



PIRMINIO DUMBLO HIDROLIZĖS TYRIMAI

Agnė SINKEVIČIŪTĖ¹, Regimantas DAUKNYS²

VGTA AIF Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedra

El. paštas: ¹agne.sinkeviciute@stud.vgtu.lt; ²regimantas.dauknys@vgtu.lt

Anotacija. Svarbu užtikrinti tinkamą nuotekų valymo procesą tam, kad išleidžiamų nuotekų kokybė atitiktų keliamus reikalavimus, ypač pagal azoto ir fosforo junginius. Dažnas reiškinys yra organinės anglies trūkumas valomose nuotekose. Vienas iš sprendimo būdų yra pirminio dumblo hidrolizė, kurios produktai gali būti naudojami kaip išorinis anglies šaltinis azoto ir fosforo šalinimo efektyvumui padidinti. Tyrimas atliktas palaikant skirtingas dumblo amžiaus reikšmes. Nustatyta, kad optimalus dumblo amžius hidrolizės procesui vykti yra 5–6 paros. Esant tokioms dumblo amžiaus reikšmėms, BDS₇ susidarymo efektyvumas siekia 81 %, kai BSM suskaidymas yra 4,6 %.

Reikšminiai žodžiai: pirminis dumblas, hidrolizė, bėpelenės sausos medžiagos, biocheminis deguonies suvartojimas.

Įvadas

Nuolatos griežtėjant aplinkosauginiams reikalavimams, nuotekų valymo įrenginiai gali būti nepajėgūs pašalinti reikiamo teršalų kiekio. Taigi, svarbu optimizuoti nuotekų valymo procesą taip, kad išleidžiamų nuotekų kokybė atitiktų keliamus reikalavimus (D1-236, 2006, Įsakymas Nr. 495 2001-10-05). Neužtikrinus šių sąlygų, sudaromos sąlygos eutrofikacijos procesui vykti. Ypač aktualus tinkamas biogeninių medžiagų (azoto ir fosforo junginių) pašalinimas iš nuotekų.

Apie galimybę biogenines medžiagas iš nuotekų pašalinti biologiniu būdu galima spręsti pagal biocheminio deguonies suvartojimo per 5 paras ir bendrojo azoto koncentracijų santykį (BDS₅/N_b) bei pagal BDS₅ ir bendrojo fosforo koncentracijų santykį (BDS₅/P_b). Dažnas reiškinys yra organinės anglies trūkumas nuotekose. Šalinant azoto ir fosforo junginius biologiniu būdu, svarbu, kad mikroorganizmams reikalingas anglies šaltinis būtų lengvai biologiškai skaidomos formos. Trūkstant jo nuotekose, taikomas išorinis anglies šaltinis, toks kaip metanolis ar etanolis. Kaip anglies šaltinis gali būti naudojami ir pirminio dumblo hidrolizės produktai – lengvai biologiškai skaidomi organiniai junginiai (Li et al., 2009).

Pirminio dumblo hidrolizė – tai organinių junginių skilimo procesas, vykstantis 3 fazėmis: hidrolizė, fermentacija ir acetogenezė (Ristow, Sotemann, Loewenthal,

Wantezel ir Ekama, 2005). Jo metu dalyvauja *Clostridium spp.*, *Peptococcus anaerobus*, *Bifidobacterium spp.*, *Desulphovibrio spp.*, *Lactobacillus*, *Actinomyces*, *Staphylococcus*, *Escherichia coli* bakterijos. (Ristow et al., 2005). Hidrolizės metu kompleksiniai organiniai junginiai yra suskaidomi į paprastesnius tirpius organinius junginius, kurie dėl mikroorganizmų suskaidomi į monomerus. Fermentacijos metu amino rūgštys, cukrūs ir kai kurios riebalų rūgštys yra suskaidomi iki acto rūgšties, propiono rūgšties, sviesto rūgšties, vandenilio, anglies dioksido. Acetogenezės metu sudėtingesnės sudėties cukrūs ir amino rūgštys, kurios nebuvo suskaidytos fermentacijos fazėje, yra suskaidomi iki acto rūgšties, propiono rūgšties, sviesto rūgšties, vandenilio, anglies dioksido.

Veiksniai, kurie gali turėti įtakos lakiųjų riebalų rūgščių gamybai, taikant pirminę dumblo hidrolizę, gali būti šie: dumblo amžius, sausų medžiagų koncentracija, temperatūra, pH.

Mokslinėje literatūroje nurodoma, kad efektyviausias dumblo amžius hidrolizės procesui vykti yra 1–10 parų (Efstathiou, Mamais, Tsourtis ir Tridimas, 2003). Esant mažesnėms pH vertėms negu 6, susidariusio BDS₇ koncentracija yra didesnė (Efstathiou et al., 2003). Nustatyta, kad vykstant hidrolizės procesui, esant 10 °C, BDS₇ susidarymo laipsnis yra 40 %, o kai 20 °C – 60 % (Jönsson, Pottier, Dimitrova ir Nyberg, 2008).

Šiame straipsnyje tirtas pirminio dumblo hidrolizės procesas, siekiant išsiaiškinti dumblo amžiaus reikšmę, kuriai esant hidrolizės procesas vyksta efektyviausiai.

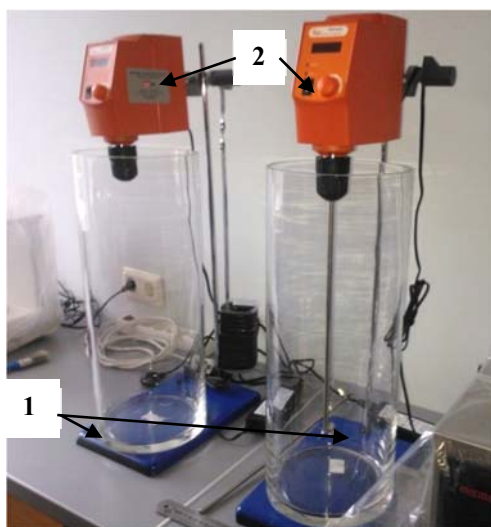
Metodika

Tyrimo objektas yra pirminis dumblas, iš kurio hidrolizės būdu yra gaunami lengvai skaidomi organiniai junginiai, apibrėžiami BDS₇ susidarymu. Atkreiptinas dėmesys, kad ne visa susidariusi BDS₇ dalis yra lengvai skaidomi organiniai junginiai.

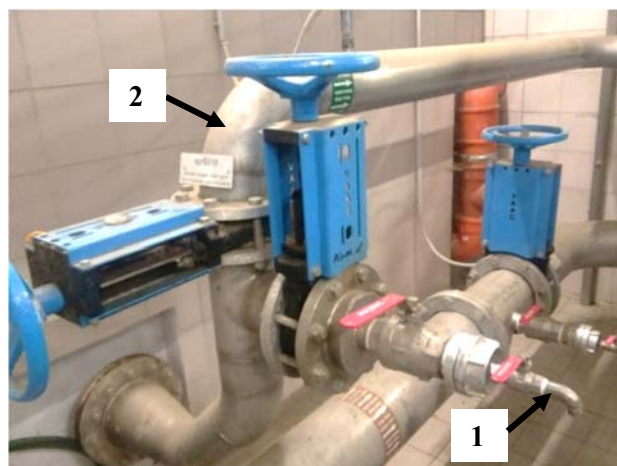
Tyrimai atlikti VGTU Aplinkos apsaugos ir vandens inžinerijos katedros laboratorijoje. Pirminio dumblo hidrolizės procesas vykdytas talpoje, kurioje dalis dumblo šalinata ir papildyta šviežiu pirminiu dumblu kiekvieną dieną (1 paveikslas). Šviežio dumblo koncentraciją stengiasi palaikyti kuo pastovesnę – vidutiniškai 44 g SM/l. Šalinamas dumblo kiekis nustatomas toks, kad būtų išlaikytas pasirinktas dumblo amžius. Tyrimai atlikti palaikant 3, 5 ir 8 parų dumblo amžiaus reikšmes. Dumblo cirkuliacija netaikyta, todėl dumblo amžius yra lygus dumblo išbuvimo trukmei.

Tyrimams naudotas pirminis dumblas iš Vilniaus miesto nuotekų valyklos pirminio dumblo mėginių ėmimo vietos (2 paveikslas), kuri yra dumblo apdoravimo techniniame pastate.

Pradedant tyrimą talpa pripildoma 10 litrų pirminio dumblo, atvežto iš Vilniaus miesto nuotekų valymo įrenginių (1 paveikslas). Dumblas joje nepertraukiamai maišomas maišykle. Tyrimo metu pirminio dumblo hidrolizė vyksta su dumblo papildymu. Pagal 3, 5 ir 8 parų dumblo amžių nustatoma, koks dumblo kiekis turi būti pašalintas ir tiek įpilama kiekvieną dieną.



1 paveikslas. Laboratorinio stendo modelis: 1 – cilindro formos indas, kurio darbinis tūris 10 litrų, 2 – mechaninė maišyklė (LBX0S20, galia 70 W, 0–2000 aps./min)



2 paveikslas. Pirminio dumblo mėginių ėmimo vieta Vilniaus miesto nuotekų valykloje: 1 – pirminio dumblo mėginių paėmimo čiaupas, 2 – pirminio dumblo tiekimo vamzdis į dumblo apdoravimo įrenginius

Dumblas, nustatius dumblo amžiaus reikšmę, buvo išlaikomas po 5 ciklus, t. y. po 5 ciklų, esant 3 parų dumblo amžiui, amžius keičiamas į 5 parų dumblo amžių ir tiriamas 5 ciklus, po to amžius keičiamas į 8 parų dumblo amžių ir vėl tiriamas 5 ciklus. Priimta prielaida, kad mikroorganizmų, vykdančių hidrolizės procesą, pritaikymo prie sąlygų trukmė yra dviejų dumblo amžių trukmė. Analizuojant rezultatus, pirmųjų dviejų ciklų parametų reikšmės atmetos dėl rezultatų patikimumo.

Buvo parinktas 270 aps./min, maišyklės sukimosi greitis, kuris leido palaikyti dumblą skendinčioje būsenoje visame talpos tūryje.

Dumblo parametrai tirti VGTU laboratorijoje (1 lentelė). Atsivežus dumblą iš Vilniaus nuotekų valyklos, dalis

1 lentelė. Tyrimo metu naudoti analizės metodai

Parametras	Analizės metodas	Matavimo dažnumas
Mėginys: dumblas		
SM, g/l	LST EN 15934: 2012 A metodika	Kiekvieną dieną
BSM, g/l	LST EN 12880: 2002	Po kiekvieno dumblo išbuvimo ciklo
Mėginys: dumblo vanduo		
ChDS, mg O ₂ /l	LAND 83: 2006	Po kiekvieno dumblo išbuvimo ciklo
BDS ₇ , mg O ₂ /l	LAND 47–1:2007	Po kiekvieno dumblo išbuvimo ciklo
Temperatūra, °C	pHmetras su termometru	Kiekvieną dieną
pH	pHmetras su termometru	Kiekvieną dieną

Pastaba: SM – sausų medžiagų koncentracija, BSM – bepelelių sausų medžiagų koncentracija, ChDS – cheminis deguonies suvartojimas, BDS₇ – biocheminis deguonies suvartojimas per 7 paras.

dumblo panaudota iškart, kita dalis naudota ateinančias 2–3 dienas talpai papildyti. Pastaroji dumblo dalis laikyta šaldytuve, esant +4 °C temperatūrai tam, kad nepakistų dumblo savybės.

Prieš pilant dumblą į talpą, jis buvo atšildytas, t. y. laikytas išėjus iš šaldytuvo, vis matuojant jo temperatūrą, kol ji tapo tokia pati kaip ir temperatūra tiriamojo dumblo talpoje.

Pirminio dumblo ir dumblo po hidrolizės numatytiems parametrams ištirti naudoti standartiniai analizės metodai, kurie pateikti 1 lentelėje.

Tūris, kuris reikalingas talpai papildyti, yra lygus tūriui, išpilamam iš talpos.

Skaičiavimai vyksta tokia seka:

1. Apskaičiuojamas reaktoriuje esantis dumblo kiekis pagal sausas medžiagas:

$$M_{reakt} = V \cdot a_{reakt}, \text{ g SM}, \quad (1)$$

čia: M_{reakt} – dumblo kiekis pagal sausas medžiagas reaktoriuje, g SM; V – reaktoriaus tūris, l; a_{reakt} – dumblo koncentracija reaktoriuje, g SM/l.

2. Apskaičiuojamas šalintino dumblo kiekis pagal sausas medžiagas ir pagal nustatytą dumblo amžių:

$$M_{\text{sal}} = \frac{M_{reakt}}{\theta}, \text{ g SM}, \quad (2)$$

čia: M_{sal} – šalintino dumblo kiekis pagal sausas medžiagas, g SM; M_{reakt} – dumblo kiekis pagal sausas medžiagas reaktoriuje, g SM; θ – dumblo amžius, d.

3. Apskaičiuojamas šalintino dumblo paros kiekis pagal tūrį:

$$Q_{\text{sal}} = \frac{M_{\text{sal}}}{a_{reakt}}, \text{ l/d}, \quad (3)$$

čia: Q_{sal} – šalintino dumblo paros kiekis, l/d; M_{sal} – šalintino dumblo kiekis pagal sausas medžiagas, g SM; a_{reakt} – dumblo koncentracija reaktoriuje, g/l.

4. Apskaičiuojamas pripilamo dumblo paros kiekis pagal tūrį:

$$Q_{\text{pripil}} = \frac{M_{\text{sal}}}{a_{\text{atv}}}, \text{ l/d}, \quad (4)$$

čia: M_{sal} – šalintino dumblo kiekis pagal sausas medžiagas, g SM; a_{atv} – naujai atvežto dumblo koncentracija, g/l.

Dėl atvežto dumblo ir tiriamo dumblo koncentracijų skirtumų gali susidaryti pripilamo ir šalinamo dumblo kiekių skirtumas. Kai dumblo kiekis reaktoriuje yra mažesnis negu 10 litrų, į reaktorių pripilamas toks distiliuoto

vandens kiekis, kad bendras tūris būtų 10 litrų. Kai dumblo kiekis yra didesnis negu 10 litrų, talpoje esantis dumblas nusodinamas ir perteklinė dumblo vandens dalis nupilama, kol pasiekiamas 10 litrų reikiama tūrio reikšmė.

Rezultatai ir jų analizė

Viso tyrimo metu stengtasi palaikyti kuo pastovesnę temperatūrą. Ji svyravo nuo 17,8 °C iki 24,8 °C, o vidutinė reikšmė buvo 20,9 °C.

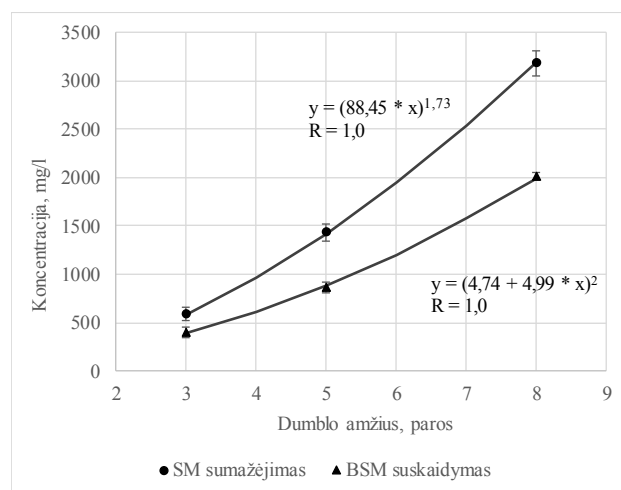
Sausų medžiagų sumažėjimo ir bepelenių sausų medžiagų suskaidymo analizės rezultatai pateikti atitinkamai 2 ir 3 lentelėse bei 3 paveiksle.

2 lentelė. Sausų medžiagų sumažėjimo tyrimo metu analizės rezultatų apibendrinimas (mg/l)

Dumblo amžius	3 paros	5 paros	8 paros
Vidutinė reikšmė	586	1436	3182
Minimali reikšmė	497	1280	2975
Maksimali reikšmė	689	1560	3375
Standartinis nuokrypis	69	88	124
Reikšmių sk.	9	15	24

3 lentelė. Bepelenių sausų medžiagų suskaidymo tyrimo metu analizės rezultatų apibendrinimas (mg/l)

Dumblo amžius	3 paros	5 paros	8 paros
Vidurkis	398	860	2010
Minimali reikšmė	328	764	1947
Maksimali reikšmė	480	942	2080
Standartinis nuokrypis	51	56	38
Reikšmių sk.	9	15	24
BSM kiekis nuo SM, %	67,9	59,9	63,2
Vid. BSM sumažėjimas, %	1,3	4,6	7,5



3 paveikslas. Priklausomybės tarp SM sumažėjimo, BSM suskaidymo ir dumblo amžiaus grafikai

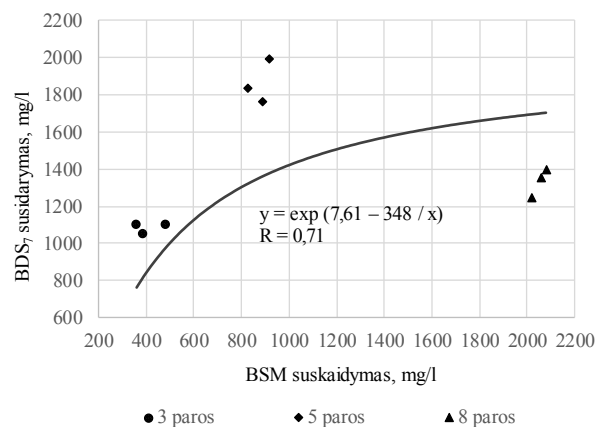
Iš 3 paveikslo matyti, kad, ilgėjant dumblo amžiui nuo 3 iki 8 parų, SM sumažėjimas didėja pagal parabolinę priklausomybę. SM sumažėjimo atveju koreliacijos koeficientas $R = 1,0$. BSM suskaidymas taip pat didėja pagal parabolinę priklausomybę, koreliacijos koeficientas $R = 1,0$. Koreliacijos koeficientų vertės rodo, kad tarp parametrų yra stiprus ryšys, todėl parametrų vertes galima prognozuoti pagal 3 paveiksle nurodytas formules. BSM kiekio mažėjimas rodo, kad vyko hidrolizės procesas.

Tyrimo metu dalis dumblo talpoje yra pakeičiama šviežiu dumblo, kurio koncentracija pagal BSM kiekvieną kartą skiriasi. Vidutinis tiekto į talpą dumblo BSM kiekis SM kiekio atžvilgiu, kai atliktas 3 parų tyrimas, buvo 68,8 %, kai 5 parų tyrimas – 62,8 % ir kai 8 parų tyrimas – 68,3 %. BSM kiekis SM kiekio atžvilgiu bei vidutinis procentinis BSM sumažėjimas po atitinkamo bandymo pagal dumblo amžių pateiktas 3 lentelėje.

Lyginant 3 ir 4 paveiksle pateiktus grafikus matyti, kad SM sumažėjimas ir BSM suskaidymas generuoja BDS₇ susidarymą. Tai reiškia, kad hidrolizuojamame pirminiame dumble daugėja lengvai skaidomų organinių junginių, kurie pereina iš kietosios fazės į tirpiąją.

Analizuojant priklausomumą tarp BDS₇ susidarymo ir BSM suskaidymo parametrų, nustatytas vidutinio stiprumo koreliacinis ryšys ($R = 0,71$) pagal eksponentinę lygtį (4 paveikslas).

Iš 4 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad didžiausias BDS₇ susidarymas (1765–1994 mg/l) pasiektas esant 5 parų dumblo amžiui ir 827–915 mg/l BSM suskaidymui. Vėliau, nors BSM suskaidymas didėja, pagal gautus analizės rezultatus BDS₇ susidarymo didėjimas yra nereikšmingas dėl atsirandančio BDS₇ suvartojimo. Pastarasis lengvai skaidomų organinių medžiagų suvartojimas, kaip nurodoma literatūroje, atsiranda dėl metanogeninių bakterijų veiklos. Taigi, vykdyti hidrolizės procesą, kai prasideda BDS₇ suvartojimas, nėra prasmės. Atsižvelgiant į tai, kad tyrimams pasirinktos 3, 5 ir 8 parų dumblo amžiaus vertės, iš turimų rezultatų nėra galimybės matyti, koks BDS₇ susidarymas dumblo amžiui esant 6 ar 7 paroms. Iš 4 paveiksle pateiktos analizuotų parametrų regresijos kreivės galima spręsti, kad optimalus BDS₇ susidarymas yra tada, kai dumblas išbūna 5–6 paros. Esant tokioms dumblo amžiaus reikšmėms, BDS₇ susidarymas pagal gautąją regresijos lygtį yra 1320–1380 mg/l. Tai sudaro 81 % nuo bendro tyrimo metu susidariusio BDS₇ kiekio. Galima teigti, kad pagal BDS₇ susidarymą ir jo vartojimo pradžią optimali dumblo amžiaus reikšmė yra 5–6 paros.



4 paveikslas. Priklausomybės tarp BDS₇ susidarymo ir BSM suskaidymo grafikas

4 lentelė. Dumblo pH reikšmės tyrimo metu

Dumblo amžius	3 paros	5 paros	8 paros
Vidurkis	5,51	5,55	5,76
Minimali reikšmė	5,21	5,37	5,56
Maksimali reikšmė	5,74	5,74	5,98
Standartinis nuokrypis	0,189	0,106	0,109
Reikšmių sk.	13	25	24

Vidutinė pirminio atvežto pirminio dumblo pH buvo 5,9. Iš 4 lentelėje pateiktų vidutinių pH verčių matyti, kad laiko atžvilgiu pH vertė didėja. Tyrimo metu palaikant 3 ir 5 parų dumblo amžiaus reikšmes pH atitinkamai buvo 5,51 ir 5,55. Šios vertės skaitine reikšme skiriasi <1 %. Tyrimo metu palaikant 8 parų dumblo amžiaus reikšmę dumblo pH buvo 5,76 ir ji yra >4 % pH vertės esant 3 ir 5 parų dumblo amžiui. 3 ir 5 parų dumblo amžiaus pH vertės rodo, kad vyko hidrolizės procesas ir susidarė lakiosios riebalų rūgštys. Iš padidėjusios pH vidutinės reikšmės esant 8 parų dumblo amžiui (4 lentelė) bei rezultatų 4 paveiksle galima spręsti, kad lakiųjų riebalų rūgščių susidarymas tęsėsi, tačiau lygiagrečiai prasidėjo jų naudojimas. Taigi pH rodiklio analizė taip pat rodo, kad hidrolizės procesui įvykti pakanka trumpesnės nei 8 parų dumblo amžiaus trukmės.

Išvados

1. Nustatyta, kad optimalus dumblo amžius hidrolizės procesui vyksti yra 5–6 paros, esant 20,9 °C vidutinei temperatūrai, vidutinė pirminio atvežto dumblo pH – 5,9, o vidutinis pirminio atvežto dumblo BSM kiekis SM kiekio atžvilgiu sudaro 67 %.

2. Esant 5–6 parų dumblo amžiui, BDS₇ susidarymas yra 1320–1380 mg/l ir tai sudaro 81 % nuo bendro tyrimo metu susidariusio BDS₇ kiekio.

3. Esant 5–6 parų dumblo amžiui, BSM kiekis sumažėjo 4,6 %, o viso tyrimo metu jis sumažėjo 7,5 %. Galima teigti, kad pakanka suskaidyti 5 % BSM, kad susidarytų optimalus BDS₇ kiekis.

Padėkos

Dėkojame UAB „Vilniaus vandenys“ už bendradarbiavimą atliekant tyrimus.

Literatūra

- Efstathiou, E., Mamais, D., Tsourtis, A., & Tridimas, P. (2003). Mathematical modeling of primary sludge anaerobic hydrolysis. In *International Conference on Environmental Science and Technology* (pp. 199-207). Lemnos island, Greece.
- Hu, Z., Houweling, D., & Dold, P. (2012). Biological nutrient removal in municipal wastewater treatment: New directions in sustainability. *Journal of Environmental Engineering*, 138(3), ACCE, 301-31.
- Huang, X., Shen, C., Liu, J., & Lu, L. (2015). Improved volatile fatty acid production during waste activated sludge anaerobic fermentation by different bio-surfactants. *Chemical Engineering Journal*, 264, 280-290. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2014.11.078>
- Yuan, Q., Sparling, R., & Oleszkiewicz, J. A. (2011). VFA generation from waste activated sludge: Effect of temperature and mixing. *Chemosphere*, 82(4), 603-307. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2010.10.084>
- Ji, Z., Chen, G., & Chen, Y. (2010). Effects of waste activated sludge and surfactant addition on primary sludge hydrolysis and short-chain fatty acids accumulation. *Bioresource Technology*, 101(10), 3457-3462. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2009.12.117>
- Jönsson, K., Pottier, A., Dimitrova, I., & Nyberg, U. (2008). Utilising laboratory experiments as a first step to introduce primary sludge hydrolysis in full-scale. *Water Science and Technology*, 57(9), 1397-1403. <https://doi.org/10.2166/wst.2008.227>
- Li, J., Ren, J., Gan, Y. P., Zhou, J., Zhang, S., & Li, Z. B. (2009). Study on hydrolysis and acidification of primary sludge. *Journal of Residuals Science & Technology*, 6(4), DEStech Publication, Inc., 201-205.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2001). Dėl aplinkosaugos reikalavimų nuotekoms tvarkyti patvirtinimo. LR aplinkos ministro įsakymas Nr. 495. *Valstybės žinios*, 2001-10-12, Nr. 87-3054.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2006). Vandens kokybė. Cheminio deguonies suvartojimo nustatymas (LAND 83-2006). LR aplinkos ministro 2006 m. gruodžio 8 d. įsakymas Nr. D1-579, *Valstybės žinios*, Nr. 137, 2007. 14 p.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2007). Vandens kokybė. Biocheminio deguonies suvartojimo per n parų (BDSn) nustatymas. 1 dalis. Skiedimo ir sėjimo, pridėjus aliltiokarbamido metodas (LAND 47-1:2007). LR aplinkos ministro 2007 m. gruodžio 3 d. įsakymas Nr. D1-655. *Valstybės žinios*, 2007-12-11, Nr. 130-5270, 14 p.
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2002). *Dumblo apibūdinimas. Sausosios liekanos ir vandens kiekio nustatymas* (LST EN 12880:2002). Vilnius, 9 p.
- Lietuvos standartizacijos departamentas. (2012). *Dumblas, apdorotos bioatliekos, dirvožemis ir atliekos. Sausųjų medžiagų kiekio skaičiavimas pagal nustatytą sausojo likučio arba vandens kiekį* (LST EN 15934:2012). Vilnius, 19 p.
- Longo, S., Katsou, E., Malamis, S., Frison, N., Renzi, D., & Fatone, F. (2015). Recovery of volatile fatty acids from fermentation of sewage sludge in municipal wastewater treatment plants. *Bioresource Technology*, 175, 436-444. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2014.09.107>
- LR aplinkos ministerija. (2006). *Nuotekų tvarkymo reglamentas* (D1-236). Vilnius.
- Norlander, H. (2008). *Hydrolysis of primary sludge and mixed sludge for production of carbon source suitable for denitrification*. Lund University, p. 1-4.
- Operation of municipal wastewater treatment plants*. (2008). Manual of Practice No. 11. Liquid Processes (6th ed., Vol. 2). New York (N.Y.). WEF press.
- Ristow, N. E., Sotemann, S. W., Loewenthal, R. E., Wantzel, M. C., & Ekama, G. A. (2005). *Hydrolysis of primary sewage sludge under methanogenic, acetogenic and sulfate-reducing conditions*. Final WRC Report 1216/1/05, Water Research Commission, Private Bag X03, Gezina, 0033, RSA. 388 p.
- Tchobanoglous, G., Burton, F. L., & Stensel, H. D. (2004). *Wastewater engineering: treatment and reuse*. Boston (Mass): McGraw-Hill. 1819 p.
- Zurzolo, F., Yuan, Q., & Oleszkiewicz, J. A. (2015). Increase of soluble phosphorus and volatile fatty acids during co-fermentation of wastewater sludge. *Waste and Biomass Valorization*, 7(2), 317-324. <https://doi.org/10.1007/s12649-015-9443-7>

RESEARCH OF HYDROLYSIS OF PRIMARY SLUDGE

A. Sinkevičiūtė, R. Daukyns

Summary

It is important to ensure proper wastewater treatment process in order to meet the effluent requirements, in particular those aimed at nitrogen and phosphorus compounds. In most cases, there is lack of organic carbon compounds in sewage. One of possible solutions is the hydrolysis of the primary sludge, as products thereof can be used as an external carbon source to improve the efficiency of nitrogen and phosphorus removal. This paper presents analysis of different values of sludge age. It was determined that the optimum sludge age for the hydrolysis process is 5–6 days. For these sludge age values, the efficiency of BOD₇ production reaches 81% when there is a 4.6% reduction in volatile dry solids.

Keywords: primary sludge, hydrolysis, volatile dry solids, biochemical oxygen demand.