőrző paraméter a fermentáció állapotát jellemzi, amely a két mért paraméterből számítható [5].

3. Anyag és módszer

A kutatáshoz kapcsolódó méréseket a Debreceni Vízmű Zrt. Szennyvíztisztító Üzem telepi laboratóriumában végeztük el, ahol lehetőség nyílt a szennyvíziszap minták analitikai célú vizsgálatára. A mintavétel a telepen lévő üzemi rohasztókból a reggeli órákban történt. Az illósav és lúgosság értékek meghatározásához szükséges 1 liter mennyiségű iszapmintákat napi rendszerességgel az iszaprohasztó tornyok mintavevő csövének végén, 3-4 perccel a leengedés kezdetét követően vettük, azért hogy a csőrendszerben lévő iszap a mintavétel előtt kiürüljön.

4. Eredmények és értékelésük

Az **illósav és a lúgosság koncentrációk** összefüggésének vizsgálata során a kapott eredményekből arra lehet következtetni, hogy az összes lúgosságra vonatkozó értékek nem csökkentek 3000 mg/l alá. Az anaerob rohasztás biológiai folyamatai optimálisan működtek, vagyis a vizsgált iszapminták betáplálásának mennyisége megfelelő volt a kísérleti időszakban. A lúgosság eredmények mellett az illó (zsír)savak megfelelő koncentrációban voltak jelen, ezáltal a metántermelés folyamata is stabilan működött. A savtermelő fázisban keletkező illósav 1500 mg ecetsav/dm³ koncentráció felett gátolhatja a metántermelés folyamatát, mely a telep esetében is megállapítható volt a vizsgált időszakhoz kötődő augusztus hónap közepén. A szakirodalmi értékekkel összehasonlítva a rohasztó tornyokban mérhető illósavak koncentrációi a vizsgálati időszakban nem lépték túl a kritikus értéket (2000-3000 mg/l) ezáltal a rohasztó működése megfelelőnek tekinthető. Azonban időnként előfordultak túlerheltségre utaló koncentráció értékek, de volt olyan is, amikor az alulterheltségre lehetett következtetni a detektált értékekből. A **FOS/TAC arány** 0,14 és 0,3 között változott, átlagos értéke 0,2±0,05 volt, mely a tapasztalati szabály szerint alacsony biomassza bevitelt jelent. Augusztus 22-23-án jelentős csapadék (több mint 60 mm) esett a két nap alatt, illetve a tisztított szennyvíz mennyisége is több volt, mint 62.000 m³ (több, mint 55%-os többlet) augusztus 22-én. Ezen kívül ebben az időszakban váltott a telep a VIRON Plus 40-ről vas(III)-klorid adagolásra koagulációs folyamatok biztosítása céljából, így az átállítás, illetve az új vegyszer más összetétele is hozzájárulhatott a kapott eredményekhez.

A **pH, szén-dioxid tartalom és a FOS/TAC** paraméterekre vonatkozó mérési eredményeknél azt tapasztaltuk, hogy a pH változás akkor kezdődött el, amikor a vizsgált hányados 0,1-hez kezdett közelíteni. A szén-dioxid akkor volt alacsony, amikor a FOS/TAC arány magasabb értékeket mutatott. A 0,1 körüli FOS/TAC aránynál már emelkedni kezdett a szén-dioxid mennyisége, amely azt tükrözi, hogy a biogáz rosszabb minőségű lett. A detektált adatok alapján tehát az üzemben átlagosan enyhén lúgos pH és alacsony FOS/TAC érték jellemző.

Ezáltal megállapítható, hogy a debreceni szennyvíztisztító telep esetén a kapott értékek alapján a 0,1 körüli FOS/TAC arány nem tekinthető optimálisnak, mely valóban alulterheltséget jelez a technológiai folyamatban.

A kutatás során a **biogáz hozam és a FOS/TAC** értékek összefüggéséből azt lehet megállapítani, hogy összesen két érték volt detektálható a 0,3-0,4 közötti (optimálisnak tekintett) tartományban [6]. A biogáz hozamok jóval az optimális tartomány alatt 0,08 és 0,25 érték között helyezkednek el, melyekről elmondható, hogy a kutatási időszak ezen szakaszában csak telepi szennyvíziszap volt felvezetve a rothasztókra. Ezáltal arra lehet következtetni, hogy a meglévő rothasztó rendszer a három rothasztó torony ösztérfogatával nagyobb szerves anyag mennyiséget igényelne az optimális 0,3-0,4-es FOS/TAC arány eléréséhez.

A **fajlagos szerves anyag terhelés**, tartózkodási idő és a betáplált iszapkoncentráció összefüggésének vizsgálatából arra tudunk következtetni, hogyha a rothasztók átlagos 15.000 kg/nap szervesanyag terhelését vesszük alapul, ami mellett a telep a három rothasztó torony működésével alulterheltségre utaló jeleket produkált, akkor a rendszer az átlagos szervesanyag terhelés mellett még maximálisan 7500 kg/nap szerves anyagot tudna fogadni. Ekkor a napi szervesanyag terhelés 22.500 kg lenne, mellyel a rothasztás túlterheltség nélkül optimálisan tudna működni. Ha a rothasztó térfogatot lecsökkentik 10.500 m³-re, akkor ebben az esetben a telep maximum 750 kg/nap szerves anyagot tudna fogadni, hiszen ekkor a napi szervesanyag terhelés 15.750 kg lenne, mellyel még a rothasztási optimumon belül tudna működni a telep. Viszont ha a rothasztó térfogatot egészen 9000 m³-re csökkentenénk, akkor már az átlagos szervesanyag terheléssel is túlterheltté válna a rendszer, és ezáltal képtelen lenne külső szerves anyag fogadására.

Az optimális 20-30:1 arányhoz képest a szennyvíztisztító telepen főleg magasabb **C/N arányok** voltak jellemzőek a rendszer működésére. A detektált eredményekből arra tudunk következtetni, hogy a vizsgálati időszak során a nehezen bomló anyagok részaránya túlsúlyban volt a toronyra feladott iszapban. Tehát ebben az esetben jellemző, hogy a metanogén baktériumok nitrogén fogyasztása gyorsabb, mely során megállapítható volt, hogy a magasabb C/N arány a telepen kisebb mennyiségű biogáz termelést eredményezett.

A kirothasztott iszap vizes fázisában mért **NH₄-N koncentrációk** átlagosan 600 mg/l felett voltak megfigyelhetőek. Július végén és a szeptemberi hónapban detektált alacsonyabb 620-640 mg/l koncentrációk mellett párhuzamosan az illósavak megemelkedett koncentrációja és a pH értékek csökkenése volt megfigyelhető a rendszerben. Ebből arra lehet következtetni, hogy a szabad ammónia koncentrációja megemelkedhetett a vizsgálati időszak ezen szakaszán, ami a termelt biogáz csökkenésében is megmutatkozott.

A rothasztóba **betáplált szerves anyag gázkihozatalának** eredményei azt mutatják, hogy a rothasztóba bevezetett szerves anyagból számolt gázhozam minimumát se nagyon tudja elérni a telep.

Ebből arra tudtunk következtetni, hogy nem bomlik le a szerves anyag olyan mértékig, mint ahogy az elvárható lenne. Felmerül a kérdés, hogy talán a (tényleges) rothasztó térfogat lecsökkenése (holt terek lévén) vagy a nem elégséges keverés, esetleg a feladott iszap összetétele miatt alakulhatott ki ez a jelenség? Nagyon fontos ennek a problémának a kivizsgálása, mert ha megkapjuk a választ a felmerült kérdésekre, meghatározható hogyan nyílnak lehetőségek a szennyvíztisztító telepen nagyobb mennyiségű biogáz előállítására.

A **lebontott szerves anyagra vonatkoztatott gázkihozatal** eredményei a szakirodalomban megfogalmazott értékeket elérték. Ez az előző okfejtést erősíti, vagyis azt hogy a biogáz képződési folyamattal nincs probléma, hiszen a lebontásra kerülő szerves anyag mennyiségéből pontosan az elvárásoknak megfelelő mennyiségben keletkezik biogáz. Ha sikerülne rájönni, miért nem tud a telep több szerves anyagot lebontani a tornyokban, akkor ennek értelmében sikerülne a többlet lebontásra kerülő szerves anyagból egyből biogázt is előállítani. Tehát a feladat a lebontásra kerülő szerves anyag mennyiségének növelése.

A telepen keletkező **biogáz összetételének** vizsgálata során a metán és szén-dioxid arány korrelált egymással. Azonban a szerves anyag bontása erősen függ a kémhatástól, így a pH ingadozása módosíthatja a gáz összetételét.

A rothasztók **hőmérsékleti** adatai a téli időszakhoz közeledve kissé visszaestek, de összességében az értékek állandónak tekinthetők, mivel nincsenek benne hirtelen változások. A hőmérséklet különbségek 2°C-on belül maradnak és a torony maghőmérséklete minden esetben 37°C fölötti volt.

A **felhasznált biogáz és földgáz mennyiség** alakulása egyértelműen mutatja, hogy a technológiában történő módosítások hatására a havi biogáz termelés növekedett. A biogáz metán koncentrációjával egyenértékű a földgázhoz viszonyított fűtőértéke. A telep főleg fűtési célokra használja a földgázt, tehát évente 50.000 m³ földgáz megspórolása csak 50.000/0,6=83.333 m³ biogáz megtermelésével váltható ki. A 2013-2014-es földgázévben 260.000, a 2014-2015-ösben 210.000, 2015-2016-os évben 160.000 m³ földgázt használt a telep. A mostani földgázévben kb. 110.000 m³ földgáz felhasználási igénnyel lehet számolni. Az elmúlt években megfigyelhető csökkenő tendencia az enyhe telek mellett leginkább annak köszönhető, hogy az utóbbi időszakban rendelkezésre álló többlet biogáz mennyiség kellő energiaforrást biztosított a földgázból származó energiatermelés kiváltására és ezáltal az üzem költségeinek csökkentésére. Továbbá a szennyvíztelep hónapról hónapra egyre nagyobb arányban tudta megtermelni az üzemvitelhez szükséges **villamos energia mennyiségét** is. Ezzel párhuzamosan pedig jelentős megtakarításokat sikerült elérni a villamos energia vásárlás területén is.

Hivatkozások

- [1] D. Fytili, A. Zabaniotou (2008): *Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods – A review*. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12. 116–140.
- [2] Tchobanoglous G., Burton F. L., Stensel H. D. (2003): *Wastewater Engineering. Treatment and reuse*. 4th edition. Metcalf & Eddy Inc. McGraw Hill Science. 986- 996.
- [3] Juhász E. (2011): *A szennyvíztisztítás története*, Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 184.
- [4] Öllös G., Oláh J., Palkó Gy. (2010): *Rothasztás*, Magyar Víziközmű Szövetség, Budapest, 320.

- [5] Kárpáti Á. (2002): *Szennyvíziszap rothasztás és komposztálás*, Ismeretgyűjtemény 6. Veszprémi Egyetem Környezetmérnöki és Kémiai Technológia Tanszék, Veszprém, 104.
- [6] Balat, M., H. Balat (2009): *Biogas as a Renewable Energy Source - A Review*, Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects. 31 (14) 1280-1293.