



DUMBLO SKAIDYMO POVEIKIO ANAEROBINIO STABILIZAVIMO PROCESUI TYRIMAS

Mantas Aputis¹, Regimantas Dauknys²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva
El. paštas: ¹mantas.aputis@stud.vgtu.lt; ²regimantas.dauknys@vgtu.lt

Anotacija. Nuotekų valymo procese susidaro dumblas, kuris yra laikomas atlieka, todėl reikia naudoti tokius tvarkymo būdus, kad jo liktų kuo mažiau. Nuotekų dumblas turi būti tvarkomas pačiu ekonomiškiausiu ir efektyviausiu būdu. Vienas iš tokių būdų yra pūdyimas, tačiau jį naudojant ne visais atvejais yra išgaunamas maksimalus biodujų ir energijos kiekis, optimaliai sumažinamas dumblo kiekis, padengiamos dumblo tvarkymo išlaidos. Siekiant išgauti geresnius dumblo pūdyimo rezultatus, rekomenduojama naudoti dumblo skaidymą prieš jį pūdant. Viena efektyviausių ir plačiausiai naudojamų technologijų pasaulyje yra dumblo skaidymas ultragarsu. Naudojant šią technologiją po pūdyimo sausų medžiagų sumažėjo 26,5 %, bėpelenių sausų medžiagų suskaidyta 40,6 %, biodujų susidarė 22 % daugiau, nei tuo atveju, kai dumblo skaidymas prieš pūdyimą netaikytas.

Reikšminiai žodžiai: dumblas, dumblo skaidymas, anaerobinis stabilizavimas, ultragarsas, biodujos.

Įvadas

Visame pasaulyje aktuali problema yra nuotekų dumblo utilizavimas. Esama dumblo tvarkymo sistema daugelyje šalių nėra galutinai suformuota ir dumblas vis dar laikomas atlieka. Dideli dumblo kiekiai, susidarę nuotekų valyklose, kelia vis didesnes problemas ir tampa didžiuoju iššūkiu – aikštelėse sukaupti dideli dumblo kiekiai, kurių tvarkymas iki šiol naudojamais būdais pradeda kelti grėsmę aplinkai, nebeatitinka ilgalaikių visuomenės interesų, prieštarauja darnios plėtros principams.

Dėl šių priežasčių ieškoma efektyviausių būdų nuotekų dumblui apdoroti, kyla poreikis neatidėliotinai diegti modernesnes, našesnes ir aplinkai palankesnes dumblo tvarkymo technologijas. Labiausiai pasaulyje paplitęs ir efektyviausias nuotekų dumblui stabilizuoti metodas yra anaerobinis dumblo pūdyimas. Dumblo sudedamoji dalis yra organinės medžiagos, iš kurių galima pagaminti metano dujas, todėl tai dumblo pūdyimą daro itin perspektyvia technologija. Žemas perteklinio veikliojo dumblo skaidymo efektyvumas (30–40 %) ir ilga dumblo pūdyimo trukmė (20–30 dienų) yra didžiausi šio proceso trūkumai. Pertekliniame dumble gausu organinių medžiagų, tačiau jos yra mikroorganizmų ląstelėse, todėl pūdyimo procesą vykdančios mikroorganizmai jų negali pasisavinti.

Veikliojo dumblo skaidymo efektyvumą galima padidinti prieš dumblo pūdyimą naudojant įvairius dumblo skaidymo metodus, kurių metu yra suardomos dalies ląstelių membranos (Tyagi ir Lo, 2011). Visame pasaulyje yra naudojami šie dumblo skaidymo metodai: aukšta įtampa, ultragarsas, aukštas slėgis, terminė hidrolizė ir ozonavimas. Viena efektyviausių ir plačiausiai naudojamų technologijų pasaulyje yra dumblo skaidymas ultragarsu. Ši technologija yra ekologiškai saugi, nesukelianti aplinkai kenksmingų papildomų atliekų, į orą neišleidžianti kenksmingų dalelių. Todėl pastarųjų dešimtmečių dumblo kiekio mažinimas ir jo gerinimas naudojant ultragarsinį skaidymo metodą nuolat didėja (Atay ir Akbal, 2016). Be išvardytų savybių, skaidymo pasirinkimo metodą lemia ir energijos reikalingam skaidymo efektui sukurti sunaudojimas, todėl labai svarbus yra eksploatacijos kaštų optimizavimas. Iš vienos pusės dumblo skaidymas reikalauja papildomai energijos, tačiau pūdyimo proceso metu ji lemia ir didesnę biodujų išsiskyrimo kiekį. Ultragarsinio skaidymo proceso esmė yra dumble atsiradusių mikroburbuliukų kavitacija, kurios metu per labai trumpą laiką burbuliukai atsiranda, išsiplečia ir sprogs (Zielewicz ir Tytla, 2015). Be to, kavitacija sukuria laisvuosius radikalus, kurie prisideda prie ląstelių

sienelių ardymo (Ruiz-Hernando ir kt., 2014). Greitas mikrobubuliukų išsiplėtimas ir sproginimas nulemia aukštos temperatūros ir aukšto slėgio gradientus, kurie ardo dumblo ląstelių membranas ir išleidžia iš jų biologiškai skaidomas organines medžiagas (Gogate, 2002). Tyrimo tikslas yra įvertinti dumblo kiekio sumažinimo ir biudujų padidinimo galimybes taikant dumblo pūdyto procesą drauge su ultragarso skaidymo technologija.

Tyrimo metodika

Tyrimams naudotas Kauno miesto nuotekų valyklos tirštintas bei skaidytas ir tirštintas bei neskaidytas perteklinis veiklusis dumblas. Valykloje ultragarsinis dumblo skaidymo įrenginys yra sumontuotas perteklinio dumblo linijoje už dumblo tirštintuvų. Jis susideda iš buferinės talpos, cirkuliacinio siurblio, skaidyto dumblo šalinimo siurblio ir 14 ultragarsinių dumblo skaidymo reaktorių (1 paveikslas).

Tyrimams dumblas buvo imtas prieš skaidymo įrenginį ir po jo. Dumblo ėmimo vietos pavaizduotos Kauno nuotekų valyklos dumblo apdorojimo technologinėje schemoje (2 paveikslas).

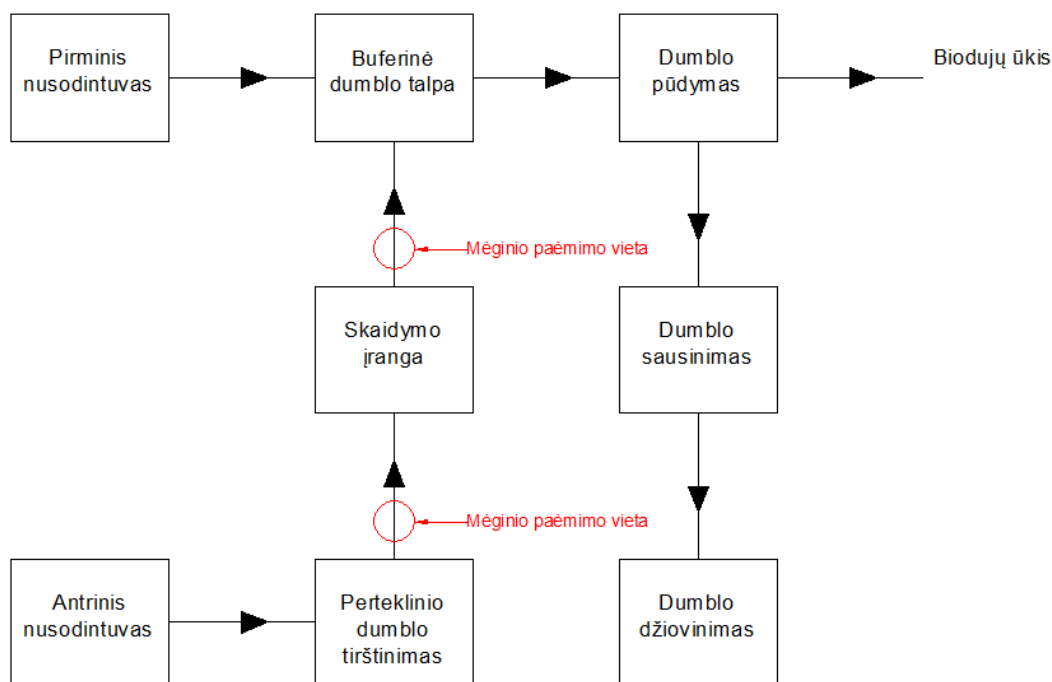
Tyrimas susideda iš 3 skirtingų etapų (4 a). Pirmuoju etapu paimti tirštinto neskaidyto ir tirštinto skaidyto su 5 reaktoriais dumblo mėginiai. Antruoju etapu paimti tirštinto neskaidyto ir tirštinto skaidyto su 14 reaktorių dumblo mėginiai. Trečiuoju etapu paimti tirštinto neskaidyto ir tirštinto skaidyto su 9 reaktoriais dumblo mėginiai.



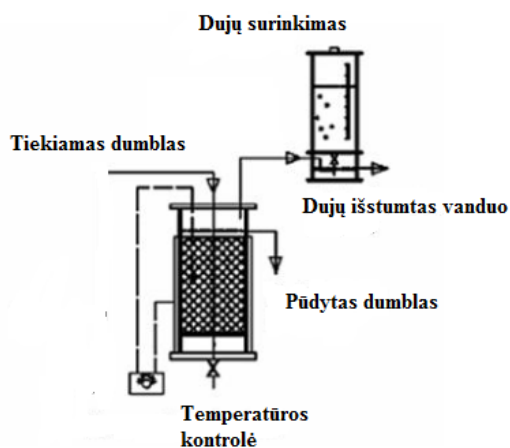
1 paveikslas. Ultragarsinis skaidymo įrenginys Kauno nuotekų valykloje

Visais etapais perteklinis veiklusis tirštintas neskaidytas ir tirštintas skaidytas dumblas pūdytas Vilniaus Gedimino technikos universiteto laboratorijoje esančiame anaerobinio pūdyto modelyje „W8 Armfield Ltd“.

Šis modelis sukomplektuotas iš dviejų lygiagrečiai veikiančių anaerobinių reaktorių. Kiekvieno anaerobinio reaktoriaus darbinis tūris – 4 l. Reaktoriai yra apšildinti kilimėliais su elektrinėmis plokštelėmis, kurios užsideda aplink kiekvieną iš reaktorių. Reaktoriuose įrengtos mechaninės maišyklės, kad dumblas laikytųsi skendinčioje būklėje, o dujų surinkimo induose – dujų paėmimo bei vandens pripildymo sklendės. Dujos, gautos pūdyto metu, kauptos 3300 ml kalibruotuose induose. Bandymo stendo principinė schema pateikta 3 paveiksle.



2 paveikslas. Mėginių ėmimo vietos



3 paveikslas. W8 Armfield Ltd modelio technologinė schema

Šiuo metu dauguma anaerobinių reaktorių nuotekų valymo įrenginiuose dirba su hidrauline išbuvimo trukme nuo 15 iki 30 dienų mezofilinės temperatūros sąlygomis (Alepu ir kt., 2016). Dėl šios priežasties dumblas pūdytas 20 parų palaikant 37 °C temperatūrą ir nuolatos maišytas.

Tirtasis dumblas buvo maišytas su pūdytu dumblu kaip pasėliu santykiu 10:1 pagal bepelenės sausos medžiagos tam, kad pūdyto proceso prasidėtų iš karto. Pasėlio kiekis apskaičiuotas pagal formulę:

$$V_P = \frac{BSM_T \cdot 4}{10 \cdot BSM_P + BSM_T} \cdot l \quad (1)$$

čia: BSM_T – dumblo prieš pūdyimą bepelenių sausos medžiagos koncentracija, gBSM/l; BSM_P – pūdyto dumblo bepelenių sausos medžiagos koncentracija, gBSM/l; 4 – reaktoriaus tūris, l; 10 – BSM santykis tarp dumblo prieš tyrimą ir po tyrimo.

Kiekvieno etapo metu nustatytos neskaidyto dumblo prieš pūdyimą, skaidyto dumblo prieš pūdyimą, neskaidyto dumblo po pūdyto, skaidyto dumblo po pūdyto rodiklių reikšmės: sausos medžiagos dumble (SM), bepelenės sausos medžiagos dumble (BSM). Dumblo mėginiai imti vadovaujantis Lietuvos standartu (LST EN ISO 5667-13, 2006). Taip pat nustatytas iš neskaidyto dumblo po pūdyto ir skaidyto dumblo po pūdyto susidaręs vidutinis biodujų kiekis per 20 parų (ml) ir metano dujų koncentracija jose (%), atlikta elektroninė mikroskopija. Rodiklių reikšmių nustatymo metodikos pateiktos 1 lentelėje.

Norint įvertinti skaidymo poveikio efektyvumą, apskaičiuotas sausos medžiagos sumažėjimas po pūdyto, bepelenių sausos medžiagos suskaidymas po pūdyto ir biodujų padidėjimas.

Sausos medžiagos sumažėjimo efektyvumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$E_{SM} = \frac{SM_T - SM_P}{SM_T} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

1 lentelė. Rodiklių reikšmių nustatymo metodikos

Rodiklis	Nustatymo metodika
SM, BSM	LST EN 15934:2012. „Dumblo apibūdinimas. Sausos masės nuostolių išskaitinam nustatymas“
Metano koncentracija biodujose	Dujų matavimo aparatas INCA 4000 T100
Elektroninė mikroskopija	Elektroninis mikroskopas
Biodujos	Kalibruotas indas

čia: SM_T – perteklinio dumblo mišinio sausos medžiagos koncentracija prieš pūdyimą, g SM/l; SM_P – pūdyto dumblo sausos medžiagos koncentracija, g SM/l.

Bepelenių sausos medžiagos suskaidymo efektyvumas apskaičiuotas pagal formulę:

$$E_{BSM} = \frac{BSM_T - BSM_P}{BSM_T} \cdot 100 \%, \quad (3)$$

čia: BSM_T – perteklinio dumblo mišinio bepelenių sausos medžiagos koncentracija prieš pūdyimą, g BSM/l; BSM_P – pūdyto dumblo bepelenių sausos medžiagos koncentracija, g BSM/l.

Biodujų padidėjimas apskaičiuotas pagal formulę:

$$E_Q = \frac{Q_N - Q_S}{Q_N} \cdot 100 \%, \quad (4)$$

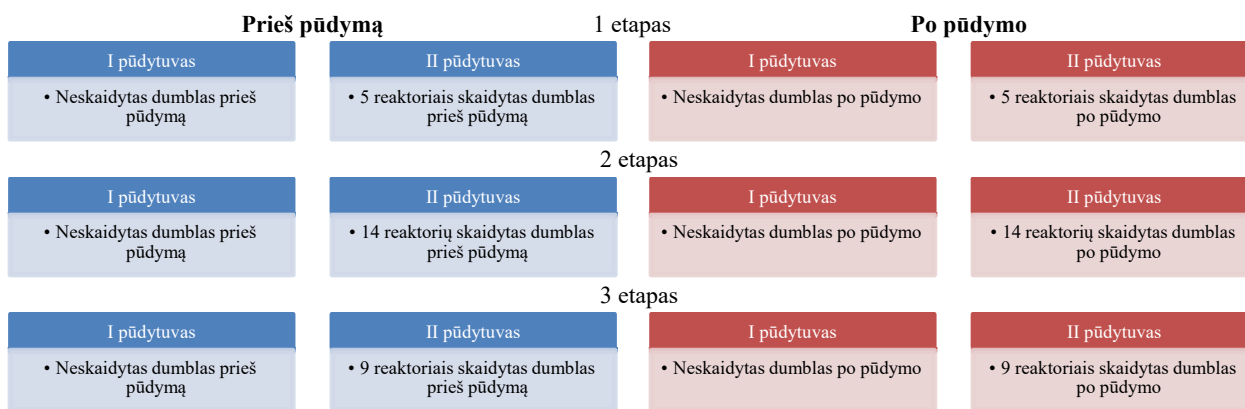
čia: Q_S – skaidyto dumblo biodujų kiekis per parą, ml; Q_N – neskaidyto dumblo biodujų kiekis per parą, ml.

Rezultatai ir jų analizė

Gauti tyrimų rezultatai pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. SM ir BSM rodiklių analizės rezultatai

Tyrimo etapas	Tirtas dumblas	SM, g/l	BSM, g/l
1.	Skaidytas dumblas prieš pūdyimą	47,47	34,67
	Skaidytas dumblas po pūdyto	36,43	22,02
	Neskaidytas dumblas prieš pūdyimą	50,73	37,15
	Neskaidytas dumblas po pūdyto	41,03	24,81
2.	Skaidytas dumblas prieš pūdyimą	46,40	33,87
	Skaidytas dumblas po pūdyto	34,10	20,12
	Neskaidytas dumblas prieš pūdyimą	50,30	36,41
	Neskaidytas dumblas po pūdyto	40,37	23,67
3.	Skaidytas dumblas prieš pūdyimą	46,93	34,01
	Skaidytas dumblas po pūdyto	35,07	20,82
	Neskaidytas dumblas prieš pūdyimą	50,40	36,44
	Neskaidytas dumblas po pūdyto	40,13	24,37



4 paveikslas. Tyrimų etapai

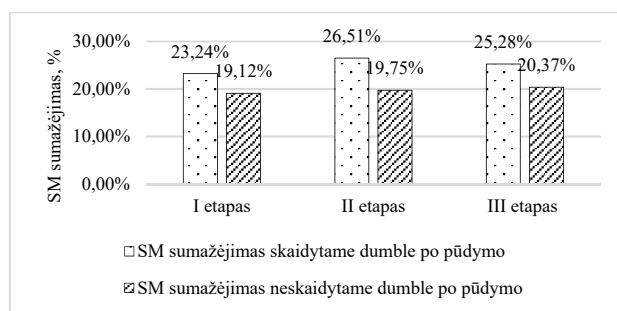
Pirmojo, antrojo ir trečiojo etapų metu paimto iš vylklos neskaidyto dumblo prieš pūdymą sausų medžiagų koncentracija kito tarp 50,30–50,73 g/l, vidutinė reikšmė – 50,48 g/l, o bepelnių sausų medžiagų koncentracija kito tarp 36,41–37,15 g/l, vidutinė reikšmė – 36,67 g/l. Iš duomenų matyti, jog visų etapų atvejais tirtas neskaidytas dumblas prieš pūdymą neviršijo 3 % matavimo paklaidos.

Iš nustatytų reikšmių matyti, jog skaidymo įrenginys sumažina sausų ir bepelnių sausų medžiagų koncentracijas. Dumblą skaidant skirtingu reaktorių skaičiumi, skirtingai sumažėja koncentracijos. Pirmojo etapo metu paimto skaidyto dumblo SM koncentracija nustatyta 47,47 g/l, antrojo – 46,40 g/l, trečiojo – 46,93 g/l. Pirmojo etapo metu paimto skaidyto dumblo BSM koncentracija nustatyta 34,67 g/l, antrojo – 33,87 g/l, trečiojo – 34,25 g/l. Toje pačioje lentelėje pateiktos ir pūdyto dumblo reikšmės. Pirmojo, antrojo ir trečiojo etapų metu neskaidyto dumblo po pūdymo sausų medžiagų koncentracija kito tarp 40,13–41,03 g/l, vidutinė reikšmė – 40,51 g/l, o bepelnių sausų medžiagų koncentracija kito tarp 23,67–24,81 g/l, vidutinė reikšmė – 24,28 g/l. Iš duomenų matyti, jog neskaidyto dumblo po pūdymo SM ir BSM koncentracijos, taip pat kaip ir prieš pūdymą, neviršijo 3 % matavimo paklaidos.

Pirmojo etapo metu skaidyto dumblo po pūdymo SM koncentracija nustatyta 36,43 g/l, antrojo – 34,10 g/l, trečiojo – 35,07 g/l. Pirmojo etapo metu skaidyto dumblo po pūdymo BSM koncentracija nustatyta 22,02 g/l, antrojo – 20,12 g/l, trečiojo – 20,82 g/l. Matyti, jog, skaidant dumblą skirtingu reaktorių skaičiumi, skirtingai mažėja SM ir BSM koncentracijos.

Stulpelinėje diagramoje (5 paveikslas) pateiktas sausų medžiagų sumažėjimas neskaidytame ir skaidytame dumble po pūdymo proceso.

Neskaidytame dumble SM sumažėjimas kito tarp 19,12–20,37 %, o vidutinė reikšmė nustatyta 19,75 %.



5 paveikslas. SM sumažėjimas anaerobinio stabilizavimo metu skaidytame ir neskaidytame dumble

Pirmojo etapo, kai dumblą skaidė 5 reaktoriai, pasiektas 23,24 % sausų medžiagų sumažėjimas, antrojo, kai dumblą skaidė 14 reaktorių, – 26,51 %, trečiojo, kai dumblą skaidė 9 reaktoriai, – 25,28 %.

Iš pateiktos diagramos matyti, kad visais tyrimų etapais, kai dumblas buvo skaidomas, sausų medžiagų po pūdymo sumažėjo daugiau nei neskaidytame dumble. Tiesa, sumažėjimas skirtingas, kadangi dumblas skaidytas skirtingu reaktorių skaičiumi. Didžiausias sausų medžiagų sumažėjimas pasiektas 2-uoju etapu, kai dumblą skaidė 14 reaktorių. Mažiausias sumažėjimas pasiektas 1-uoju etapu, dumblą skaidant 5 reaktoriais.

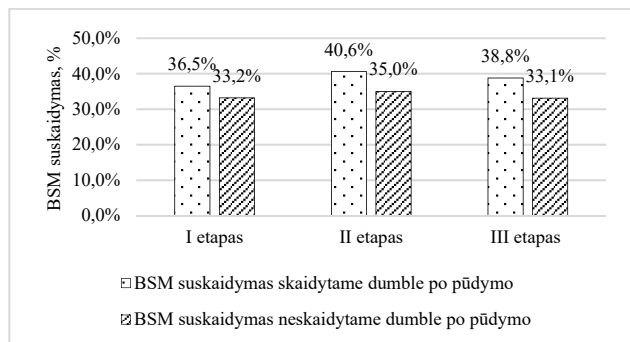
Stulpelinėje diagramoje (6 paveikslas) pateiktas bepelnių sausų medžiagų suskaidymas neskaidytame ir skaidytame dumble po pūdymo proceso.

Neskaidytame dumble BSM suskaidymas kito tarp 33,2–35,0 %, o vidutinė reikšmė nustatyta 33,77 %.

Per pirmąjį etapą, kai dumblą skaidė 5 reaktoriai, pasiektas 36,5 % bepelnių sausų medžiagų suskaidymas, per antrąjį, kai dumblą skaidė 14 reaktorių, – 40,60 %, per trečiąjį, kai dumblą skaidė 9 reaktoriai, – 38,8 %.

Iš pateiktos diagramos matyti, kad visais tyrimų etapais, kai dumblas buvo skaidytas, pasiektas geresnis bepelnių sausų medžiagų suskaidymas. Tiesa, suskaidymas skirtingas, kadangi dumblas skaidytas skirtingu reaktorių

skaičiumi. Didžiausias bepelenių sausų medžiagų suskaidymas pasiektas 2-uoju etapu, kai dumblą skaidė 14 reaktorių. Mažiausias suskaidymas pasiektas 1-uoju etapu, dumblą skaidant 5 reaktoriais.



6 paveikslas. BSM suskaidymas anaerobinio stabilizavimo metu skaidytame ir neskaidytame dumble

Toliau analizuotas biodujų susidarymas pūdymo laikotarpiu. 3 lentelėje pateiktos vidutinės 3 etapų iš neskaidyto dumblo susidariusios biodujų reikšmės. Kiekvieno

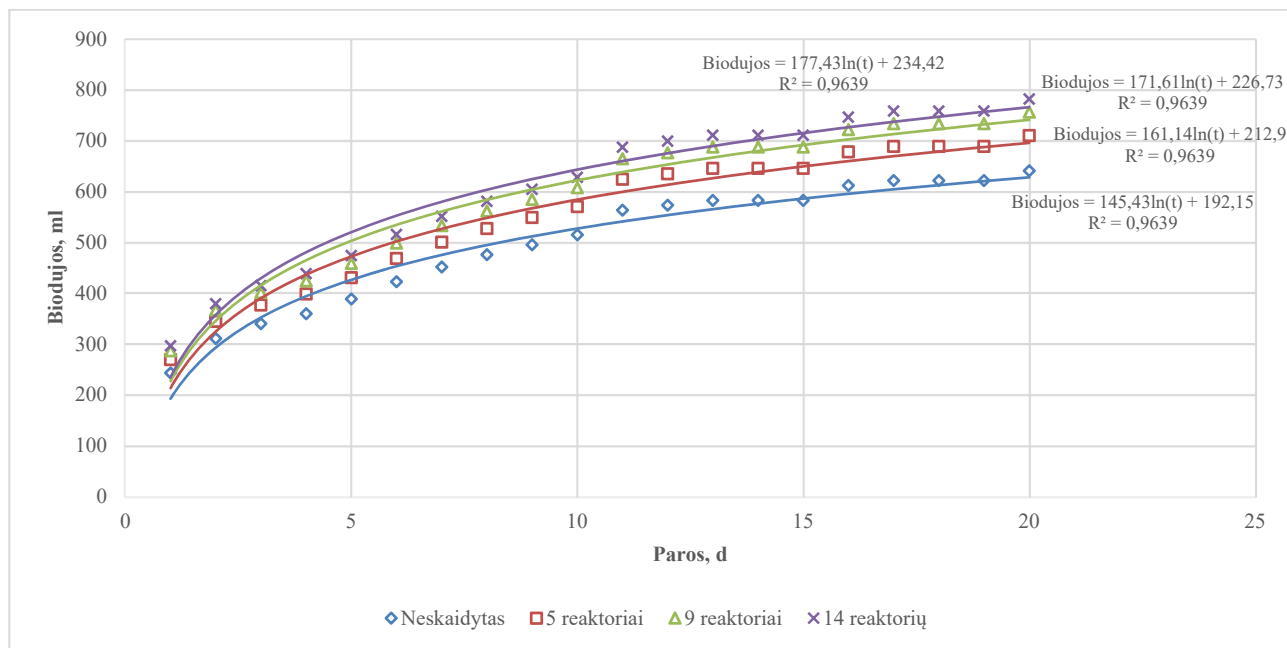
etapo metu iš neskaidyto dumblo susidaręs biodujų kiekis neviršijo 3 % skirtumo, todėl pasirinkta į lentelę ir grafiką įtraukti vidutiniškai per 3 etapus susidariusi biodujų kiekis iš neskaidyto dumblo.

Taip pat lentelėje pateiktos kiekvieno etapo iš skaidyto dumblo susidariusios dumblo reikšmės. Pirmuoju etapu iš skaidyto dumblo vidutiniškai per 20 parų biodujų susidaryta 554 ml, antruoju – 610 ml, trečiuoju – 590 ml.

Taškinėje diagramoje (7 paveikslas) matyti, kad visų tyrimų kreivių logaritminėje tendencijoje matyti tipiška biodujų gamybos proceso kinetika. Atlikta biodujų priklausomybė nuo pūdymo laikotarpio analizė rodo, kad tarp tirtųjų avejų yra geras koreliacijos ryšys. Visais tirtaisiais atvejais koreliacijos koeficientas $R = 0,98$. Iš diagramos matyti, kad ultragarsu paveiktas dumblas didina biodujų išėigą, priklausomai nuo reaktorių skaičiaus, kurie dumblą skaido. Nepaisant to, kokių reaktorių skaičiumi dumblas skaidytas, biodujų išėiga vis tiek didesnė nei neskaidyto dumblo.

3 lentelė. Biodujų susidarymas per 20 parų

Reaktorių skaičius	Parametras	Pūdymo likotarpis, paros																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	Biodujos, ml	243	311	340	359	388	422	451	476	495	515	563	573	583	583	612	621	621	621	641	
5		270	345	380	400	430	470	500	530	550	570	625	635	645	645	645	680	690	690	690	710
9		285	365	400	425	460	500	535	560	585	610	665	675	690	690	690	720	730	730	735	755
14		295	380	415	440	475	515	550	580	605	630	685	700	710	710	710	750	760	760	760	780



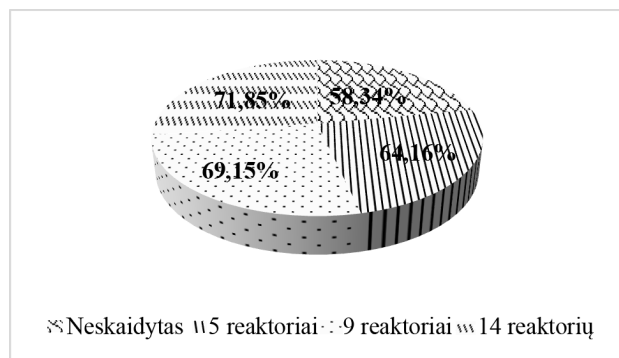
7 paveikslas. Biodujų išsiskyrimo palyginimas tarp neskaidyto ir skirtingais reaktorių skaičiais skaidyto dumblo

Iš taškinės diagramos (7 paveikslas) matyti, jog didžiausias biodujų kiekis, palyginti su neskaidytu dumblu, susidarė dumblą skaidant 14 reaktorių, o skirtumas tarp biodujų susidarymo pasiektas 22 %. Mažiausias biodujų kiekis užfiksuotas dumblą skaidant 5 reaktoriais, o skirtumas tarp biodujų susidarymo – 10,8 %. Dumblą skaidant 9 reaktoriais, gautas skirtumas tarp reikšmių yra 18 %.

Dujų kokybinės ir kiekybinės savybės gali būti vienas iš rodiklių, įvertinančių pūdymo procesą. Biodujų gamyba yra tiesiogiai susijusi su suskaidytu sausųjų bepelenių medžiagų kiekiu ir išreiškiama išsiskyrusiu dujų kiekiu suskaidytam sausųjų bepelenių medžiagų kiekio vienetui. Biodujų kiekybinės ir kokybinės savybės taip pat priklauso nuo pūdymo temperatūros, organinių medžiagų išbuvimo trukmės pūdytuve ir pūdomo dumblo apkrovos bei dumblo tiekimo į pūdytuvą režimų.

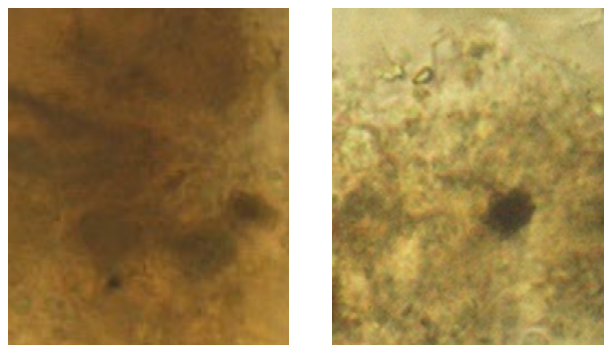
Toliau analizuotas metano kiekis gautose iš pūdymo biodujose. Biodujose esantis metano kiekis priklauso nuo to, koks dumblas pūdomas, tačiau, remiantis literatūra, įprastai biodujose yra 55–70 % metano (Monnet, 2003).

Išanalizavus metano kiekį skirtingai skaidytame ir neskaidytame dumble (8 paveikslas), pastebėta, jog metano kiekis dumble svyruoja tarp 58,34–71,85 %. Neskaidant dumblo vidutinis biodujose pasiektas metano kiekis – 58,34 %. Kai pūdytas skaidytas dumblas, pirmuoju etapu metano kiekis gautas 64,16 %, antruoju – 69,15 %, trečiuoju – 71,85 %.



8 paveikslas. Metano dujų palyginimas tarp neskaidyto ir skirtingais reaktorių skaičiais skaidyto dumblo

Galviausiai tam, kad būtų įsitikinta skaidymo įrenginio efektyvumu, dumblas įvertintas mikroskopu vizualiai. Kaip matyti iš mikroskopinių nuotraukų, skaidymo įrenginys efektyviai ardo dideles biomasės sankaupas ir tuo pagerina maitinančio substrato efektyvaus paviršiaus plotą (9 paveikslas).



9 paveikslas. Neskaidyto (a) ir skaidyto (b) dumblo mikroskopinis vaizdas

Pastaba. Mikroskopinis vaizdas priartintas 1000 kartų.

Išvados

1. Didžiausias sausų medžiagų 26,5 % sumažėjimas pasiektas dumblą skaidant 14 reaktorių. Sausų medžiagų kiekis nuo 185,6 gSM sumažėjo iki 136,4 gSM. Sausų medžiagų sumažėjimo skirtumas skaidant dumblą su 5 ir 9 reaktorių buvo 8 %, o tarp 9 ir 14 reaktorių – 4,6 %.
2. Didžiausias bepelenių sausų medžiagų 40,60 % suskaidymas pasiektas dumblą skaidant 14 reaktorių. Anaerobinio stabilizavimo metu suskaidyta 55 g organinių medžiagų – nuo 135,5 gBSM iki 80,5 gBSM. Stabilizavimo metu organinių medžiagų kiekis pakito nuo 72,5 % iki 58,6 %. Bepelenių sausų medžiagų suskaidymo skirtumas tarp 5 ir 9 reaktorių buvo 6 %, o tarp 9 ir 14 reaktorių – 4 %.
3. Didžiausias vidutinis per 20 parų susidaręs 610 ml biodujų kiekis gautas dumblą skaidant 14 reaktorių. Vidutinis biodujų kiekis, susidaręs per tą patį laikotarpį, iš neskaidyto dumblo siekė 500 ml. Pasiekta 22 % didesnė biodujų išeiga. Biodujų susidarymo skirtumas tarp 5 ir 9 reaktorių buvo 40 %, o tarp 9 ir 14 reaktorių – 18 %.
4. Didžiausias 71,85 % metano kiekis biodujose gautas dumblą skaidant 14 reaktorių. Metano kiekio biodujose skirtumas tarp 5 ir 9 reaktorių buvo 7,2 %, o tarp 9 ir 14 reaktorių – 3,8 %.
5. Skaidant dumblą 14 reaktorių pasiekti geriausi SM sumažėjimo, BSM suskaidymo ir biodujų išsiskyrimo rezultatai, tačiau apie optimalių reaktorių skaičių iš tyrimo spręsti negalima. Be išvardytų rodiklių, reaktorių skaičiaus parinkimą lemia ir energijos sunaudojimas reikalingam

skaidymo efektui sukurti, kuris šiame tyrime ne-
tirtas. Nustatyti SM, BSM, biodujų kiekio ir
metano dujų biodujose rezultatų skirtumai tarp 5
ir 9 reaktorių yra didesni negu tarp 9 ir 14, todėl
būtų tikslinga ištirti reaktorių suvartojamą el-
ektros energiją ir išanalizuoti, ar tarp 9 ir 14 reak-
torių susidaręs 4,6 % didesnis SM sumažėjimas,
4 % didesnis BSM suskaidymas ir 18 % didesnis
biodujų išsiskyrimas yra reikšmingi, atsižvelgiant
į tai, kad skaidant dumblą 14 reaktorių elektros
energijos suvartojimas bus didesnis, negu skaid-
dant 9 reaktoriams.

Literatūra

- Alepu, O. E., Zifu, L., Harrison, O. I., Kalakodio, L., Wang, K. & Segun, G. A. (2016). Effect of hydraulic retention time on anaerobic digestion of Xiao Jiahe municipal sludge. *International Journal of Waste Resources*, 6(3), 1-5.
- Atay, S., & Akbal, F. (2016). Classification and effects of sludge disintegration technologies integrated into sludge handling units: An overview. *Clean – Soil, Air, Water*, 44(9), 1198-1213. <https://doi.org/10.1002/clen.201400084>
- Gogate, P. R. (2002). Cavitation: an auxiliary technique in wastewater treatment schemes. *Advances in Environmental Research*, 6(3), 335-358. [https://doi.org/10.1016/S1093-0191\(01\)00067-3](https://doi.org/10.1016/S1093-0191(01)00067-3)
- Lietuvos Standartizacijos departamentas. (2006). *Vandens kokybė. Mėginių ėmimas. 13 dalis. Nurodymai kaip imti dumblo mėginius* (LST EN ISO 5667-13).
- Monnet, F. (2003). An introduction to anaerobic digestion of organic wastes. *Prospects of Organic Waste Management and the Significance of Earthworms*, 23-44.
- Ruiz-Hernando, M., Martín-Díaz, J., Labanda, J., Mata-Alvarez, J., Llorens, J., Lucena, F., & Astals, S. (2014). Effect of ultrasound, low-temperature thermal and alkali pre-treatments on waste activated sludge rheology, hygienization and methane potential. *Water Research*, 61, 119-129. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2014.05.012>
- Tyagi, V. K., & Lo, S. L. (2011). Application of physico-chemical pretreatment methods to enhance the sludge disintegration and subsequent anaerobic digestion: an update review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 10, 215-242. <https://doi.org/10.1007/s11157-011-9244-9>
- Zielewicz, E., & Tytla, M. (2015). Effects of ultrasonic disintegration of excess sludge obtained in disintegrators of different constructions. *Environmental Technology*, 36(17), 2210-2216. <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1024759>

RESEARCH OF SLUDGE DISINTEGRATION IMPACT ON ANAEROBIC STABILIZATION PROCESS

M. Aputis, R. Dauknys

Summary

After wastewater treatment process formation a sludge, which is considered as waste, so necessary find a solution how to minimize it. Sewage sludge must be managed in the most cost-effective and efficient way. One of the most effective way to reduce the amount of sludge is anaerobic stabilization, but in all cases the maximum amount of electricity and biogas are not reached, sludge and organic solids are not reduced, so sludge management costs increase. To make maximum stabilization result recommended use disintegration method. One of the most effective and widely used technology in the world is ultrasonic sludge disintegration. This technology achieves a maximum dry solids reduction of 26.51%, decomposition of organic solids by 40.6%, and 22% increase in biogas production at maximum disintegration degree.

Keywords: sludge, sludge disintegration, anaerobic stabilization, ultrasonic, biogas.