



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Karolina Kuzmaitė

**BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMAS TVARKANT
KOMUNALINES BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIAS ATLIEKAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Irina Kliopova

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMAS TVARKANT
KOMUNALINES BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIAS ATLIEKAS

Baigiamasis magistro projektas
Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba

(kodas 621H17002)

Vadovas

Doc. dr. Irina Kliopova

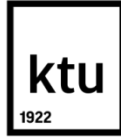
Recenzentas

Prof. dr. Jolita Kruopienė

Projektą atliko

Karolina Kuzmaitė

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Karolina Kuzmaitė

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Biodujų potencialo didinimas tvarkant komunalines biologiškai skaidžias atliekas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 _____ m. _____ d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Karolinos Kuzmaitės**, baigiamasis projektas tema „Biodujų potencialo didinimas tvarkant komunalines biologiškai skaidžias atliekas“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Karolina Kuzmaitė. Biodujų potencialo didinimas tvarkant komunalines biologiškai skaidžias atliekas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslų kryptis ir sritis: bendroji inžinerija, aplinkos inžinerija

Reikšminiai žodžiai: biodujų išėiga, biologiškai skaidžios atliekos, maisto atliekos, pirminis rūšiavimas, mechaninis – biologinis apdorojimas (MBA), anaerobinis apdorojimas

Kaunas, 2017. 75 p.

SANTRAUKA

Magistro baigiamojo projekto darbe vertinama galimybė didinti biodujų išėigą BSA centralizuoto tvarkymo MBA įrenginiuose, kuriuose biologiniam apdorojimui parinktas anaerobinis fermentavimas. Darbe iškelta hipotezė, kad atskiras komunalinių maisto atliekų surinkimas ir tvarkymas centralizuotuose MBA įrenginiuose didina biodujų išėigą, gerina gaminamo techninio komposto kokybę bei mažina jo užterštumą. Šis sprendimas turi būti ekonomiškai naudingas regiono lygmenyje – mažinant MKA tvarkymo kaštus. Darbo objektu pasirinktas Utenos regionas ir jame veikiantys MBA įrenginiai.

Magistro tezėse buvo atlikta mokslinės ir praktinės literatūros, bei teisės aktų analizė BSA anaerobinio apdorojimo metodų taikymo, energetinio potencialo nustatymo ir didinimo srityje. Nustatyta, kad plačiausiai taikomi energetinių išteklių išgavimo iš komunalinių BSA MBA įrenginiuose būdai: šlapias (pūdomų atliekų drėgnis siekia 85 %), sausas (pūdomų atliekų drėgnis siekia < 80 %), visiškai sausas fermentavimas (drėgnis – iki 50 %). Atlikus teisės aktų apžvalgą maisto ir virtuvės BSA srauto atskiras surinkimas ir tvarkymas vienas prioritetinių.

Praktika Lietuvoje parodė, kad fermentuojant komunalines BSA centralizuotose MBA įrenginiuose, biodujų išėiga gali siekti tik iki 30 m³/t maisto BSA. Susidarymo šaltinyje atskirtos MA turi didesnę biodujų potencialą (iki 220 m³/t maisto BSA) ir juose esančio CH₄ koncentraciją (virš 60%). Taip pat komunalinių BSA atliekų energetinė vertė gali būti didinama, maišant MA su kitomis BSA (mėšlu, žole ir kt.) ar tokio mikroelemento kaip Se įterpimu.

Moksliniame darbe išanalizuota Utenos regiono savivaldybėse esama BSA tvarkymo sistema. Regione susidaro iki 49,76 tūkst. mišriųjų komunalinių atliekų (MKA), įsk. apie 30 tūkst. surenkamų konteineriuose. MBA įrenginiuose 2016 m. buvo sutvarkyta virš 26 tūkst. atliekų, įsk. virš 10 tūkst. – komunalinių BSA. MBA įrenginių biologinio apdorojimo (fermentavimo ir kompostavimo) pajėgumas siekia 15 tūkst. t/m. Esami įrenginiai gali būti dalinai naudojami šaltinyje išrūšiuotų maisto atliekų (MA) biologiniam apdorojimui, papildomai įdiegiant MA smulkinimo ir sterilizavimo liniją.

Darbe įvertinta, kad Utenos MBA įrenginių esamoje BSA anaerobinio apdorojimo veikloje biodujų išėiga gali siekti tik 24,21 m³/t BSA. Darbe pateikta ir išanalizuota alternatyva, kurioje siūloma didinti šį potencialą, atskirai rūšiuojant MA, pvz., galima pradėti nuo miestų ir miestelių individualių namų gyventojų, juose įrengiant 2-jų konteinerių sistemą: mažajame konteineryje, naudojant laikraščius arba biodegraduojančius maišelius būtų

virtuvėje surenkamos MA ir išmetamos į atskirą didesnę konteinerį, kuris gali stovėti šalia esamo MKA konteinerio lauke. Dėl atskiro MA rūšiavimo, reisų skaičius jų transportavimui padidėtų tik iki 1-2,5 karto per savaitę (priklausomai nuo savivaldybės). Tokiu būdu gali būti atskirai surinkta iki 3500 t maisto BSA, vertinama tai, jog jose iki 30 % bendro kiekio sudaro įvairios priemaišos (2450 t – BSA, kurių minimali biodujų išeiga jau siektų 107,04 m³/t maisto BSA).

Nepaisant KA transportavimo kaštų padidėjimo, įgyvendinant darbe siūlomą alternatyvą dėl perteklinės energijos gamybos bei gaminant kompostą, kuris gali būti naudojamas, pvz., energetinių augalų tręšimui, MBA veiklos išlaidos sumažėtų vidutiniškai 1,42 EUR/t KA, bendros MKA tvarkymo išlaidos – 0,61 EUR/t KA (be PVM).

Darbe siūloma tuose regionuose, kuriuose įrengti komunalinių atliekų MBA įrenginiai su anaerobiniu apdorojimu, didinti MA atskiro rūšiavimo efektyvumą nuo vertinamo 11 proc. iki 50 proc., t.y. kitose moksliniuose darbuose analizuoti alternatyvą, kai MA rūšiuojamos ne tik individualių namų valdose.

Karolina Kuzmaitė. *INCREASING BIOGAS POTENCIAL, PROCESSED MUNICIPAL BIODEGRADABLE WASTE*. *Master's thesis in Environmental Management and Cleaner Production / supervisor assoc. prof. Irina Kliopova. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.*

Research area and field: General Engineering, Environmental Engineering

Key words: biogas yield, biodegradable waste, food waste, source separation, mechanical-biological treatment (MBT), anaerobic digestion

Kaunas, 2017. 75 p.

SUMMARY

The possibilities to increase biogas potential during centralized treatment municipal biodegradable waste (BDW) within mechanical biological treatment (MBT) plant with anaerobic formation are evaluated in this *Master's thesis*. The hypothesis of this work is that the source separation of food waste and centralized treatment in MBT equipment increases biogas yield, therefore, better quality compost is produced. This decision has to be economic beneficial to the regional level due to reducing the cost of mixed municipal waste management. Utena region was selected for detailed analysis in this research work.

During analysis of scientific, practical literature and review of legal documents in are of municipal BDW management and biogas production, it was determined that:

- widely used methods for biogas regeneration from municipal BDW are as follows: wet (moisture content of municipal waste – up to 85%), dry (moisture content – up to 80%), complete dry (moisture content – up to 50%);
- source separation of municipal food BDW and separate treatment, is one of the priority of municipal BDW management;
- biogas potential of source separated BDW is several times bigger (up to 220 m³ tonne⁻¹ of BDW) in comparison with centralized municipal BDW;
- also, the energetic volume of municipal BDW has to be increased by mixing with other BDW (manure, grass, etc.) or by insertion such microelement as Se.

Existing municipal BDW management system in Utena region was analyzed. Up to 49,76 thousand tonnes of mixed municipal waste are generated in this region, incl. 30 thousand tonnes, which are collected by container system. In 2016, over 26 thousand tonnes of municipal waste, incl. 10 thousand tonnes of municipal BDW, were processed within centralized MBT plant; biogas yield was 24.21 m³ tonne⁻¹ of municipal BDW.

Technical capacity of biological treatment (fermentation and aerobic processing) is up to 15 thousand tonnes per year. This MBT equipment has to be partly used for MBT of source separated municipal BDW. In addition, shredding and sterilization line for food waste pretreatment has to be implemented.

Separate collection of food BDW, for example, from the individual households in cities and towns (up to 3500 tonnes per year) and treatment within centralized MBT equipment can be alternative of existing municipal BDW management system. It was evaluated that number of run for municipal BDW collected will be increased

up to 1 – 2,5 times per week (in depends on municipality and average distance till MBT plant). It was evaluated that biogas potential of such BDW reaches $107.04 \text{ m}^3 \text{ tonne}^{-1}$ of food BDW.

Despite municipal waste transportation cost increases, the implementation of work proposed alternatives for surplus power generation and the production of compost, which can be used, for example, to energy crop fertilization, MBT operating cost reduce on average 1,42 EUR/t of municipal waste.

In master's thesis are offered in regions where are installed municipal waste MBT devices with anaerobic digestion, increase the efficiency of source separation food waste from 11 % to 50 %. In other scientific work analyze alternative to food waste source separation not only from individual houses.

TURINYS

IVADAS.....	13
1 KOMUNALINĖS BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIOS ATLIEKOS IR JŲ TVARKYMAS.....	15
1.1 Komunalinių atliekų susidarymas ES šalyse.....	16
1.2 „Beatliekinės“ technologijos taikymas BSA tvarkyme.....	17
1.3 Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų srautai.....	19
1.4 Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų tvarkymo galimybės.....	23
1.5 Komunalinių BSA anaerobinis apdorojimas.....	24
1.6 Lietuvos MBA įrenginių apžvalga, kuriuose gaminamos biodujos ir alternatyvi energija.....	31
1.7 Pagrindiniai motyvai pagrindžiantys atskirą BSA surinkimą ir tvarkymą.....	32
1.8 Pagrindinių teisės aktų BSA tvarkymo srityje apžvalga.....	34
2 BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMO VERTINIMO METODIKA.....	37
3 BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIŲ ATLIEKŲ SRAUTAI UTENOS REGIONO SAVIVALDYBĖSE.....	42
3.1 Utenos regiono apžvalga.....	42
4 BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMAS UTENOS MBA ĮRENGINIUOSE CENTRALIZUOTAI APDOROJANT KOMUNALINES MAISTO BSA: ALTERNATYVOS ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ.....	54
4.1 Siūlomos alternatyvos techninis įvertinimas.....	54
4.2 Siūlomos alternatyvos aplinkosauginis įvertinimas.....	61
4.3 Siūlomos alternatyvos ekonominė nauda.....	63
IŠVADOS IR PASIŪLYMAI.....	65
LITERATŪROS IR ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	67
PRIEDAI.....	72

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Biologiškai skaidžios atliekos	15
2 lentelė. ŠGP apdorojimui taikomi reikalavimai	20
3 lentelė. ŠGP kategorijos	21
4 lentelė. Atskirai surinktų maisto atliekų ir mechaniniu būdu iš komunalinių atliekų srauto atskirtos BSA frakcijos fizikiniai ir cheminiai parametrai	22
5 lentelė. Biodujų charakteristika.....	24
6 lentelė. Biodujų potencialas, fermentuojant skirtingas BSA, m ³ /t BSA	26
7 lentelė. BSA frakcijos sudėtis MKA sraute	27
8 lentelė. BSA frakcijos fizikiniai ir cheminiai parametrai.....	28
9 lentelė. Karvių mėšlo sudėties charakteristika	29
10 lentelė. Vaisių sudėties charakteristika	29
11 lentelė. Daržovių sudėties charakteristika.....	30
12 lentelė. Biodujų kiekis (ml) iš 2 litrų talpos bioreaktoriaus	31
13 lentelė. Lietuvos MBA įrenginių apžvalga, kuriuose gaminamos biodujos.....	32
14 lentelė. Maisto BSA iš MKA srauto biodujų potencialo įvertinimas.....	40
15 lentelė. Biodujų išėiga ir energetinis potencialas, apdorojant 1 t maisto BSA iš MKA.....	40
16 lentelė. Gyventojų skaičius Utenos regione ir pasiskirstymas pagal gyvenamąją vietą.....	43
17 lentelė. Butų skaičius pagal nuosavybės formą Utenos regione 2015m.	43
18 lentelė. Vidutinis namų ūkis Utenos apskrities savivaldybėse 2015 m.....	44
19 lentelė. MKA kiekių pasiskirstymas pagal Utenos regiono savivaldybes 2016 m. (t/m.).....	44
20 lentelė. Visų BSA kiekis Lietuvos regionuose, %	45
21 lentelė. KA bei komunalinių MA kiekis Utenos regiono savivaldybėse	46
22 lentelė. MKA surinkimo reisų sk./m.	46
23 lentelė. MKA sutvarkymas Utenos regiono MBA įrenginiuose	49
24 lentelė. Utenos Regiono ŽA kompostavimas ŽAKA.....	49
25 lentelė. Utenos regiono MBA pagamintų biodujų energetinės vertės įvertinimas ir energijos balanso sudarymas.....	51
26 lentelė. MA, kurioms siūlomas atskiras surinkimas kiekio įvertinimas.....	54
27 lentelė. Komunalinių MA surinkimo Utenos regiono savivaldybėse reisų skaičiaus (vnt./m.) ir dyzelinio kuro papildomų sąnaudų (l/m.) įvertinimas	55
28 lentelė. Pirminiu rūšiavimu atskirtų komunalinių maisto BSA biodujų potencialo įvertinimas	56
29 lentelė. Pirminiu rūšiavimu atskirtų komunalinių BSA energetinio potencialo įvertinimas.....	56
30 lentelė. BSA kiekio atskirto iš MKA srauto, po pirminio maisto BSA rūšiavimo, energetinio potencialo vertinimas.....	57
31 lentelė. Esamos ir planuojamos MBA veiklos aplinkosauginio vertinimo palyginamoji lentelė.....	61

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Komunalinių atliekų kiekis ES valstybėse (kg/gyv./m.) 2005, 2015 metais (ES statistikos taryba)	16
2 pav. Anaerobinio apdorojimo vaidmuo „beatliekinės“ (angl. „zero waste“) strategijos link (Piippo ir kt. 2014)	19
3 pav. Komunalinių BSA tvarkymo galimybės (Europos Komisija).....	23
4 pav. Anaerobinio apdorojimo tyrimui atlikti taikytas modelis (Dhanapal ir Mariyappan 2016).....	30
5 pav. Magistro baigiamojo darbo tyrimo metodika	37
6 pav. Utenos regionas (Utenos regiono ATP)	42
7 pav. URATC sistema (ATV).....	47
8 pav. Utenos regiono KA MBA įrenginiai su intensyviu antrinių žaliavų surinkimo ir BSA anaerobinio fermentavimo srautų diagrama (Staniškis ir kt. 2017, AAA)	48
9 pav. MKA tvarkymo MBA įrenginiuose pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas (2016 m.).	52
10 pav. MBA veiklos rezultatai prieš inovacijos įdiegimą	53
11 pav. MA rūšiavimui siūlomi virtuvės šiukšliadėžė ir konteineris	55
12 pav. „MAVITEC“ sterilizatoriaus principinė schema („MAVITEC Green energy“).....	59
13 pav. Planuojami MBA veiklos rezultatai po projekto įdiegimo	60

PRIEDŲ SĄRAŠAS

1 PRIEDAS. KA kiekis: šalinamas sąvartynuose, deginimas, perdirbimas ir kompostavimas ES šalyse..	72
2 PRIEDAS. BSA kiekiui sezoniškumo įtakos vertinimas Utenos regione.....	73
3 PRIEDAS. „MAVITEC“ sterilizatoriaus techniniai parametrai	75

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

ATP – atliekų tvarkymo planas;

AŽ – antrinės žaliavos;

BKA – bendras Kjeldalio azotas;

BOA – bendra organinė anglis;

BSA – biologiškai skaidžios atliekos;

DVT – darnaus vystymosi tikslas;

ES – Europos Sąjunga;

KA – komunalinės atliekos;

KJ – kogeneracinė jėgainė;

MA – maisto atliekos;

MBA – mechaninis biologinis apdorojimas (angl. MBT – mechanical biological treatment);

MKA – mišrios komunalinės atliekos;

NMD – natūralus medžiagos drėgnis;

SM – sausa medžiaga;

OM – organinė medžiaga;

RATC – regiono atliekų tvarkymo centras;

ŠG – Švaresnė gamyba;

ŠGP – šalutiniai gyvūniniai produktai;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

URATC – Utenos regiono atliekų tvarkymo centras;

VAPT – Valstybinis atliekų tvarkymo planas.

IVADAS

Temos aktualumas. Efektyvios atliekų tvarkymo sistemos sukūrimui skiriamas labai didelis dėmesys dėl kelių svarių priežasčių. Pirmiausia, tai dėl šių atliekų didėjimo tendencijos ir neigiamo poveikio aplinkai (Europos statistikos departamentas 2016). Biologiškai skaidžios atliekos (BSA) – plačiai analizuojamos moksliniuose, praktiniuose literatūros šaltiniuose, įtraukiamos į teisės aktus ir planus susijusius su atliekų tvarkymu.

Remiantis Valstybiniu atliekų tvarkymo planu (VATP) viena iš pagrindinių komunalinių atliekų tvarkymo problemų yra tai, jog didžioji dalis komunalinių BSA šalinama sąvartynuose, tai yra nuo 40 % iki 60 % viso komunalinių atliekų srauto, nes tai pigiausias atliekų tvarkymo būdas, todėl atliekos tvarkomos neatsižvelgiant į atliekų prevencijos ir tvarkymo prioritetų eiliškumą, o antrinių žaliavų, tarp jų ir biologiškai skaidžių atliekų rūšiuojamasis surinkimas, perdirbimas ar pakartotinis naudojimas nėra ekonomiškai patrauklūs (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014). Regioniniame nepavojingų atliekų sąvartyne 2016 metais šalinamų arba į mechaninio biologinio apdorojimo (MBA), mechaninio apdorojimo (MA) įrenginius priimamų mišrių komunalinių atliekų sudėties tyrimo duomenimis, Lietuvos mastu BSA vidurkis komunalinių atliekų sraute sudarė 46,05 % (Aplinkos apsaugos agentūra 2016). Atliktų mokslinių tyrimų rezultatų duomenimis įrodyta, jog BSA šalinimas yra kenksmingas aplinkai, nes yrant šioms atliekoms sąvartynuose į aplinkos orą išmetamas didelis šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) – metano (CH_4) kiekis (Europos socialiniai, teisiniai ir ekonominiai projektai 2014).

Vertinant tik tai, kaip šias atliekas sutvarkyti, jas šalinant, yra prarandama galimybė panaudoti šių atliekų energetines ir medžiagines savybes, tinkamas biodujoms išgauti, kompostuoti (Europos socialiniai, teisiniai ir ekonominiai projektai 2014). Remiantis 2015–2016 m. atlikto mokslinio tiriamojo darbo „Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų pagamintiems produktams rengimas“ rezultatais, Lietuvoje centralizuotai apdorojant komunalines BSA MBA įrenginiuose šiuo metu gaminamas tik stabilatas (techninis kompostas), kuris gali būti naudojamas tik sąvartynuose šalinamų atliekų sluoksnių perdengimui (Staugaitis ir kt. 2016). Toks kompostas nepritaikytas dirvožemio savybių gerinimui, jo naudojimo galima pasekmė – dirvožemio alinimas (Staniškis ir kt. 2017).

Pasaulio bioenergijos asociacijos (World Bioenergy Association – WBA) teigimu, išgaunant biodujas yra sunaudojama žaliava, kuri kitu atveju yra iššvaistoma arba paliekama pūti. Biodujų gamyba iš atskirai surenkamų komunalinių BSA turi didesnį energetinį potencialą, todėl tai yra viena iš alternatyvų efektyvesniam atliekų tvarkymui. Toks atliekų tvarkymo būdas leistų sumažinti poveikį aplinkos orui, klimato kaitai bei padidinti šalies energetinę nepriklausomybę (World Bioenergy Association 2013, Staugaitis ir kt. 2016).

Mokslinis naujumas. Magistro baigiamojo projekto darbe vertinama galimybė didinti biodujų išėgą BSA centralizuoto tvarkymo MBA įrenginiuose, kuriuose biologiniam apdorojimui parinktas anaerobinis fermentavimas. Darbe iškelta hipotezė, kad atskiras komunalinių maisto atliekų surinkimas ir tvarkymas centralizuotose MBA įrenginiuose didina biodujų išėgą, gerina gaminamo techninio komposto kokybę bei mažina jo užterštumą. Šis sprendimas turi būti ekonomiškai naudingas regiono lygmenyje – mažinant MKA tvarkymo kaštus.

Teorinė ir praktinė reikšmė. Analizuojama ir įvertinama galimybė atskirai surinktas biologiškai skaidžias atliekas apdoroti regiono MBA įrenginiuose, taip didinant biodujų potencialą ir vietoj stabilato gaminant aukštesnės pridėtinės vertės produktą – kompostą, kuris gali būti naudojamas, pavyzdžiui, energetinių augalų plantacijų tręšimui. Biodujų išėigos padidėjimas leistų gaminti daugiau alternatyvios elektros ir šiluminės energijos. Gauti analizės rezultatai gali būti taikomi ir kitiems Lietuvos ir kitų ES šalių regionams.

Šio tyrimo rezultatus galima naudoti visuose MBA įrenginiuose, optimizuojant jų veiklą ir mažinant poveikį aplinkai.

Darbo objektas – regione susidariusių komunalinių BSA srautai ir jų tvarkymas.

Tyrimui parinktas Utenos regionas.

Darbo tikslas – pasirinktame regione pasiūlyti komunalinių BSA apdorojimo alternatyvas didinant biodujų išgavimo potencialą.

Uždaviniai:

1. Išanalizuoti mokslinę ir praktinę literatūrą bei teisės aktus BSA anaerobinio apdorojimo metodų taikymo, energetinio potencialo nustatymo ir didinimo srityje;
2. Pasirinktame regione išanalizuoti komunalinių BSA srautus, jų esamus tvarkymo būdus, BSA sudėtį bei esamą energetinį potencialą;
3. Pasiūlyti atskirai surinktų komunalinių BSA srautų anaerobinio apdorojimo alternatyvas, didinant biodujų išgavimą;
4. Atlikti siūlomų alternatyvų įvykdomumo analizę;
5. Pasiūlyti komunalinių BSA tvarkymo optimizavimo galimybes regiono lygmeniu.

1 KOMUNALINĖS BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIOS ATLIEKOS IR JŲ TVARKYMAS

Didžiąją dalį BSA sudaro organinės maisto ir virtuvių atliekos ir pasenę maisto produktai (namų ūkių, restoranų, viešojo maitinimo, mažmeninės prekybos įstaigų maisto ir virtuvės atliekos ir panašios maisto perdirbimo įmonių atliekos), tarp jų daržovių lupenos, vaisių žievės, maisto likučiai, kavos ir arbatos tirščiai, kevalai, kiaušinių lukštai, kurios yra biologiškai skaidžios, surenkamos mišrių komunalinių atliekų sraute (Staniškis ir kt. 2017). Šios BSA kartu su MKA srautu nukreipiamos į MBA, MA įrenginius. Lietuvoje 4-se regionuose parinktas MBA su mechaniniu antrinių žaliavų bei RDF išskyrimu ir likusios frakcijos fermentavimu, išgaunant biodujas, likęs raugas stabilizuojamas ir/arba kompostuojamas, gaminant stabilatą (Staniškis ir kt. 2017).

Taip pat prie BSA priskiriamos popieriaus ir kartono, medienos, natūralaus pluošto (vilnos, medvilnės, lino, šilko) ir kitos organinės atliekos, komunalinių nuotekų valymo dumblas ir biologiškai skaidžios gamybinės atliekos, tarp jų ir viešojo maitinimo atliekos (Staniškis ir kt. 2017). Žaliosioms atliekoms priskiriama apželdintų teritorijų priežiūros ir tvarkymo atliekos – medžių ir krūmų genėjimo atliekos, lapai, žolė, individualių namų dirbamojo lauko šienavimo atliekos, gėlės ir kita (Aplinkos ministerija 2013). Žaliąsias atliekas, kurios susidaro individualių valdų teritorijose, skatinama tvarkyti namudinio kompostavimo būdu, todėl jos nėra laikomos probleminėmis ir neįtraukiamos į bendrą komunalinių BSA srautą. Efektyvesnis atliekų tvarkymo būdas būtų biodujų gamyba iš atskirai surinktų BSA dėl šiose atliekose esančių neišnaudotų energetinių savybių bei galimybės gaminti pridėtinę vertę turintį produktą – kompostą. Tačiau norint tai įrodyti, trūksta žinių apie tinkamus technologinius sprendimus, reikalingas institucines ir ekonomines prielaidas (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014).

1 lentelė. Biologiškai skaidžios atliekos

Biologiškai skaidžios komunalinės atliekos	Medienos, tekstilės, odos atliekos
	Popieriaus/kartono atliekos
	Žaliosios atliekos (medžių šakos, lapai, žolė), individualių namų valdos ir daugiabučių namų kiemai, viešosios teritorijos (žaliosios teritorijos, skverai, parkai)
	Maisto/virtuvės atliekos iš namų ūkių
Biologiškai skaidžios gamybinės atliekos	Maisto/virtuvės atliekos iš maitinimo ir prekybos įmonių
	Maisto gamybos atliekos (cukraus, alaus, alkoholio, aliejaus gamybos, mėsos, žuvies, pieno, daržovių ir vaisių, grūdų perdirbimo)
	Bioetanolio ir biodyzelino gamybos atliekos
	Biologiškai skaidžios žemės ūkio atliekos (mėšlas ir srutos, šiaudai, įvairios kitos augalinės atliekos)
	Miškininkystės ir medienos perdirbimo atliekos
	Kitos pramoninės biologiškai skaidžios atliekos

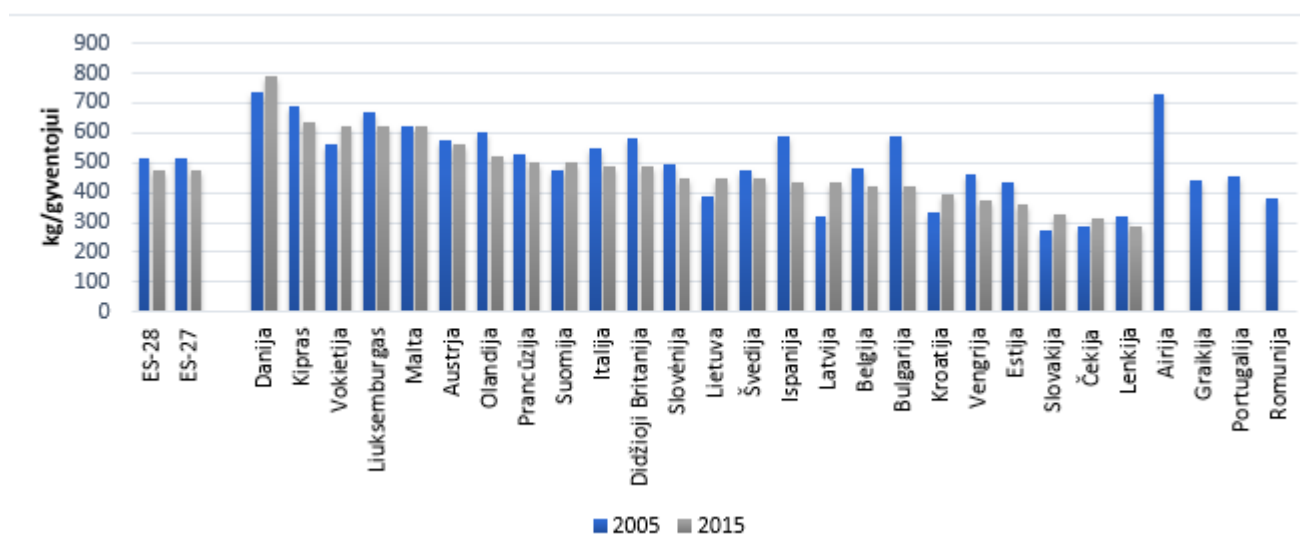
Šaltinis: (Brazas 2012)

1.1 Komunalinių atliekų susidarymas ES šalyse

Nuolatos augantis gyventojų skaičius ir pastebimai augantys jų poreikiai, kuriems patenkinti į gamybos procesus yra įtraukiama vis daugiau išteklių, tai lemia pagamintos produkcijos kiekio spartų didėjimą, dėl to vis svarbesnė pasauliniu mastu tampa atliekų problema, kuri yra įgijusi ne tik šalies susirūpinimą, tačiau pasireiškianti kaip globalus reiškinys. Visi šie veiksniai turi įtakos tam, jog atliekų tvarkymo sistema tapo viena svarbiausių ir aktualiausių XXI a. problemų, turinčių neigiamą įtaką ne tik aplinkai, bet ir visuomenės sveikatai bei gerovei (Skorupskaitė ir Junevičius 2016).

Komunalinių atliekų srautai ir jų tvarkymo būdai Europos statistikos departamento duomenimis yra pateikti 1-me priede. Pagrindiniais tvarkymo būdais yra išskiriami šie: šalinimas sąvartyne, deginimas, perdirbimas ir kompostavimas, kurie yra parinkti analizei. Esminis pokytis 1995-2015 metais – šalinimo sąvartynuose (-58 %). Lyginant 2010 ir 2015 metus, sąvartyne šalinamas atliekų kiekis Europos Sąjungos mastu sumažintas 40 %. Atliekų apdorojimas deginimo, kompostavimo, perdirbimo metodais yra alternatyvos, kuriomis siekiama dar labiau sumažinti šalinamų atliekų kiekį. Vedama atliekų apskaita – monitoringas, kuriuo remiantis atliekų susidarymo, tvarkymo tendencijos yra stebimos visame pasaulyje (Europos Sąjungos statistikos taryba).

Vadovaujantis Europos statistikos departamento duomenimis, galima teigi, jog komunalinių atliekų susidarymas ir tvarkymas Europos Sąjungoje nuo 1995 iki 2015 metų turi ryškų pokytį, kurį lemia sąvartynuose šalinamų atliekų kiekio mažinimas ar jų uždarymas bei alternatyvių būdų taikymas, kaip tinkamai tvarkyti ir šalinti susidariusias komunalines atliekas. Atliekų sraute savivaldybių atliekos sudaro tik apie 10 % bendro kiekio, tačiau jų tvarkymas yra įvardijamas kaip sudėtingiausias, dėl atliekų charakteristikos (fizikinių ir cheminių savybių), sudėties ir gyventojų vartojimo įpročių (ES statistikos taryba).



1 pav. Komunalinių atliekų kiekis ES valstybėse (kg/gyv./m.) 2005, 2015 metais (ES statistikos taryba)

Remiantis ES statistikos tarybos duomenimis, Lietuvoje komunalinių atliekų kiekis tenkantis vienam gyventojui išaugo nuo 387 kg/gyv./m. iki 448 kg/gyv./m., tai yra 5,2 %. Lietuva yra Europos šalis, kuri nepasižymi didele populiacija, tačiau vadovaujantis šia statistika, galima daryti prielaidą, jog nesaikingai vartojame ir turime neišugdytus vartojimo įpročius, kurie veikia augantį komunalinių atliekų kiekį. Todėl yra labai svarbu siekti vykdyti atliekų hierarchijos principus – prevencijos ir tvarkyti atliekas jų susidarymo šaltinyje, pakartotinai naudoti, perdirbti, panaudoti energijai gauti ir tik tada, jei atliekų neįmanoma tvarkyti ankščiau minėtais būdais, jas šalinti.

1.2 „Beatliekinės“ technologijos taikymas BSA tvarkyme

Senkantis gamtos resursai ir didėjantis aplinkos užterštumas iššaukia būtinybę keisti gamybos ir vartojimo įpročius taip siekiant mažinti gamtos išteklių eikvojimą ir susidarančių šiukšlių kiekį. Šie veiksniai skatina diegti naujas gamybos – vartojimo sistemas, kuriose nebūtų nei švaistymo, nei atliekų (angl. „zero waste“). Aiškiai suprantama, jog tai nėra vienadienis darbas, nes norint pereiti prie atliekų tvarkymo koncepcijos, kuri pagrįsta „zero waste“ principu – jokio švaistymo, jokių atliekų, visų pirma turėtume pasiekti „Valstybiniame strateginiame atliekų tvarkymo plane“ užsibrėžtus tikslus, kuriems yra nurodyti konkretūs uždaviniai.

Ilgalaikis strateginis atliekų tvarkymo tikslas – mažinti susidarančių atliekų kiekį, užtikrinti žmonių sveikatai ir aplinkai saugų atliekų tvarkymą ir racionalų atliekų medžiaginių ir energinių išteklių naudojimą, taip mažinti gamtos, kitų išteklių naudojimą ir atliekų šalinimą sąvartynuose. Šiam tikslui pasiekti Valstybiniame strateginiame atliekų tvarkymo plane numatyti šie pagrindiniai uždaviniai, kurie taikytini alternatyvios energijos gamyba (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014):

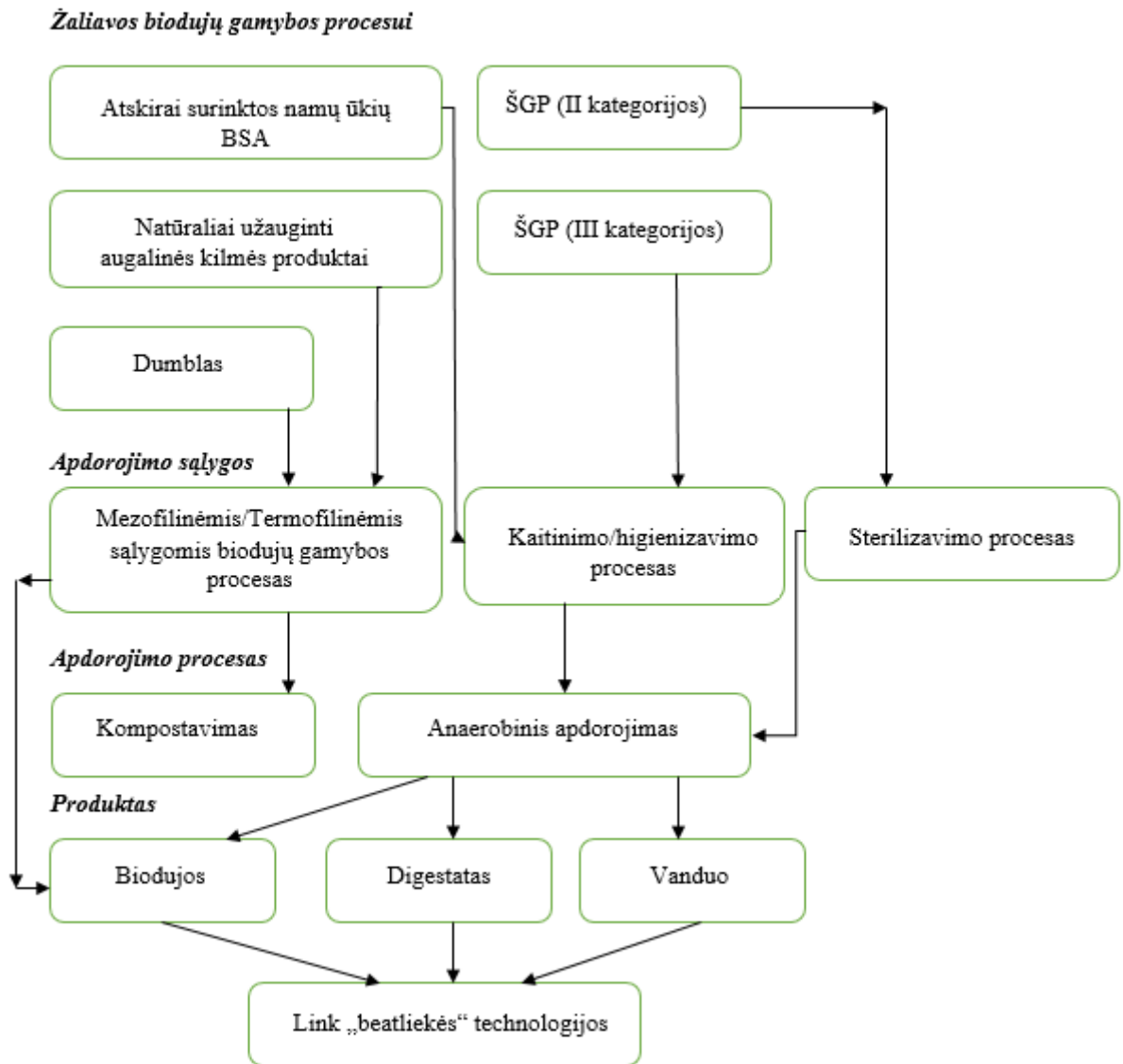
1. „sukurti komunalinių BSA tvarkymo pajėgumus;
2. didinti medžiagų ir išteklių naudojimo efektyvumą;
3. nustatyti teisingas priemones, užtikrinančias skaidrias ūkio subjektų, naudojančių atliekas energijai gaminti, veiklos ir energijos gamybos sąlygas;
4. būtina sukurti reikiamą komunalinių atliekų tvarkymo infrastruktūrą, pradedant rūšiuojamojo atliekų surinkimo priemonėmis, baigiant mechaninio ir biologinio atliekų apdorojimo, atskirai surinktų biologiškai skaidžių atliekų anaerobinio apdorojimo ir po rūšiavimo likusių ir perdirbti netinkamų atliekų naudojimo energijai gauti įrenginiais;
5. regioniniuose ir savivaldybių atliekų tvarkymo planuose turi būti numatytas (suplanuotas) visų tvarkomų komunalinių atliekų kiekis, įskaitant po rūšiavimo likusių ir perdirbti netinkamų energinę vertę turinčių komunalinių atliekų kiekį, taip pat turi būti numatyti šių atliekų tvarkymo būdai ir įrenginiai. Jeigu viename komunalinių atliekų tvarkymo regione susidarančias komunalines atliekas numatoma tvarkyti kito regiono teritorijoje esančiuose atliekų tvarkymo įrenginiuose, tokio tvarkymo sąlygos turi būti nustatytos abiejų komunalinių atliekų tvarkymo regionų regioniniuose atliekų tvarkymo planuose (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014).“

Vadovaujantis VATP numatytais reikalavimais, BSA tvarkymo sistema turi būti parengti komposto, raugo, gautų iš BSA, kokybės reikalavimai (kriterijai) ir naudojimo rekomendacijos tam, kad būtų galima lengviau įgyvendinti tikslus. VATP nurodoma, jog pirmenybė turi būti teikiama neužterštų BSA surinkimui,

kompostavimui ar biodujų gamybai ir likęs substratas kompostavimui ar tolimesniam naudojimui. Taip pat yra nurodoma įgyvendinti priemonės, kuriomis būtų skatinama produktus pagamintus iš BSA naudoti žemės ūkyje (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014).

Suomijos mokslininkai atliko tyrimą, kurio tikslas buvo įvertinti vieno miestelio atliekų tvarkymo sistemos infrastruktūros plėtros galimybę, kuri galėtų būtų traktuojama kaip žingsnis link „beatliekinės“ (angl. „zero waste“) technologijos. Laplandija turizmo srityje Europoje laikoma viena iš patraukliausių vietų ir gyvybiškai svarbi vietos ekonomikai. Tačiau, poilsio turizmo veikla neigiamai veikia biologinę įvairovę, ekosistemų funkcijas, žemę, kuri pažeista erozijos, kas mažina regiono patrauklumą. Turizmas – atliekų šaltinis, kuris taip pat neigiamai veikia aplinką. Šiuo metu Laplandijoje vyraujantis atliekų tvarkymo būdas – šalinimas sąvartynuose. Susidariusios atliekos vežamos dideliais atstumais, dėl tvarkančių atliekas objektų trūkumo. Mokslininkai analizuodami šią situaciją pateikė scenarijus, kurių gauti rezultatai leistų priimti sprendimą tinkantį aplinkosauginiu, ekonominiu ir socialiniu požiūriu išspręsti problemą. Remiantis gautais tyrimo rezultatais, palankiausias sprendimas būtų susidariusias BSA tvarkyti anaerobinio apdoravimo proceso būdu o susidariusias pūdymo liekanas panaudoti žemės tręšimo darbams. Kaip kita alternatyva atliekų tvarkymui, siūloma BSA su nuotekų dumblu ir subproduktais iš skerdyklų eliminuoti iš šios savivaldybės, tai transportavimas į kitą savivaldybę (Piippo ir kt. 2014).

Pateiktais tyrimo rezultatais remiantis buvo sukurtas „beatliekinės“ strategijos modelis, kuris galėtų būti taikomas viename Suomijos miestelyje atliekų tvarkymo sistemos tobulinimui.



2 pav. Anaerobinio apdorojimo vaidmuo „beatliekinės“ (angl. „zero waste“) strategijos link (Piippo ir kt. 2014)

1.3 Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų srautai

Komunalinių BSA srautams priskiriamos tiek atskirai surinktos atliekų frakcijos, tiek BSA, patekusios į MKA srautą. Siekiant įvardyti šių atliekų susidarymo pokytį šalyje dažniausiai vertinamas BSA keikis tenkantis vienam gyventojui. Ekspertiniu vertinimu nustatyta, jog apie 50 proc. susidarančių komunalinių atliekų kiekio sudaro BSA. Valstybinėje atliekų prevencijos programoje teigiama, jog vienas iš didžiausių biologinių atliekų prevencijos potencialų turi maisto atliekos, kurių srautus yra sunku suvaldyti. Kitas BSA srautas – popierius ir kartonas. Sumažinti šių atliekų susidarymą siekiama tokiomis priemonėmis kaip pirminis rūšiavimas, mažinimas nepageidaujamos reklamos (lankstinukų, skrajučių ir kt.) kiekis, efektyvesnis rašomojo popieriaus naudojimas. Žaliosios atliekos dar vienas BSA srautas, kurio geriausias tvarkymo būdas, ypač individualių namų valdų susidaryme – namudinis kompostavimas (Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerija 2013).

Maisto švaistymas – globalinė problema, kuri turi būti sprendžiama sukuriant subalansuotą maisto tiekimo grandinę tam, kad patenkinti augančius vartotojų poreikius. Susirūpinimas maisto atliekomis paskatino siūlyti

sprendimo būdus, kuriais būtų galima sutvarkyti šiuos atliekų srautus darant kuo mažesnę poveikį aplinkai. Mokslinėje ir praktinėje literatūroje BSA pagrindiniai analizuojami tvarkymo būdai – šalinimas sąvartyne, deginimas, kompostavimas ir anaerobinis apdorojimas (Tozlu ir kt. 2015, Eriksson ir Spångberg 2017).

Komunalinių atliekų srautai analizuojami galiojančiuose teisės aktuose, mokslinėje literatūroje ir vertinami vadovaujantis trimis darnaus vystymosi aspektais – ekonominiais, socialiniais ir aplinkosauginiais (Eriksson ir Spångberg 2017).

1.3.1 Maisto atliekos

BSA srautų valdymas regiono, savivaldybių lygmeniu yra didelis iššūkis. Efektyvus būdas tvarkyti susidariusias maisto atliekas (MA) – atskyrimas jų susidarymo šaltinyje. Atskiras MA surinkimo būdas pripažintas naudingiausiu būdu siekiant mažinti šių atliekų patekimą į MKA srautą (Yuan ir kt. 2016).

Dauguma mokslininkų atliktais tyrimais įrodė, jog atliekų atskyrimas jų susidarymo vietoje turi daug reikšmingų aspektų. MA dėl savo cheminės ir fizikinės sudėties turi daugiau žaliavinių ir energetinių savybių, todėl jos tampa naudingomis žaliavomis energijos gamybai bei jų likęs substratas turi daug didesnę vertę nei įprastas techninis kompostas (Dahlen ir kt. 2007). Išsivysčiusiose šalyse, pavyzdžiui Švedijoje, propaguoti atskirą surinkimą buvo siekiama tokiomis priemonėmis kaip, konteinerių prieinamumas, patogi infrastruktūra, aplinkos politika bei rinkliava. Be to, atliktų apklausų rezultatai rodo, jog gyventojai pritaria maisto atliekų atskiram surinkimui (Yuan ir kt. 2016).

1.3.2 Šalutiniai gyvūniniai produktai

Europos Parlamento ir Tarybos reglamentu (EB) Nr. 1069/2009 yra nustatomos žmonėms vartoti neskirtų šalutinių gyvūninių produktų (ŠGP) ir jų gaminių sveikumo taisyklės. „Šiame reglamente nustatomos visuomenės ir gyvūnų sveikatos taisyklės, taikomos šalutiniams gyvūniniams produktams ir jų gaminiams, siekiant apsaugoti visuomenės ir gyvūnų sveikatą nuo šių produktų keliamo pavojaus ir šį pavojų sumažinti bei ypač užtikrinti maisto ir pašarų grandinės saugą“ (Europos Sąjungos taryba 2009).

2 lentelė. ŠGP apdorojimui taikomi reikalavimai

	Apdorojimo parametrai
Higienizavimas	<ul style="list-style-type: none"> • 70 °C temperatūroje laikyti 1 valandą; • frakcijos dydis – 12 mm; • prieš ar po biodujų gamybos procesą
Sterilizavimas	<ul style="list-style-type: none"> • 133 °C temperatūroje laikyti 20 min.; • 3 bar. slėgis; • prieš biodujų gamybos proceso

Šaltinis: (Reglamentas Nr. 142/2011/EB)

Valstybinė maisto veterinarijos tarnyba (VMVT) kompetentinga Vyriausybės institucija, kuri yra atsakinga vykdamas valstybinę maisto ir veterinarinę kontrolę visoje šalies teritorijoje.

ŠGP – gyvūnų kūnai arba jų dalys, gyvūniniai produktai arba kiti iš gyvūnų gauti produktai, neskirti vartoti žmonėms, taip pat oocitai, embrionai ir sperma, viešojo maitinimo atliekos, kepimo aliejus, buvusieji maisto produktai, mėsinių ir skerdyklų atliekos, kraujas, plunksnos, pūkai, vilna, kailiai ir odos, gyvūnų gaišenos, mėšlas ir kt. (VMVT).

ŠGP gaminiai – iš šalutinių gyvūninių produktų, juos vieną ar daugiau kartų apdorojus, transformavus arba perdirbus, pagaminti gaminiai (VMVT).

ŠGP skirstomi į kategorijas atsižvelgiant į pavojaus visuomenės ir gyvūnų sveikatai, kylančio dėl tokių produktų, lygį.

3 lentelė. ŠGP kategorijos

1 kategorijos ŠGP	2 kategorijos ŠGP	3 kategorijos ŠGP
1. Eksperimentams naudojami gyvūnai. 2. Kenksmingi likučiai. 3. Gyvūnai galintys sirgti užkrečiamosiomis encefalopatijomis. 4. Nežinomos kilmės produktai. 5. Maitinimo atliekos iš tarptautinio transporto priemonių. 6. Atliekos iš 1 kategorijos įmonių. 7. Mišiniai su 1 kategorijos ŠGP.	1. Atliekos iš 2 kategorijos ŠGP tvarkymo įmonių. 2. Mėšlas ir virškinamojo trakto turinys. 3. Veterinarijos reikalavimų neatitinkantys produktai importuoti iš trečiųjų šalių. 4. Mišiniai su 2 kategorijos medžiagomis. 5. Veterinarijos medikamentų ir kiti likučiai. 6. Nugaišę gyvūnai.	1. Viešojo maitinimo atliekos. 2. Nužudyti vienadieniai viščiukai. 3. Kailiai ir odos. 4. Paskerstų gyvulių dalys. 5. Žuvis ir jos produktai. 6. Kiaušiniai ir jų produktai. 7. Gyvūninės kilmės maisto produktai. 8. Žaliavinis pienas.

Šaltinis: (VMVT)

1.3.3 Maisto atliekų fizikinės ir cheminės savybės

Moksliniuose šaltiniuose plačiai analizuojamos fizikinės ir cheminės komunalinių BSA frakcijos savybės tam, kad būtų galima įvertinti jų medžiaginį ir energetinį potencialą tinkamam panaudojimui. Žemiau esančioje lentelėje pateikti BSA fizikiniai ir cheminiai parametrai (Zhang ir kt. 2012). Atskirai surinktos MA pasižymi didesniu kaloringumu, maistinių medžiagų kiekiu, bet mažesniu SM kiekiu bei rūgštingumu. Komunalinių BSA frakcijoje aptinkama žymiai didesnė koncentracija potencialiai toksiškų elementų tokių kaip Cd (mg/kg) ir Hg (mg/kg) bei kitų sunkiųjų metalų (žr. 4 lentelę).

4 lentelė. Atskirai surinktų maisto atliekų ir mechaniniu būdu iš komunalinių atliekų srauto atskirtos BSA frakcijos fizikiniai ir cheminiai parametrai

Parametras	Atskirai surinktos MA	Iš komunalinių atliekų srauto išskirta BSA frakcija MBA įrenginiuose
Bendrieji parametrai		
pH (1 : 5)	4,71 ± 0,01	6,39 ± 0,01
Sausa medžiaga (SM), %	23,74 ± 0,08	52,83 ± 0,63
S ¹ (% natūralaus drėgnumo medžiagoje (NDM))	21,71 ± 0,09	33,55 ± 0,63
VS ¹ (% SM)	91,44 ± 0,39	63,52 ± 1,89
Bendra organinė anglis (BOA), % SM	47,6 ± 0,5	34,8 ± 1,1
BOA / BKA (bendra organinė anglis / bendras Kjeldalio azotas)	13,9 ± 0,2	25,0 ± 1,6
Biologinis skaidumas C ² / BOA	13,6 ± 0,2	19,2 ± 1,6
Kaloringumas, kJ/g SM	20,7 ± 0,2	13,9 ± 0,2
Biocheminės atliekų savybės		
Angliavandeniai, g/kg	453 ± 17	340 ± 7
Riebalai, g/kg	151 ± 1	68,6 ± 5,4
Apytikslis baltymų kiekis, g/kg	235 ± 3	130 ± 7
Hemiceliuliozė, g/kg	38,1 ± 3,7	52,2 ± 12,4
Celiuliozė, g/kg	50,4 ± 1,6	252 ± 36
Ligninas, g/kg	16,5 ± 0,2	184 ± 26
Maistinės medžiagos		
Bendras Kjeldalio azotas, g/kg	34,2 ± 0,4	13,9 ± 0,8
Bendras fosforas, g/kg	5,41 ± 0,32	2,17 ± 0,25
Bendras kalis, g/kg	14,3 ± 0,8	4,26 ± 0,37
Potencialiai toksiški elementai (sunkieji metalai)		
Cd, mg/kg	< 1,0	1,50 ± 0,37
Cr, mg/kg	29,0 ± 1,2	263 ± 11
Cu, mg/kg	7,20 ± 0,81	107 ± 10
Hg, mg/kg	< 0,010	0,179 ± 0,018
Ni, mg/kg	7,0 ± 2,9	97,0 ± 2,9
Pb, mg/kg	< 10	162 ± 10
Zn, mg/kg	33 ± 11	259 ± 4
Elementinė sudėtis		
N, % SM	3,44 ± 0,04	1,32 ± 0,08
C, % SM	47,6 ± 0,5	33,0 ± 1,0
H, % SM	7,04 ± 0,63	4,80 ± 0,30
S, % SM	0,15 ± 0,01	0,25 ± 0,04
O, % SM	33,3 ± 2,6	22,2 ± 1,2

Šaltinis: (Zhang ir kt. 2012; Stunžėnas 2016)

¹ Pastaba: VS¹ – lakiosios kietosios dalelės (angl. *Volatile solids*) – atliekų sausos medžiagos dalis, kuri gali būti konvertuota į biodujas;

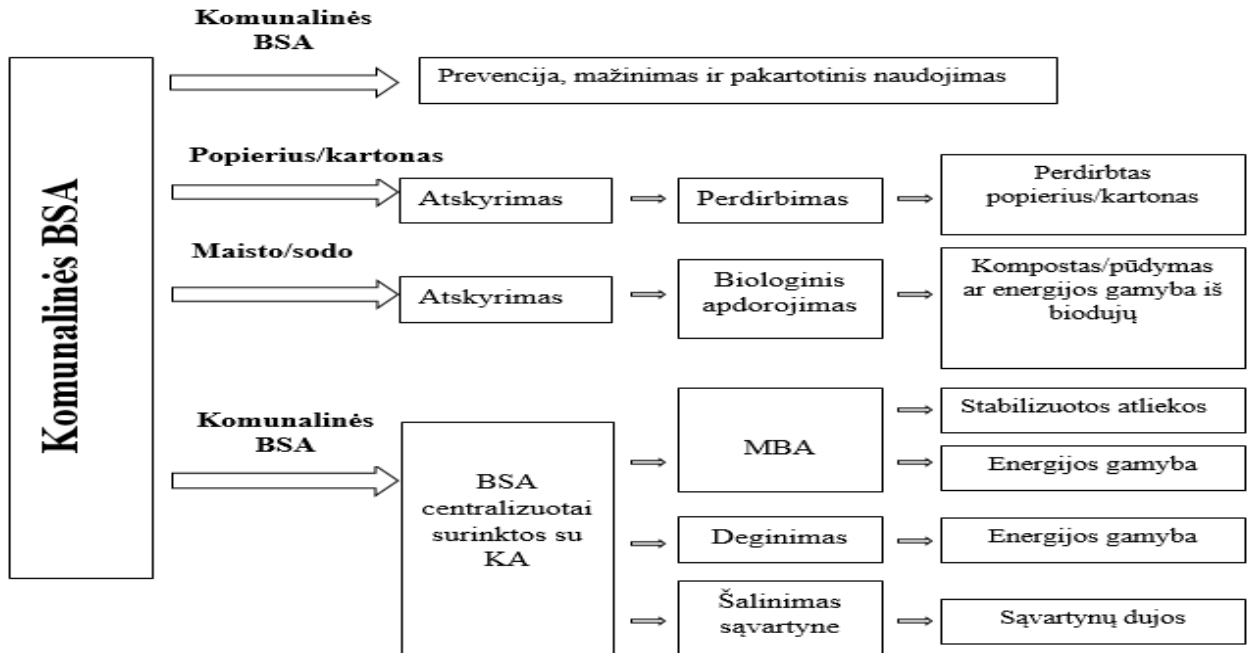
² Pastaba: C² – koeficientas gautas iš BOA atėmus lignino anglį.

1.4 Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų tvarkymo galimybės

Vadovaujantis atliekų hierarchija, labiausiai siektinas tikslas – atliekų prevencija ir pakartotinis naudojimas susidarymo vietoje. Atliekų prevencijos vykdymas šaltinio susidarymo vietoje leistų sumažinti bendrą komunalinių BSA kiekį, kuris patektų į MBA arba į sąvartynus (Kliopova ir Knašytė 2012).

Jei nebūtų skatinama tvarkyti atliekas, vadovaujantis atliekų tvarkymo hierarchijos pagrindiniu principu, tai pareikalautų papildomų išlaidų jų surinkimui, valymui bei šalinimui. Pirminio rūšiavimo būdu galima išskirti švaresnes frakcijas (antinių žaliavų, BSA, kt.), iš kurių lengviau pagaminti geresnės kokybės ir aukštesnės vertės produktus. Centralizuotai surinktos komunalinės BSA yra apdorojamos kompostavimo arba/ir anaerobiniu būdu, neįvertinant BSA esančių didesnės pridėtinės vertės medžiagų, kitų panaudojimo galimybių. MKA kartus su BSA yra nukreipiamos į MA ar MBA įrenginius ir biologiškai apdorojamos, gaminant energiją (anaerobinio apdorojimo metu), o likusi frakcija – techninis kompostas arba dar kitaip vadinamas „stabilatas“, kuris gali būti naudojamas tik sąvartynuose šalinamų atliekų sluoksnių perdengimui dėl ribotų pritaikymo galimybių (Staniškis ir kt. 2017).

Taigi, nėra panaudojamos atliekų hierarchijos prevencijos galimybės šias atliekas tvarkant jų susidarymo šaltinio vietoje, taip išgaunant aukštą pridėtinę vertę turinčius produktus, tokius kaip gyvūnų pašarai, maisto papildai, didesnę energetinį potencialą turinčias biodujas, aukštos kokybės kompostą, kt. (Europos Komisija 2014, Stunžėnas 2016). Plačiausiai taikomi BSA tvarkymo būdai pateikti paveiksle žemiau.



3 pav. Komunalinių BSA tvarkymo galimybės (Europos Komisija)

1.5 Komunalinių BSA anaerobinis apdorojimas

Anaerobinis apdorojimas (rauginimas, fermentavimas) – (angl. *Anaerobic Digestion*) – tai organinių medžiagų (atliekų) suirimo procesas, kurį atlieka mikroorganizmai anaerobinėje aplinkoje, t. y. aplinkoje neturinčios deguonies arba jos turinčioje labai mažai (Atliekų tvarkymo konsultantai, 2012). Anaerobinio apdorojimo metu yra išgaunamos dujos, kurių pagrindinis komponentas metanas (CH_4).

5 lentelė. Biodujų charakteristika

Biodujų parametrai	Vertės
Komponentai	CH_4 55-70 %, CO_2 30-45 % ir galimi pėdsakai kitų dujų
Šiluminė vertė	CH_4 37,7 MJ/m ³ ; biodujų 22,6 MJ/m ³
Energijos kiekis	6,0-6,5 kWh/m ³
Kuro ekvivalentas	0,6-0,65 L naftos/m ³ biodujų
Dujų užsiliepsnojimo ore ribinės koncentracijos	6-12 %
Užsiliepsnojimo temperatūra	650-750 °C
Kritinis slėgis	75-89 bar
Kritinė temperatūra	-82,5 °C
Tankis	1,2 kg m ⁻³
Kvapasp	Supuvusio kiaušinio (vandenilio sulfido)

Šaltinis: (LEI, Deublein ir Steinhauer 2008)

Anaerobinio fermentavimo metu yra išgaunamos biodujos. Biodujos sudeginamos kogeneracinėje jėgainėje šilumos ir/ar elektros energijos gamybai. Likusi frakcija po anaerobinio apdorojimo – raugas. Plačiausiai taikomi energetinių išteklių išgavimo iš komunalinių BSA MBA įrenginiuose būdai (Database of Waste Management Technologies):

1. Šlapias (pūdomų atliekų drėgnis siekia 85 %);
2. Sausas (pūdomų atliekų drėgnis siekia < 80 %);
3. Visiškai sausas fermentavimas (drėgnis – iki 50 %).

Raugas po anaerobinio fermentavimo homogenizuojamas – vyksta gravitacinis sausinimas arba tolesnis biologinis apdorojimas – kompostavimas (Kliopova 2016). Tyrimai rodo, jog šlapijo fermentavimo metu išgaunama daugiau biodujų, palyginti su sausu fermentavimu, bet daromas žymiai didesnis poveikis aplinkai dėl nuotekų susidarymo ir didesnių energijos sąnaudų. Visiškai sauso komunalinių BSA srauto fermentavimo metodas reikalauja didesnių investicijų, bet jis vertinamas kaip optimaliausias komunalinių BSA centralizuotam tvarkymui (Becon Energy Technologies; Staniškis ir kt. 2017).

1.5.1 Anaerobinio apdorojimo etapai

Anaerobiškai apdorojant BSA, bakterijos skaido jų organinę dalį, kuri proceso eigoje konvertuojama į biodujas. Pagrindiniai šio proceso elementai – metanas ir anglies dioksidas. Fermentacijos procesai stebimi jau nuo senų laikų, tačiau pripažinti tik tada, kai buvo paremta moksliniu pagrindu – po mikroorganizmų atradimo (Database of Waste Management Technologies). Anaerobinio apdorojimo procesas vyksta trimis etapais (LEI, Database of Waste Management Technologies):

1. I (hidrolizės) etapas:

OM hidrolizė, veikiant mikrobu išskirtiems fermentams. Hidrolizės metu kompleksiniai organiniai junginiai depolimerizuojami:

- riebalai skyla į stambiamolekulines riebalines rūgštis ir glicerolį,
- baltymai - į amino rūgštis ir peptidus,
- angliavandeniai į mono- ir disacharidus.

2. II (acetogenezės) etapas:

Veikiant rūgštis gaminančioms (acetogeninėms) bakterijoms, vyksta tolimesnis tarpinių junginių skaidymas į lakiąsias riebalines rūgštis, spiritus, vandenilį (H), anglies dvideginį (CO₂), amoniaką (NH₃) ir vandenį (H₂O).

3. III (metanogenezės) etapas:

Šio proceso metu dėl metanogeninių bakterijų veiklos susidaro metano molekulės (pagrindine iš acto rūgšties (CH₃COOH), skruzdžių rūgšties (CH₂O₂), vandenilio (H) ir anglies dvideginio (CO₂).

1.5.2 Faktoriai veikiantys anaerobinį procesą

Vykstantiems biologiniams anaerobinio skaidymo procesams yra būtinos optimalios aplinkos sąlygos (Zupančič ir Grilc 2012). Biodujų gamybos procesui įtakos turi mikroorganizmų veikla. Sudarius palankias aplinkos sąlygas mikroorganizmams, jie suaktyvėja, pradeda greičiau augti ir daugintis, tai lemia intensyvėjantį OM skaidymą ir didėjantį susidaranciu biodujų kiekį. Moksliniai šaltiniai pagrindiniais aplinkos veiksniais, turinčius lemiamos įtakos biodujų gamybai, įvardija šiuos (LEI, Staniškis ir kt. 2017):

- temperatūra (°C);
- substrato sudėtis ir anglies bei azoto santykis (C:N);
- substrato rūgštingumas (pH);
- stimulatoriai ir inhibitoriai (tokios medžiagos, kaip sunkieji metalai, amoniakas, nitratai ir sulfidai, organiniai tirpikliai, antibiotikai neigiamai veikia anaerobinį apdorojimą (slopina biodujų gamybos procesą)).

1.5.3 Mikroelementų įtaka biodujų gamybai iš biologiškai skaidžių atliekų

Pagrindinis veiksnys įtakojantys atskirą surinkimą įvairių frakcijų iš MKA srauto – atsinaujinančios energijos gamyba. BSA tvarkymas anaerobinio fermentavimo proceso būdu yra laikoma viena iš lengviausiai įgyvendinamų alternatyvų šiam tikslui pasiekti (De Baere 2006).

Atlikus mokslinės literatūros analizę bei išnagrinėjus įvairius straipsnius, susijusius su išrūšiuotų maisto BSA tvarkymu, išgaunant biodujas, gauti rezultatai pateikti 6 lentelėje. Vadovaujantis šiais indikatoriais, galima daryti pritaikomumo analizę Lietuvos mastu.

6 lentelė. Biodujų potencialas, fermentuojant skirtingas BSA, m³/t BSA

Biodujų išeiga	Literatūros šaltinis
150 m ³ /t BSA	MISEVIČIUS, A. IR BALTRĖNAS, P., 2011. Experimental Investigation Of Biogas Production Using Biodegradable Municipal Waste. <i>Environmental Engineering and Landscape Management</i> , vol. 19, pp. 167-177 ISSN 1648–6897. DOI
180 m ³ /t BSA	FACCHIN, V., ir kt., 2013. Batch and Continuous Mesophilic Anaerobic Digestion of Food Waste: Effect of Trace Elements Supplementation. <i>The Italian Association of Chemical Engineering</i> , vol. 32, pp. 457-462 ISSN 1974-9791
220 m ³ /t BSA	WALKER, M., ir kt., 2017. Assessment of micro-scale anaerobic digestion for management of urban organic waste: A case study in London, UK. <i>Waste Management</i> , vol. 61, pp. 258–268. DOI

Atskirai surinktose maisto ir virtuvės atliekose yra maža dalis inertinių medžiagų, todėl substratas tinkamas anaerobiniam apdorojimui, biodujų produkcijos kiekis vidutiniškai siekia iki 180 m³/t BSA. Remiantis šiuo skaičiumi galima teigti, jog surinktas atliekų kiekis ES valstybių teritorijose gali sugeneruoti maždaug 35,5 GWh per parą elektros energijos, darant prielaidą, kad organinių medžiagų surinkimo lygis – 0,2 kg vienam asmeniui per parą. Tokiomis sąlygomis CH₄ išeiga konvertuojama į biodujas energijai gauti (Facchin ir kt. 2013). Atlikti tyrimai rodo, kad maisto atliekose yra aptinkami mikroelementai, tarp jų ir metalai, kurių netinkama koncentracija turi neigiamos įtakos anaerobinio skaidymo procesui (Banks ir kt. 2012). Šiems mikroelementams yra priskiriamas varis, nikelis, volframas, selenas ir molibdenas, kurie dalyvauja metano susidarymo procese, todėl yra labai svarbūs anaerobinio apdorojimo kokybei (Facchin ir kt. 2013). Tam tikri mikroelementai įvardijami kaip katalizatoriai metano susidarymui.

Lentelėje žemiau pateikiama vieno Italijos miestelio komunalinių BSA frakcijos sudėtis, ypatingą dėmesį skiriant tokiems elementams, kaip Ni, Mo, Se, W, Co (Zhang ir kt. 2012, Facchin ir kt. 2013).

7 lentelė. BSA frakcijos sudėtis MKA sraute

Organinės frakcijos kiekis MKA	Matavimo vienetas	Minimali reikšmė	Maksimali. reikšmė	Vidurkis
Sausa medžiaga (SM)	g/kg	223	237	226
VS ¹	g/kg	178	192	181
VS ¹	% SM	79	81	80
Bendras fosforas	g/kg SM	793	1075	970
Bendras Kjeldalio azotas	g/kg SM	15,6	38,0	27,0
Nikelis (Ni)	mg/kg SM	5,27	8,30	6,61
Molibdenas (Mo)	mg/kg SM	<0,02	2,09	1,62
Selenas (Se)	mg/kg SM	<0,02	0,37	0,17
Volframas (W)	mg/kg SM	<0,02	0,64	0,42
Kobaltas (Co)	mg/kg SM	0,78	1,25	1,01

Šaltinis: (Facchin ir kt. 2013)

¹ Pastaba: VS¹ – lakiosios kietosios dalelės (angl. *Volatile solids*) atliekų SM dalis, kuri gali būti konvertuojama į biodujas.

Italijos biotechnologijos instituto inžinieriai atlikto tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti tam tikrų metalų įtaką anaerobinio apdorojimo kokybei, skaidant maisto atliekas mezofilinėmis sąlygomis (37 °C). Tokie BSA parametrai kaip bendrasis fosforas (g/kg), bendrasis Kjeldalio azotas (g/kg), Ni (mg/kg), Se (mg/kg), Co (mg/kg), W (mg/kg) ir Mo (mg/kg) dažniausiai yra naudojami nustatyti atliekų energetinę vertę – biodujų išeią (Zhang ir kt. 2012). Eksperimento metu substratas buvo papildomas įvairiais metalais (Co, Mo, Ni, Se, W) įvairiomis koncentracijomis (Mo: 3-12 mg/kg SM, Se: 10 mg/kg SM). Rezultatų analizė rodo, jog šių metalų įterpimas į organines frakcijas gali padidinti CH₄ kiekį iki 60 – 70% (Facchin ir kt. 2013).

Tyrimui parinkta maisto atliekų substratas (A) su nedidele metalų koncentracija.

8 lentelė. BSA frakcijos fizikiniai ir cheminiai parametrai

Parametrai	Matavimo vienetas	A
Sausa medžiaga (SM)	g/kg	12,5 ± 0,5
VS	g/kg	7,0 ± 0,3
VS	% SM	55,0 ± 1,0
Bendras fosforas	g/kg SM	9,20 ± 0,28
Bendras Kjeldalio azotas	g/kg SM	42,80 ± 1,84
Nikelis (Ni)	mg/kg SM	24,2 ± 2
Molibdenas (Mo)	mg/kg SM	4,0 ± 2
Selenas (Se)	mg/kg SM	<1
Volframas (W)	mg/kg SM	2,7 ± 1
Kobaltas	mg/kg SM	2,9 ± 2

Šaltinis: (Facchin ir kt. 2013)

Jei BSA substratas būtų papildomas Se 2 mg/kg SM, tai leistų padidinti metano potencialą iki 60 – 70 %, kas įtakotų biodujų energetinės vertės padidėjimą. Gauti duomenys rodo, kad metalai Mo, Ni, Se, W yra svarbūs anaerobinio apdoravimo procesui, norint išgauti didesnę biodujų kiekį. Taigi fizikinės ir cheminės BSA savybės turi įtakos metano kiekiui, kuris konvertuojamas į biodujas.

VATP yra nurodyta, jog maisto atliekas nuo 2019 metų privalės rūšiuoti ir gyventojai. Vadovaujantis VATP, savivaldybės turės užtikrinti namų ūkiuose susidarančių maisto ir virtuvės atliekų rūšiavimą susidarymo vietoje ir įdiegti rūšiuojamąjį surinkimą, išskyrus tokias teritorijas kaip: kaimiškas gyvenvietes, vienkiemius, mažus miestelius ar kitas teritorijas, kuriose vykdyti maisto ir virtuvės atliekų rūšiavimą yra nenaudinga ekonomiškai ar nėra tam techninių galimybių. Šiai dienai kol kas rūšiuoti BSA esami teisės aktai įpareigoja tik kavines, prekybos centrus, restoranus ir kitus subjektus, susijusius su maisto tvarkymu. Atliekų tvarkymo taisyklių nustatyta tvarka maisto ir virtuvės atliekų tvarkymo subjektai šias atliekas turi atiduoti įmonėms, kurios turi teisę šias atliekas tvarkyti (ŠGP tvarkytojams).

Remiantis Regioninių atliekų tvarkymo centrų (RATC) asociacijos preliminariais duomenimis, 2016 m. regionuose, susidarė 1,25 mln. t MKA ir 394,4 tūkst. t – pašalinta sąvartynuose (31,6 %), kitos atliekos perdribtos, panaudotos energijos gamybai, įvairiai sukompostuotos (namudinis ir centralizuotas kompostavimas). Preliminariai įvertinta, kad regionuose išviso biologiškai apdorota iki 384,3 tūkst. komunalinių BSA (Reipas 2017).

BSA patekusios į sąvartynus ima irti, taip išskirdamos ne tik CO₂, bet ir CH₄ dujas, kurios teršia aplinkos orą (Aplinkos ministerija 2016). Priimtinesnis sprendimas būtų šias dujas surinkti ir konvertuoti į biodujas, kurios traktuojamos kaip atsinaujinantis energijos šaltinis.

1.5.4 Skirtingų BSA rūšių įtaka biodujų gamybai

Technologijų plėtra biodujų gamybai yra plačiai analizuojama tema visame pasaulyje, tai įrodo mokslinių straipsnių raida ir įvairovė. Vis daugiau atliekama tyrimų ir eksperimentų, kuriais norima įrodyti, kaip vienos ar kitos biologiškai skaidžios atliekos gali pagerinti biodujų išeią. Kiekvienais metais biodujų gamybos technologijos įgyja pagreitį ir tampa viena plačiausiai taikomų alternatyvų energijos gamybai. Biodujos neturi jokių geografinių apribojimų, nereikalauja pažangių technologijų, nes jų naudojimo ir taikymo principas – paprastas. Kadangi, tokia globalinė problema kaip, miškų naikinimas yra neatsiejama nuo šių dienų energijos gamybos šaltinių. Siekiant tausoti gamtinius energijos išteklius ieškoma alternatyvų, kurios būtų atsinaujinantys energijos šaltiniai o vienas jų – biodujų gamyba. BSA viena pagrindinių žaliavų tinkančių biodujų gamybai. Besivystančiose šalyse, tokiose kaip Indija biodujų gamyba puiki alternatyva kovoje su miškų naikinimu. (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

BSA naudojamos anaerobinio apdorojimo procese, tai yra apdirbamos beorėje aplinkoje, kurio metu svarbūs komponentai – pH ir temperatūra. Tinkamai valdant šį procesą galima padidinti biodujų išeią, bet visgi didžiausią įtaką produkto kokybei turi pradinė biomasė (Begum 2016). Pavyzdžiui, Indijos mokslininkai atliko tyrimą kurio komponentais buvo parinkta įvairios BSA frakcijos: karvių mėšlas, vaisių ir daržovių atliekos. Vaisių ir daržovių atliekos tyrimo metu buvo sumaltos elektriniu mikseriu o paruošta masė sudėta į atskirus juodus polietileno maišelius (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

9 lentelė. Karvių mėšlo sudėties charakteristika

Parametras	Vertė
SM	59,73
VS, % SM	81,55
Bendras Kjeldalio azotas (g/l, g/kg)	1,39
Bendra organinė anglis, % SM	39,35
pH	7,50
Riebalai	5,50

Šaltinis: (Dhanapal ir Mariyappan 2016)

10 lentelė. Vaisių sudėties charakteristika

Komponentai	Bananas	Citrusiniai vaisiai	Obuolys
pH	4,5 – 5,2	4,1 – 4,5	3,3 – 3,9
Riebalai (g)	0,33	0,30	17,0
Baltymai (g)	1,03	0,7 – 0,8	0,26
Angliavandeniai (g)	22,24	9,3	13,81
Vanduo (g)	86,32	88,12	85,56

Šaltinis: (Dhanapal ir Mariyappan 2016)

11 lentelė. Daržovių sudėties charakteristika

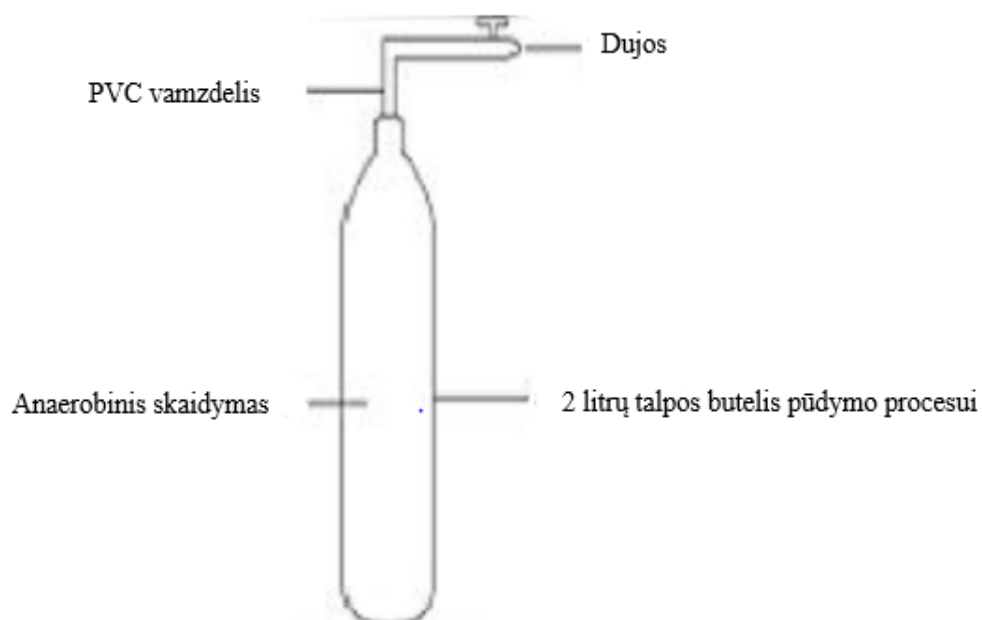
Parametrai	Bulvė	Pomidoras	Baklažanas
pH	5,4 – 5,9	4,3 – 4,9	6,0
Riebalai (g)	0,10	0,20	0,18
Baltymai (g)	2,0	0,90	0,98
Angliavandeniai (g)	17,0	3,9	5,88
Vanduo (g)	75,0	94,5	25,0

Šaltinis: (Dhanapal ir Mariyappan 2016)

Anaerobinio apdorojimo procesui parinktos mezofilinės sąlygos – 35 °C. Tyrimo metu kiekvieną parą buvo matuojama biodujų išeiga. Biodujų komponentai CH₄, CO₂, H₂O matuojami kas savaitę, naudojant Hatch Carle 400AGC dujų chromatografą. Taip pat buvo matuojama pH vertė ir temperatūra.

Eksperimentas atliekamas naudojant 2 litrų talpos buteliukus, kurie yra kaip reaktoriai (žr. 4 pav.). Pūdymui parinkta įvairios koncentracijos ir kombinacijos atliekų – karvių mėšlo, vaisių, daržovių. Tyrimo eigoje matuojami skirtingi atliekų parametrai, tokie kaip sausa medžiaga (SM), lakiosios kietosios dalelės (VS), laisvosios riebalų rūgštys, pH, temperatūra, azotas, anglis ir fosforas (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

Visi šie išvardyti parametrai dažniausiai naudojami norint nustatyti biodujų išeigą, tai yra įvertinti atliekų energetinę vertę (Zhang ir kt. 2012).



4 pav. Anaerobinio apdorojimo tyrimui atlikti taikytas modelis (Dhanapal ir Mariyappan 2016)

Eksperimento tyrimui parinkti 4 skirtingi mišiniai:

1. 50 % karvių mėšlas, 50 % vanduo;
2. 50 % karvių mėšlas + žolė ir 50 % vanduo;
3. 50 % karvių mėšlas + vaisių atliekos ir 50 % vanduo;
4. 50 % karvių mėšlas + daržovių atliekos ir 50 % vanduo.

Tyrimo rezultatų analizė rodo, jog įvairūs substratai (žolė, vaisių ir daržovių atliekos), kurie įterpiami į karvių mėšlą, turi įtakos biodujų produkcijos kiekiui (žr. 12 lentelę). Anaerobinio proceso metu organinės rūgšties palaipsniui konvertuojamos į CH₄ dujas ir CO₂. Biodujų kiekis anaerobinio proceso metu apdorojant karvių mėšlą – 1,59 ml. Karvių mėšlą sumaišius su žaliosiomis atliekos biodujų produkcijos kiekis – 1,28 ml., naudojant vaisių ir daržovių atliekas anaerobinio apdorojimo procese biodujų produkcijos kiekis svyruoja nuo 1,03 ml iki 0,95 ml (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

12 lentelė. Biodujų kiekis (ml) iš 2 litrų talpos bioreaktoriaus

Bandymas/ diena	2	4	6	8	10	12	14	16	Vidurkis
1	0,89	0,82	0,85	0,97	1,56	1,9	2,73	2,95	1,59
2	0,4	0,9	0,65	0,72	1,43	1,54	2,06	2,51	1,28
3	0,31	0,63	0,45	0,61	1,15	1,4	1,6	2,05	1,03
4	0,29	0,52	0,42	0,48	0,99	1,35	1,58	13,99	0,95

Šaltinis: (Dhanapal ir Mariyappan, 2016)

1.6 Lietuvos MBA įrenginių apžvalga, kuriuose gaminamos biodujos ir alternatyvi energija

Vadovaujantis VATP – siekiama iki 2020 m. įvykdyti KA, įskaitant ir BSA, tvarkymo tikslus. Viena iš priemonių šiam tikslui pasiekti – KA tvarkymo infrastruktūros plėtra. Norint išsamiai įvertinti situaciją esamuose regionuose, kuriuose veikia MA, MBA įrenginiai, parengtos galimybių studijos, kurių rezultatai naudojami kuriant racionalią atliekų tvarkymo sistemą (Staugaitis ir kt. 2016). Žemiau pateiktoje lentelėje (žr. 13 lentelė) trumpai aprašomi MBA įrenginiai, kuriuose šiuo metu tvarkant BSA išgaunamos biodujos.

13 lentelė. Lietuvos MBA įrenginių apžvalga, kuriuose gaminamos biodujos

Regionas	¹ BSA biologinio apdorojimo technologijos ir pajėgumai		2016 m. veiklos rezultatai, įsk. pasiektą biodujų potencialą,
Alytaus	Komunalinių atliekų MBA. Biologiniam apdorojimui parinktas išskirtos BSA frakcijos visiškai sauso fermentavimo būdas (tunelinis apdorojimas, išgaunant biodujas). Po fermentavimo raugas nukreipiamas į intensyvų kompostavimą (tunelinis apdorojimas). Pagamintas pirminis kompostas atvirai brandinamas ir sėjamas.	MBA projektinis pajėgumas - 65702 t/m.; biologinio apdorojimo dalies - 20154 t/m.	Perdirbta 47241,565 t KA; energijos gamybai panaudota 9058,694 t komunalinių BSA; papildomai anaerobiškai apdorota iki 5500 t atskirai surinktų maisto/virtuvės BSA. Vidurinis biodujų potencialas - ³ 26,64 m ³ /t BSA
Telšių	Komunalinių BSA biologiniam apdorojimui ir biodujų išgavimui taikomas sausas fermentavimo būdas (tunelinis apdorojimas, išgaunant biodujas). Pasibaigus hidrolizei, biomasė paliekama tame pačiame fermentatoriuje, kuriame pradedamas intensyvus kompostavimo procesas naudojant aeraciją. Pagamintas pirminis kompostas atvirai brandinamas ir sėjamas (šiuo metu gaminamas stabilatas).	MBA projektinis pajėgumas - 49570 t/m.	Paruošta pakartotinam naudojimui 18309 t; perdirbta 7016 t; kitaip panaudota 19158 t > 20 m ³ /t BSA
Panevėžio		MBA projektinis pajėgumas - 86470 t/m.	Perdirbta 10744 t KA; Sukompostuota kompostavimo aikštelėse - 6700 t/m., panaudota sąvartyne statybinės ir griovimo atliekos kelių įrengimui ir atliekų perdengimui - 18746 t/m.
Utenos		MBA projektinis pajėgumas - 45200 t/m, biologinio apdorojimo įrenginių - 15000 t/m.	17,31 m ³ /t BSA (2016 m.) 24-26 m ³ /t BSA (2017 m.)

Pastabos:

¹Šaltinis (Staugaitis ir kt. 2016; Aplinkos apsaugos agentūra 2017);

²Biodujų potencialas nustatytas apklausos būdu; įvertinta energetinė vertė (5-6 kWh/m³) atitinka literatūroje pateikta informacija.

Utenos RATC duomenimis iki 2020 m. regione numatyta įrengti maisto/virtuvės atliekų rūšiuojamąjį surinkimą ir apdorojimą esamuose biologinio apdorojimo įrenginiuose (juos optimizavus) (Aplinkos apsaugos agentūra 2017).

1.7 Pagrindiniai motyvai pagrindžiantys atskirą BSA surinkimą ir tvarkymą

Švedijos, Lundo universiteto mokslininkų teigimu, vienu ar kitu požiūriu atskiro maisto ir virtuvės atliekų surinkimo būvimą ar nebūvimą įtakoja ekonominiai rodikliai, kurie priklauso nuo: esamos įstatyminės bazės ir

politikos atliekų tvarkymo srityje; turimų infrastruktūrų bei sukurtų pajėgumų; pirminių žaliavų, tokių kaip nafta ir energija kainų; galimybių pridėti kitus antrinių žaliavų potencialiai galimus šaltinius, tokius kaip, žemės ūkio, maisto įstaigų, mėšlo atliekas, tačiau tai apsunkinti gali šių atliekų susidarymo vieta (nepatogi infrastruktūros atžvilgiu). Motyvai, kuriais remiantis turi būti skatinamas atskiras MA surinkimas ir tvarkymas (Reipas 2017):

- ES griežtėjantys reikalavimai atliekų rūšiavimui ir CO₂ išmetimams;
- Galimybė gerinti AŽ kokybę, nes jų užterštumo rodikliai mažesni lyginant su tai, jei jos būtų išrūšiuotos iš MKA srauto. Mažiau užterštos AŽ kuria didesnę pridėtinę vertę turintį produktą. Kitų ES valstybių pavyzdžiu, AŽ surinkimas išaugo 10-15 % įdiegus atskirą maisto/virtuvės atliekų surinkimą;
- Tiesioginė nauda iš gautų žaliavų realizacijos. MA atskiras surinkimas didina biodujų gamybos, elektros energijos apimtį. Taip pat po šių atliekų apdorojimo likęs substratas – kompostas, kuris gali būti parduodamas.

Biodujų efektyviai gali būti naudojamos kaip energija namų ūkiuose. Palyginti su kitais biokuro šaltiniais biodujos – atsinaujinantis energijos šaltinis.

Atsinaujinantis energijos šaltinis. Dabartinė pasaulyje tiekiamą energiją priklauso nuo iškastinio kuro šaltinių: naftos, lignito, antracito, gamtinių dujų. Visi šie žaliavų šaltiniai išgaunami iš žemės, todėl nėra priskiriami atsinaujinantiems ištekliams o atvirksčiai, jų gavyba mažina šiuos išteklius dideliais tempais. Skirtingai nuo iškastinio kuro biodujos yra nuolat atsinaujinančios, nes pagrindinė žaliava – biomasė. Biodujų gamybos apimčių didinimas pagerintų šalies energetikos sektoriaus pusiausvyrą ir svariai prisidėtų prie gamtinių išteklių tausojimo bei aplinkos apsaugos gerinimo mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų patekimą į atmosferą taip švelninant klimato kaitą (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

ŠESD mažinimas. Biodujų deginimas taip pat išskiria CO₂, tačiau nepalyginamai mažesnę kiekį nei iškastinis kuras. Taip pat biodujų gamybai taikant anaerobinį apdorojimą sumažinamas metano dujų išsiskyrimas į aplinkos orą ir azoto oksido (N₂O) panaudojimo galimybės tręšimo tikslams. Iškastinio kuro naudojimo mažinimas jį pakeičiant į biodujas leistų sumažinti emisijas CO₂, CH₄ ir N₂O (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

Šalies priklausomybės mažinimas. Kadangi iškastinis kuras turi ribotus gamtinius išteklius ir didžioji dalis jo yra importuojama, tai biodujų gamyba leistų sumažinti priklausomybę nuo trečiųjų šalių (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

Atliekų mažinimas. Pagrindinė žaliava biodujų gamybai – atliekos. Anaerobinio apdorojimo metu atliekos transformuojamos į vertingus išteklius – energiją o likusi pūdyta masė naudojama sąvartynų sluoksnių perdengimui arba gaminamas į pridėtinę vertę turintį kompostą. Šiomis dienomis dauguma Europos šalių susiduria su didėjančiu BSA kiekiu iš pramonės, žemės ir namų ūkių. Biodujų gamyba yra puiki alternatyva šių atliekų tvarkymui ir priimtinas būdas laikytis vis labiau griežtėjančių nacionalinių ir Europos taisyklių susijusių su BSA šalinimu (Dhanapal ir Mariyappan 2016, Staniškis ir kt. 2017).

Mažos vandens sąnaudos. Tam, kad anaerobinio apdorojimo procesas vyktų yra reikalingos minimalios vandens sąnaudos. Šis aspektas svarbus tuo, jog vanduo – gamtinis išteklius, kuris daugumoje pasaulio valstybių yra senkantis (Dhanapal ir Mariyappan 2016).

Taigi intensyvi biodujų gamyba taikant anaerobinio apdorojimo procesą sumažintų priklausomybę nuo importuojamo iškastinio kuro, kas padidintų šalies saugumą ir taip būtų įgyvendinami BSA uždaviniai iškelti VATP. Anaerobinio apdorojimo procesas leistų sumažinti susidariusių atliekų šalinamus kiekius bei sistemingas šių atliekų tvarkymas palaipsniui mažintų su BSA šalinimu susijusias išlaidas, o BSA atskiras surinkimas turėtų teigiamos įtakos biodujų išėigos didinimui.

1.8 Pagrindinių teisės aktų BSA tvarkymo srityje apžvalga

Europos parlamento ir tarybos direktyva 2008/98/EB „Dėl atliekų“ yra nustatomos priemonės, kurios skirtos apsaugoti aplinką ir žmonių sveikatą, taip užkertant kelią nepageidaujamų atliekų susidarymo ir tvarkymo neigiamam poveikiui ar sumažinant jį ir sumažinant išteklių eikvojimo bendrą poveikį bei padidinant tokio naudojimo veiksmingumą. Direktyvoje skiriamas dėmesys BSA susidarymui ir tvarkymui, todėl ES narės yra įpareigos imtis priemonių skatinti (Europos parlamentas ir tarybos direktyva 2008/98/EB):

- BSA atskirą surinkimą kompostavimui ir fermentavimui;
- BSA pasirinktas apdorojimo būdas turi kuo mažiau paveikti aplinką;
- aplinkosauginiu požiūriu saugių, iš BSA pagamintų produktų naudojimą.

Lietuvos Respublikos 1998 m. priimtas „Atliekų tvarkymo įstatymas“ nustato bendruosius atliekų prevencijos, apskaitos, surinkimo, rūšiavimo, saugojimo, vežimo, naudojimo bei šalinimo reikalavimus, kad būtų kuo mažesnis poveikis aplinkai, žmonių sveikatai. Pagrindiniais, šiame įstatyme, atliekų tvarkymo prioritetais įvardijama:

- taikyti visas įmanomas prevencines priemones atliekų susidarymui mažinti;
- savivaldybės įpareigos kurti ir diegti technologijas atliekų tvarkyme, kurios mažintų susidariusių atliekų kiekį patenkantį į sąvartynus;
- kaip įmanoma labiau skatinti sunaudoti susidariusias atliekas ir gauti iš jų vartojamąją vertę turinčius gaminius arba AŽ;
- susidariusias atliekas naudoti kaip žaliavas energijai gauti;
- susidariusias atliekas, kurių neįmanoma kitaip panaudoti, saugiai šalinti į sąvartynus bei kitas specialiai skirtas vietas, kad jos vienu ar kitu metu nekeltų pavojaus aplinkai bei žmonių sveikatai (Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymas).

„Valstybinis atliekų tvarkymo planas apima komunalines, gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekas ir tvarkymą Lietuvos Respublikos geografinėje teritorijoje“ (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014). Viename iš plano punktų nurodyta, kad įmonėse, kurių ūkinėje komercinėje veikloje susidaro biologiškai skaidžios gamybos atliekos, įskaitant ir viešojo maitinimo ar kitose įstaigose susidarančias BSA, turi būti išrūšiuojamos ir renkamos atskirai nuo kitų atliekų. Susidariusios BSA atliekos turi būti tvarkomos laikantis atliekų prevencijos prioritetų eiliškumo. VATP įpareigoja savivaldybes ir regionus planuoti ir organizuoti KA tvarkymo sistemą taip, kad būtų pasiektos BSA rūšiuojamojo surinkimo sistemos plėtros užduotys. Pavyzdžiui, VATP numatyta, iki 2019 m. įdiegti maisto/virtuvės atliekų rūšiuojamąjį surinkimą ir įrengti pakankamus pajėgumus atskirai surinktoms MA apdoroti. Pagrindinės priemonės, kuriomis bus skatinamas atskiras MA surinkimas:

„Parengti Lietuvos Respublikos atliekų tvarkymo įstatymo ir aplinkos ministro 1999 m. liepos 14 d. įsakymo Nr. 217 „Dėl Atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo“ pakeitimų, nustatančių maisto/virtuvės atliekų rūšiuojamojo surinkimo reikalavimus, projektus; organizuoti maisto/virtuvės atliekų rūšiuojamąjį surinkimą ir (ar) individualų kompostavimą, įrengti pakankamus pajėgumus šioms maisto/virtuvės atliekoms apdoroti; teikti finansinę paramą bandomiesiems biologiškai skaidžių atliekų rūšiuojamojo surinkimo (ir tvarkymo) projektams, apimantiems visuomenės švietimą ir gerosios praktikos sklaidą“ (Lietuvos Respublikos Vyriausybė 2014).

Regioninės apimties dokumentas, „Utenos regiono atliekų tvarkymo planas 2014-2020 m.“, kurio [...] „tikslas – suderinti savivaldybių veiksmus organizuojant KA tvarkymo sistemas steigiant kelioms savivaldybėms bendrus atliekų naudojimo ir šalinimo įrenginius“ (Hidroterra 2015). Plano tikslas pasiektas, kadangi, jau 2016 m. pradėjo veikti pastatyti MA, MBA įrenginiai į kuriuos KA pristatomos iš visų šešių savivaldybių (įsk. Utenos rajono savivaldybę). Mažesnės apimties dokumentas – „savivaldybių atliekų tvarkymo taisyklės“, kurio paskirtis – sukurti racionalią savivaldybių teritorijose susidarančių KA surinkimo, vežimo, rūšiavimo bei naudojimo ir šalinimo sistemą, kuri neturėtų reikšmingo neigiamo poveikio aplinkai ir žmonių sistemai (Utenos rajono savivaldybės atliekų tvarkymo taisyklės 2009). Savivaldybių atliekų tvarkymo taisyklės, kaip ir kiti reikšmingi dokumentai susiję su atliekų tvarkymu, skatina kuo racionaliau naudoti atliekas turinčias medžiagines ir energetines savybes.

Komisijos reglamentas Nr. 142/2011/EB maisto/virtuvės atliekas, kurios surenkamos iš viešojo maitinimo įstaigų ar/ir gyventojų, priskiria trečiai ŠGP kategorijai ir joms privaloma taikyti reglamento (EB) Nr. 1069/2009 reikalavimus (Europos Komisija 2011).

Atlikus mokslinės, teisinės ir praktinės literatūros analizę, nustatyta, kad:

- BSA atskirtos ir surinktos jų susidarymo šaltinyje (nemaišant su MKA srautu) turi didesnes energetines savybes, kurios gali būti panaudojamos biodujų gamybai.
- Maisto ir virtuvės atliekų atskiras surinkimas biodujų išėigą didina net iki 220 m³/t BSA, CH₄ kiekį juose - iki 60 %. Taip pat, kai kurie metalai, tokie kaip Se, gali padidinti CH₄ kiekį biodujose iki 70 % taip didinant jų energetinę vertę.
- Lietuvoje veikiančių MBA įrenginių, kuriuose tvarkant atliekas išgaunamos biodujas bei gaminama alternatyvi energija, 2016 m. rezultatų analizė parodė, kad centralizuotai tvarkant BSA atliekas MBA įrenginiuose biodujų potencialas gali siekti tik 26 m³/t BSA, CH₄ kiekį juose - iki 55-60 %.
- Atliktoje pagrindinių teisės aktų apžvalgoje, BSA srauto atskiras surinkimas ir tvarkymas yra vienas pagrindinių tikslų ir laikomas prioritetiniu aspektu, kuriuo būtų pasiekama racionali atliekų tvarkymo sistema. Todėl skatinama tinkamai panaudoti šiose BSA esančias energetines bei medžiagines savybes, kurios plačiau buvo aprašomos literatūros analizės apžvalgoje.
- Atskirai surinktos maisto BSA tampa ŠGP ir turi būti tvarkomos pagal reikalavimus, pateiktus ŠGP reglamente.
- Atskiras BSA surinkimas sumažintų sąvartynuose šalinamų atliekų kiekį bei kiekį gaminamo stabilato, kuris gali būti naudojamas tik sąvartynų sluoksnių perdengimui.

- Biodujų gamybos panaudojimas atliekų tvarkyme turi ryši su 17 DVT, kuriuose numatyta alternatyvios energijos gamyba.

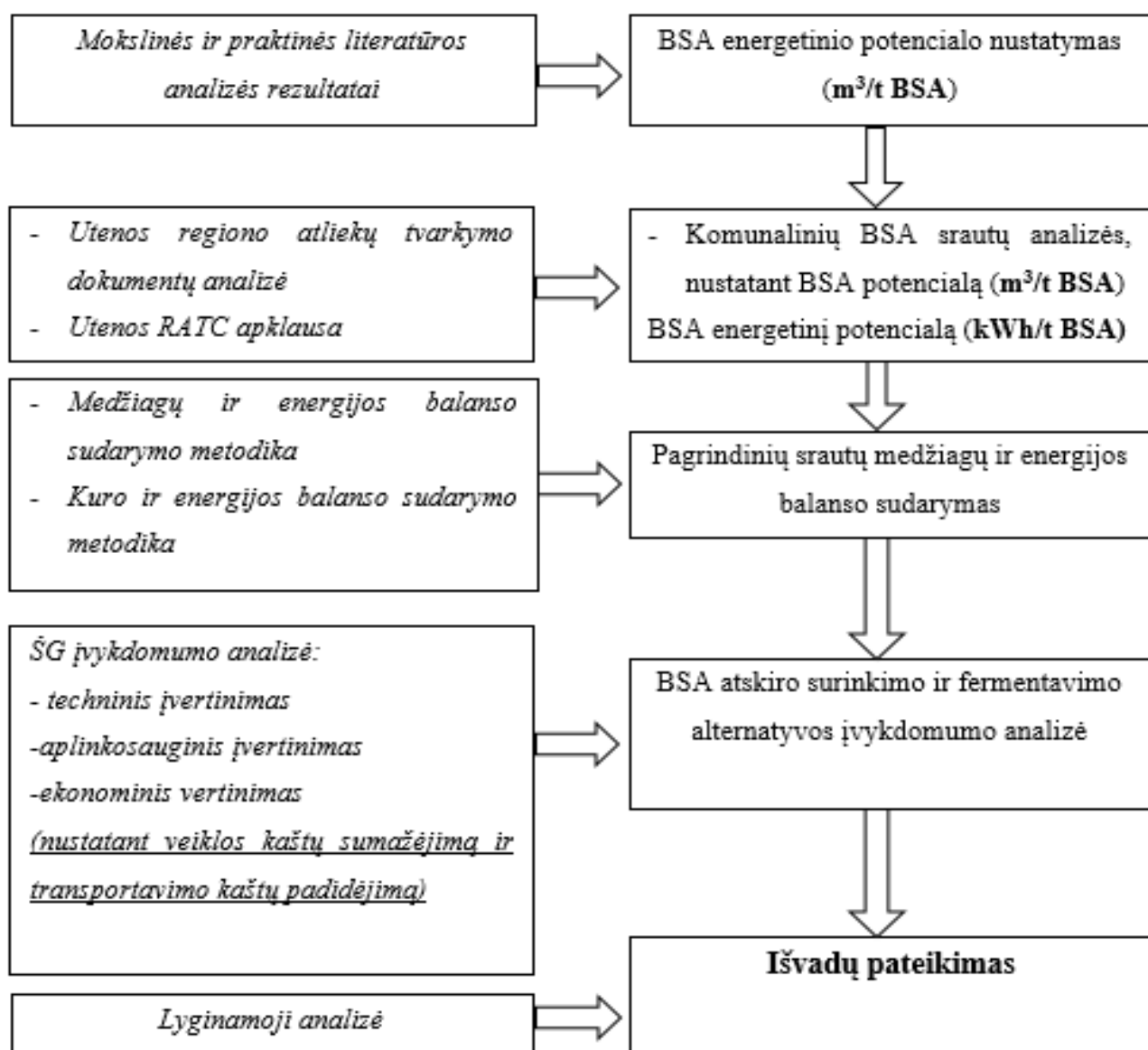
Gauti rezultatai tik patvirtina atskiro maisto/virtuvės atliekų BSA surinkimo duodamą naudą biodujų išeigos didėjimui. Tačiau, kad tinkamai įvertinti atskirą surinkimą regiono lygmeniu, reikia atlikti šios siūlomos alternatyvos detalią įvykdomumo analizę.

2 BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMO VERTINIMO METODIKA

Darbo rezultatų analizei parinkta vertinimo metodika pateikta paveiksle (žr. 5 pav.). Pasirinkta metodika taikoma regiono lygmeniu. Tyrimui parinktas objektas – Utenos regionas.

Pagrindiniai tyrimo etapai:

- mokslinės ir praktinės literatūros analizė, kuria įvertinamas atskirai surinktų BSA galimas energetinis potencialas;
- Utenos RATC apklausos rezultatai, kuriais remiantis įvertinamas esamas biodujų potencialas MBA įrenginiuose (įsk. Alytaus, Telšių);
- sudaromas pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas analizuojamam regionui bei pateikiama ŠG įvykdomumo analizė, kuria vadovaujantis nustatomas veiklos kaštų sumažėjimas/padidėjimas ir transportavimo kaštų padidėjimas diegiant atskirą BSA surinkimą regiono savivaldybėse.



5 pav. Magistro baigiamojo darbo tyrimo metodika

Darbe analizuota, Utenos regione ir atskirose savivaldybėse, MKA susidarymo ir esamo tvarkymo duomenų šaltiniai:

- Utenos RATC, 2015. Bendrovės metinis pranešimas, P. – 39;
- Utenos RATC, 2017. Regioniniame nepavojingų atliekų sąvartyne pašalintų arba į MBA įrenginius priimtų komunalinių BSA kiekio vertinimo ataskaita;
- Reipas, A., 2017. Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas žiedinės ekonomikos kontekste. Pranešimas RATC konferencijoje „Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas žiedinės ekonomikos kontekste“, 2017-03-09, Birštonas;
- Utenos regiono atliekų tvarkymo planas 2014 – 2020 m.;
- Utenos rajono savivaldybės atliekų tvarkymo taisyklės;
- Utenos regiono kitų savivaldybių atliekų tvarkymo taisyklės;
- 2017 m. atliktos Utenos RATC apklausa (surinkti duomenis už 2016 m., 2017 I ketvirtį, 2017 m. balandžio mėn.).

Apklausos metu nustatyti duomenys:

Medžiagų balanso sudarymui, vnt./m. arba per kitą ataskaitinį laikotarpį:

- Susidariusių MKA kiekis, t/m.;
- Pirminio rūšiavimo būdu atskirtų atliekų frakcijos ir jų kiekis, t/m.;
- Centralizuotai surinktų MKA (20 03 03) kiekis, t/m.;
- MKA kiekis į MBA įrenginius, t/m.;
- Kiek MBA įrenginiuose atskirta antrinių žaliavų, t/m.;
- Kiek MBA įrenginiuose atskirta ir sutvarkyta BSA, t/m.;
- Kiek pagaminta stabilato, t/m.;
- Kiek atliekų pašalinta sąvartyne, t/m.;
- BSA kiekis mišrių komunalinių atliekų (20 03 01) sraute, proc. ir t/m.;
- Kitos komunalinės BSA šalinamos, bet nepatenka į MBA, t/m.;
- Kokios papildomos medžiagos naudojamos MBA įrenginiuose (pvz., probiotikai ir pan.), kg arba l/m.;
- BSA srautai į centralizuotą kompostavimą (ŽAKA), t/m.;

Kuro – energijos balanso sudarymui:

- Kiek BSA iš MKA srauto apdorota MBA įrenginiuose (jas fermentuojant), t/m.;
- Kiek išgauta biodujų, m³/m.;
- Kiek pagaminta elektros energijos, MWh/m.;
- Kiek pagaminta šiluminės energijos, MWh/m.;
- Koks KJ gamybos efektyvumas (n.k.), proc.;
- Kiek elektros energijos sunaudota MBA įrenginiuose, MWh/m.;
- Kiek šiluminės energijos sunaudota MBA įrenginiuose, MWh/m.;
- Kiek perteklinės šiluminės energijos perduota į tinklus ar kitaip naudingai panaudota, MWh/m.;
- Kiek perteklinės elektros energijos perduota į tinklus ar kitaip naudingai panaudota, MWh/m.;

- Kiek dyzelinio kuro sunaudota MBA įrenginiuose, MWh/m.

Atlikti ekonominius skaičiavimus:

- MKA transportavimo kaštai, EUR/t;
- MKA tvarkymo veiklos sąnaudos, EUR/t;
- Po visų apdirbimo likusios frakcijos šalinimo sąvartyne kaštai, EUR/t.

Utenos regiono mišrių komunalinių atliekų masių balansas sudarytas, naudojant formulę (1) (Kliopova, 2016, Staniškis ir kt., 2017):

$$M = M_{BSA} + M_{AŽ} + M_{PA} + M_{SA} + M_{DA} + M_{SM} + M_{kitos}; \quad (1)$$

čia

M – MKA atliekų masė, t/m.;

M_{BSA} – BSA srautas, įsk. popieriaus ir kartono atliekas ir pakuotę t/m.;

$M_{AŽ}$ – antrinių žaliavų srautas (nevertinant popieriaus ir kartono atliekų ir pakuotės), t/m.;

M_{PA} – pavojingųjų atliekų srautas, t/m.;

M_{SA} – statybinių atliekų srautas, t/m.;

M_{DA} – didžiųjų atliekų srautas, t/m.;

M_{SM} – smulkiųjų atliekų srautas, t/m.;

M_{kitos} – kitų (degių ir nedegių) atliekų srautas, t/m.

Po pirminio rūšiavimo į MBA įrenginius nukreipiamos atliekų frakcijos (i) kiekis įvertintas pagal formulę (2) (Kliopova, 2016, Staniškis ir kt., 2017):

$$M_{iMBA} = M_i - M_{i1} = M \times k_i - M \times k_i \times k_{i1} = M \times k_i \times (1 - k_{i1}); \quad (2)$$

čia

M_{iMBA} – į MBA įrenginius nukreipiamas atliekų frakcijos (i) kiekis, t/m.;

M_i – frakcijos (i) kiekis bendrame MKA sraute, t/m.;

M_{i1} – pirminiu rūšiavimu atskirtos frakcijos (i) kiekis, t/m.;

M – bendras MKA srauto kiekis, t/m.;

k_i – analizuojamosios atliekų frakcijos (i) procentinė sudėtis MKA sraute, proc.;

k_{i1} – analizuojamosios frakcijos (i) pirminio rūšiavimo efektyvumas, proc.

Po pirminio rūšiavimo į MBA įrenginius patekusių atliekų kiekis vertinamas pagal formulę (3) (Kliopova, 2016, Staniškis ir kt., 2017):

$$M_{MBA} = \sum M \times k_i \times (1 - k_{i1}); \quad (3)$$

čia

M_{MBA} – į MBA įrenginius po pirminio rūšiavimo nukreiptų atliekų kiekis, t/m.;

M – bendras MKA kiekis, t/m.;

k_i – analizuojamosios frakcijos procentinė sudėtis, pvz., k_1 – antrinių žaliavų frakcijos, proc.

k_{i1} – analizuojamosios frakcijos pirminio rūšiavimo efektyvumas, pvz., k_{11} – antrinių žaliavų frakcijos, proc.

Maisto BSA biodujų išėigos vertinimui parinkta metodika, pagrįsta maisto BSA sudėtimi: SM, OM kiekos ir OM suyrimo laipsnį (žr. 14 lentelę).

14 lentelė. Maisto BSA iš MKA srauto biodujų potencialo įvertinimas

Analizuojami BSA parametrai	Maisto BSA iš MKA srauto (Alytaus BSA studija, 2010)
Maisto BSA kiekis, t	1
SM, %	35
OM, % SM	75
Suyrimas, % OM	85
SM, t	0,35
OM, t	0,263
Suyrimas OM, t	0,223
Biodujų produkcija, m ³ /t suyr. OM	480
Biodujų produkcija, m³	107,04
¹Biodujų išėiga, m³/t BSA	107,04

Pastabos:

¹Informacijos šaltiniai: Bolzonella et al, 2006, Alytaus BSA studija, 2010, Staniškis ir kt. 2017;

²mokslinės ir praktinės literatūros šaltinių analizė parodė, kad biodujų išėiga šaltinyje išrūšiuotų komunalinių maisto BSA vidutiniškai siekia iki 180 m³/t BSA (Misevičius ir Baltrėnas 2011, Facchin ir kt. 2013, Walket ir kt. 2017).

Įvertinta biodujų išėiga yra mažesnė, tuomet šiame darbe bus vertinama pesimistinė prielaida.

Energijos kiekis, kurį galima pagaminti KJ deginant biodujas, išgautas, apdorojant 1 t BSA. Įvertintas 15 lentelėje.

15 lentelė. Biodujų išėiga ir energetinis potencialas, apdorojant 1 t maisto BSA iš MKA

¹Biodujų išėiga, m³/t BSA	107,04
Metano (CH ₄) kiekis – apie 60 %	64,22
² Metano kaloringumas, MJ/m ³	37,7
Biodujų energetinė vertė, GJ	2,42
Biodujų energetinė vertė, MWh	0,67
Elektros energijos gamybos potencialas, MWh	0,20
Šiluminės energijos gamybos potencialas, MWh	0,37
Nuostoliai, MWh	0,10

¹Pastaba: informacija pateikta pagal Utenos RATC 2017 m. balandžio mėnesį nustatytus indikatorius:

- elektros energijos gamyba – apie 29,5 proc.;
- Šiluminės energijos gamyba – apie 55,5 proc.;
- Nuostoliai KJ – apie 15 proc.

Dyzelinio kuro sąnaudų MKA transportavimui iš savivaldybių iki centralizuoto MBA įvertinimui, priimamos prielaidos (Kliopova 2013):

- MKA atgabenamos šiukšlių vežimo mašinomis (talpa – apie 20 m³ arba preliminariai – 10-14 t);
- Dyzelinio kuro sąnaudos – iki 15-20 l/100 km (vertinimui naudojamas vidurkis – 17 l/100 km);
- Dyzelinio kuro tankis: 1 l – 0,84 kg;
- MKA reisų skaičius (nustatomas pagal savivaldybių internetinėje svetainėje pateiktą informaciją).

Oro teršalų vertinimui naudojamos metodikos, pateiktos EEA/CORINAIR Air pollutant emission inventory guidebook 2016 (Oro teršalų inventorizacijos vadove). Oro teršalų vertinimui naudojami teršalų emisijų faktoriai:

- Dyzelinį kurą deginant vidaus degimo varikliuose (transportuojant BSA iki MBA įrenginių):

NH₃ – 0,008 kg/t; NMLOJ - 1,588 kg/t, CO - 7,061 kg/t, NO_x - 22,087 kg/t, KD - 1,031 kg/t;

- Dyzelinį (krosninį) kurą deginant nedideliuose kurą deginančiame įrenginyje (KDI) (papildomai gaminant šiluminę energiją fermentavimo procesui):

NO_x – 513 g/GJ; CO – 66 g/GJ; NMLOJ - 25 g/GJ; SO_x – 47 g/GJ; KD – 20 g/GJ.

Vertinimui naudojama dyzelinio kuro apatinė šilumingumo vertė – 43,07 GJ/t (Kuro ir energijos balanso sudarymo metodika, 2008);

- Biodujas deginant KJ:

NO_x – 179 g/GJ; CO – 43 g/GJ; NMLOJ – 2,1 g/GJ;

- Anaerobiškai apdorojant BSA ir gaminant biodujas naudojama formulė (4):

$$E_{\text{NH}_3} = \text{ARf} \times \text{EF}_{\text{NH}_3\text{-N}} \times 17/14; \quad (4)$$

čia

AR – anaerobiškai apdorojamų BSA kiekis, kg;

EF_{NH₃-N} – emisijų faktorius, 0,028 kg / kg N BSA;

Azoto (N) kiekis:

- komunalinėse BSA - 0,0068 kg/kg BSA;
- atskirtoje BSA frakcijoje - 0,0051 kg/kg BSA.

ŠESD (CO₂) įvertinimui naudojama metodika pateikta 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Ši metodika taip pat pagrįsta emisijų faktoriaus (EF) nustatymu ir naudojimu vertinant CO₂ kiekį:

- Dyzelinį kurą deginant vidaus degimo varikliuose: EF_{CO₂} – 74 100 kg/TJ;
- Dyzelinį (krosninį) kurą deginant KDI: EF_{CO₂} – 74 100 kg/TJ;
- Biodujas deginant KJ: EF_{CO₂} – 54600 kg/TJ (biodujų energetinis potencialas nustatomas apklausos būdu);
- Fermentuojant BSA, EF_{CO₂} – 0;
- Vertinant netiesioginį poveikį dėl elektros energijos gamybos, priimama prielaida, kad Lietuvoje ji gaminama deginant gamtines dujas DKDI, EF_{CO₂} – 56 100 kg/TJ; gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 33,49 MJ/nm³ (Kuro ir energijos balanso sudarymo metodika 2008).

3 BIOLOGIŠKAI SKAIDŽIŲ ATLIEKŲ SRAUTAI UTENOS REGIONO SAVIVALDYBĖSE

Utenos regiono savivaldybių atliekų tvarkymo būklė pateikiama pagal esamos atliekų tvarkymo būklės aprašymą savivaldybių atliekų tvarkymo planuose, ataskaitas pateiktas Aplinkos apsaugos agentūrai, Lietuvos statistikos departamento duomenis ir atlikto interviu gautais atsakymais.

Vadovaujantis informacijos šaltinių duomenimis atliekamas biologiškai skaidžių atliekų srautų kokybinis ir kiekybinis vertinimas.

3.1 Utenos regiono apžvalga

Lietuvos šiaurės rytinėje dalyje esanti Utenos apskritis yra penktoji pagal plotą Lietuvoje, kuri apima šias savivaldybes (žr. 6 pav.): Anykščių rajono; Ignalinos rajono; Molėtų rajono; Utenos rajono; Visagino miesto; Zarasų rajono.



6 pav. Utenos regionas (Utenos regiono ATP)

Savivaldybių bendras užimamas plotas – 7201 km² (tai sudaro 11 % viso šalies teritorijos ploto). Didžiausia apskrityje - Anykščių r. savivaldybė – 1 765 km², mažiausia – tik 58 km² – Visagino savivaldybė. Apskritis administracinis centras – Utenos miestas. Iš viso regione yra 53 seniūnijos.

Lietuvos statistikos departamento duomenimis, Utenos apskrityje, vidutinis metinis gyventojų skaičius 2015 m. – 138681. Priimama prielaida, kad 2015 m. gyventojų pasiskirstymas pagal gyvenamąją vietą kaimas ir miestas tolygus 2016 m. (žr. 16 lentelę).

16 lentelė. Gyventojų skaičius Utenos regione ir pasiskirstymas pagal gyvenamąją vietą

	Nuolatinių gyventojų skaičius 2016 m. pradžioje			Vidutinis metinis gyventojų skaičius 2015 m.
	Iš viso	Miestas	Kaimas	
Utenos apskritis	137193	76886	60307	138681
Anykščių r. sav.	25755	10560	15195	26074
Ignalinos r. sav.	16325	6304	10021	16566
Molėtų r. sav.	18877	5984	12893	19055
Utenos r. sav.	39826	27179	12647	40140
Visagino sav.	19774	19630	144	20011
Zarasų r. sav.	16636	7229	9407	16835

Šaltinis: (Lietuvos statistikos departamentas)

Lietuvos statistikos departamento duomenis, Utenos apskrityje, viso pagal nuosavybės formą 2015 m. buvo įregistruoti – 76722 būstai, iš kurių 39727 (51 %) – 1-2 butų namai ir 34924 (45 %) – daugiabučiai namai. Bendrai Utenos apskrities savivaldybėse 1-2 butų namų įregistruota 12 % daugiau nei 3 ir daugiau butų namų (daugiabučių) (žr. 17 lentelę).

17 lentelė. Butų skaičius pagal nuosavybės formą Utenos regione 2015m.

	Iš viso	Privati nuosavybė	Iš jų		Valstybės, savivaldybių nuosavybė	Iš jų savivaldybių
			1-2 butų namuose	3 ir daugiau butų namuose (daugiabučiuose)		
Utenos apskritis	76722	74651	39727	34924	2071	1762
Anykščių r. sav.	14556	14241	10080	4161	315	273
Ignalinos r. sav.	10641	10223	6806	3417	418	330
Molėtų r. sav.	10896	10690	8050	2640	206	192
Utenos r. sav.	19658	19407	8757	10650	251	186
Visagino sav.	11234	10607	52	10555	627	556
Zarasų r. sav.	9737	9483	5982	3501	254	225

Tiriamąjį darbo tikslo analizei pasirinkta vertinti tik miestų ir miestelių individualius namus (1-2 butų). Tokį sprendimą sąlygoja tai, jog individualiuose namuose yra palankesnės sąlygos maisto/virtuvių atliekų atskiros surinkimo sistemos įdiegimui.

Utenos regiono savivaldybių namų ūkio dydis apskaičiuotas remiantis Lietuvos statistikos departamento skelbiamais 2015 m. gyventojų surašymo duomenimis apie gyventojų ir būstų fondų skaičius savivaldybių teritorijose. 2015 m. duomenimis, vidutinis Utenos apskrities namų ūkio dydis – 1,81 gyventojų/namų ūkiui. Didžiausi namų ūkiai – Utenos ir Anykščių r. savivaldybėse, Visagino mieste.

18 lentelė. Vidutinis namų ūkis Utenos apskrities savivaldybėse 2015 m.

	Vidutinis metinis gyventojų skaičius 2015 m.	Iš viso namų ūkių	Vidutinis namų ūkio dydis
Utenos apskritis	138681	76722	1,81
Anykščių r. sav.	26074	14556	1,79
Ignalinos r. sav.	16566	10641	1,56
Molėtų r. sav.	19055	10896	1,75
Utenos r. sav.	40140	19658	2,04
Visagino sav.	20011	11234	1,79
Zarasų r. sav.	16835	9737	1,73

Šaltinis: (Lietuvos statistikos departamentas)

Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, Utenos regione atskirų KA kiekiai atskirose savivaldybėse pateikti lentelėje (žr. 19 lentelė.). 49 760 t atliekų kiekis per 2016 m. buvo surinktas šiomis priemonėmis: konteinerine, didelių gabaritų atliekų aikštelėse, apvažiuojant atliekų turėtojus (maišeliais, betaris surinkimas), kitomis priemonėmis (papildančiomis sistemomis).

19 lentelė. MKA kiekių pasiskirstymas pagal Utenos regiono savivaldybes 2016 m. (t/m.)

Regionas	MKA, t/m.
Utenos regionas	49 760
Anykščių r.	8 157
Ignalinos r.	4 337
Molėtų r.	5 874
Utenos r.	21 860
Visagino	5 472
Zarasų r.	4 060

Šaltinis: (Aplinkos apsaugos agentūra)

Atliktos mokslinės ir praktinės literatūros analizės duomenimis, BSA yra prioritetinės ir keliančios susirūpinimą dėl savo kiekio, kuris patenka į MKA srautą. RATC įpareigoti vykdyti BSA sudėties tyrimus ir vesti jų apskaitą, kuri turi būti pateikiama aplinkos apsaugos agentūrai.

Komunalinių BSA sudėtis proc. pateikta 20 lentelėje. Pateikti duomenys visų Lietuvos regionų, iš kurių matyti, kad Utenos regione BSA sudaro didžiausią dalį – iki 61,72 %, įsk. 32,57% - maisto BSA.

20 lentelė. Visų BSA kiekis Lietuvos regionuose, %

Nr.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	Vilniaus apskritis	Kauno apskritis	Klaipėdos apskritis	Panevėžio apskritis	Šiaulių apskritis	Marijampolės apskritis	Alytaus apskritis	Tauragės apskritis	Utenos apskritis	Telšių apskritis
		KA sudėtis, %									
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	7,11	7,94	7,70	4,30	6,55	4,05	5,72	3,64	4,16	5,55
2.	Žaliosios atliekos	5,02	2,74	6,46	14,64	5,06	5,69	7,69	6,10	7,07	3,73
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	0,77	0,54	0,80	1,03	1,77	1,67	1,10	0,47	1,60	1,56
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	10,17	6,72	9,15	15,23	19,32	2,16	18,00	7,39	32,57	18,25
5.	Tekstilės atliekos	8,19	3,89	5,24	10,54	7,42	8,76	8,03	7,32	8,40	4,82
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	19,85	31,04	0,00	0,00	0,22	18,43	2,09	23,20	7,92	14,62
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	53,19	52,75	29,35	45,75	37,34	40,76	42,63	48,52	61,72	48,54

Šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra

Aplinkos apsaugos agentūros duomenimis, 2016 m. Utenos regione susidarė 49 647 t KA (20 grupė atliekų sąraše pagal Atliekų tvarkymo taisykles). Vertinimui pasirinktas kiekis surinktas konteineriuose (žr. 21 lentelę), nes neturint atskiros MA surinkimo sistemos, šios atliekos patenka į bendrą KA srautą su kitomis buityje susidarantiomis atliekomis. Maisto atliekų procentinė išraiška paimta iš regionuose vykdomų KA sudėties tyrimų ataskaitos, kuri prieinama Utenos RATC internetinėje svetainėje (žr. 2 priedą). Susidariusias KA savivaldybių komunalininkai šiukšlių vežimo mašinomis pristato į Utenoje veikiančius MBA įrenginius, kuriuose atliekos tvarkomos.

21 lentelė. KA bei komunalinių MA kiekis Utenos regiono savivaldybėse

Savivaldybė	¹ Kiekis surinktas konteineriuose, t/m.	Atliekų kiekis, kg/gyv./m.	MA, %	MA, t/m.
Utenos regionas	30789	224	32,56	10026
Anykščių r.	4596	178	24,15	1110
Ignalinos r.	3149	193	33,1	1042
Molėtų r.	4453	236	27,8	1238
Utenos r.	10844	272	29,65	3215
Visagino	4986	252	43,86	2187
Zarasų r.	2760	166	36,82	1016

¹Pastaba – informacijos šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra

22 lentelė. MKA surinkimo reisų sk./m.

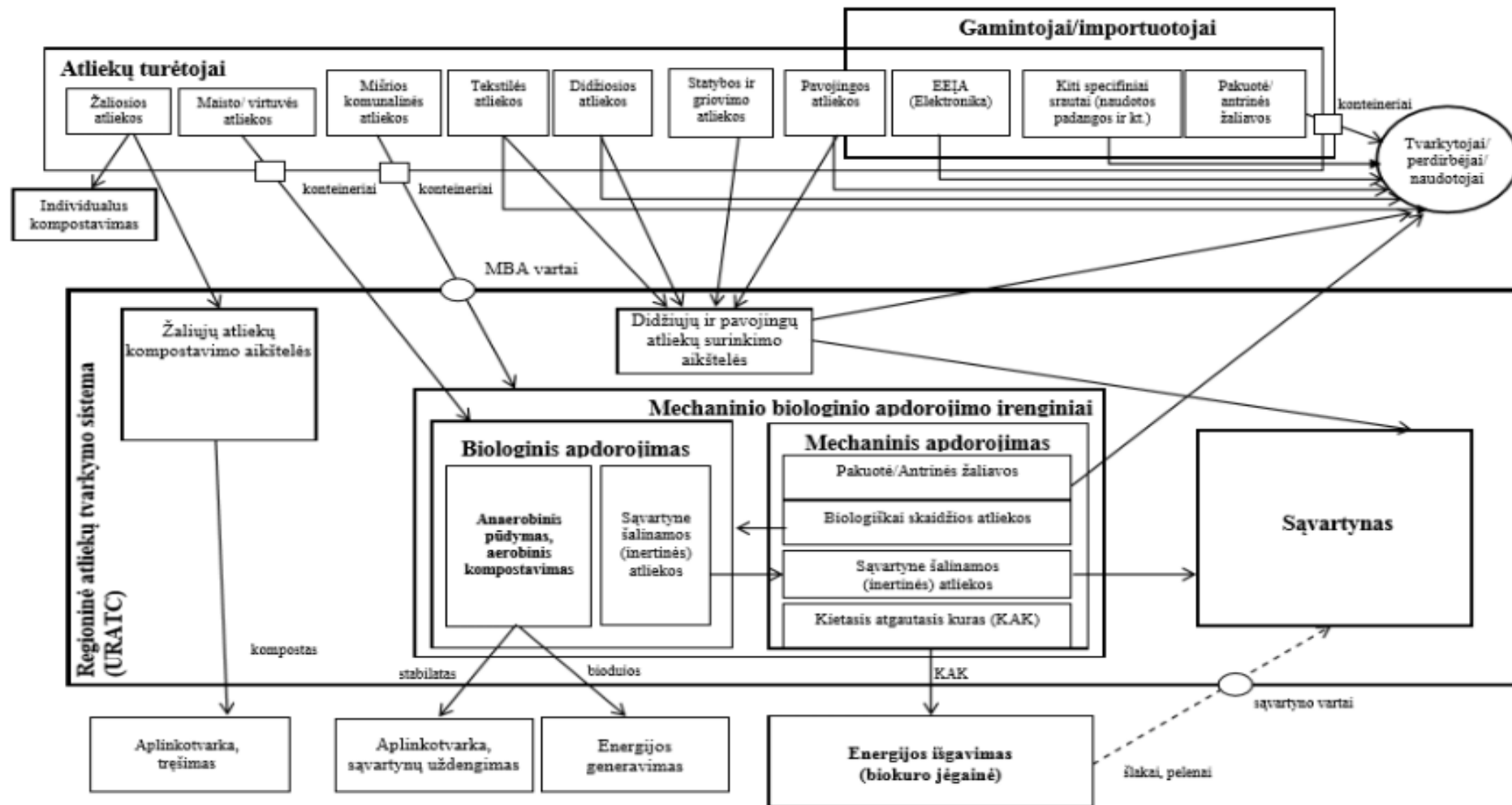
	Anykščių r.	Utenos r.	Ignalinos r.	Visaginas	Molėtų r.	Zarasų r.
MA kiekis t/m.	4596	10844	3149	4986	4453	2760
Pravažiuotas vidurinis atstumas, km/reisui	88	12	88	144	74	100
Reisų skaičius, vnt./m.	383	904	262	416	371	230
Pravažiuotas vidurinis atstumas, km./m.	33704	10844	23093	59832	27460	23000
Kuro sąnaudos l/m.	5730	1843	3926	10171	4668	3910

Pastaba:

1. Reisų skaičius apskaičiuojamas nuo MKA kiekio;
2. Vidurinis atstumas nuo savivaldybių iki MBA įvertintas maps.lt internetinėje svetainėje;
3. Reisų skaičius ir kuro sąnaudos apskaičiuotos pagal metodikoje pateiktą informaciją.

Principinė Utenos regiono MKA tvarkymo sistema pateikta 7 paveiksle. Regioninio sąvartyno eksploatacija ir atliekų šalinimo veiklos savivaldybių tarybų sprendimais yra pavestos UAB „Utenos regiono atliekų tvarkymo centras“ (toliau tekste - Utenos RATC). Iš atliekų turėtojų atliekų surinkėjų surinktos MKA nukreipiamos į MBA įrenginius. Mechaninio apdorojimo įrenginyje atskiriamos AŽ, BSA, sąvartyne šalinamos atliekos (inertinės), RDF frakcija, kuri presuojama ir kaip kietasis atgautasis kuras (KAK) nukreipiama į atliekų bendrojo deginimo įrenginiuose energijos gamybai (pvz., UAB „Fortum Klaipėda“).

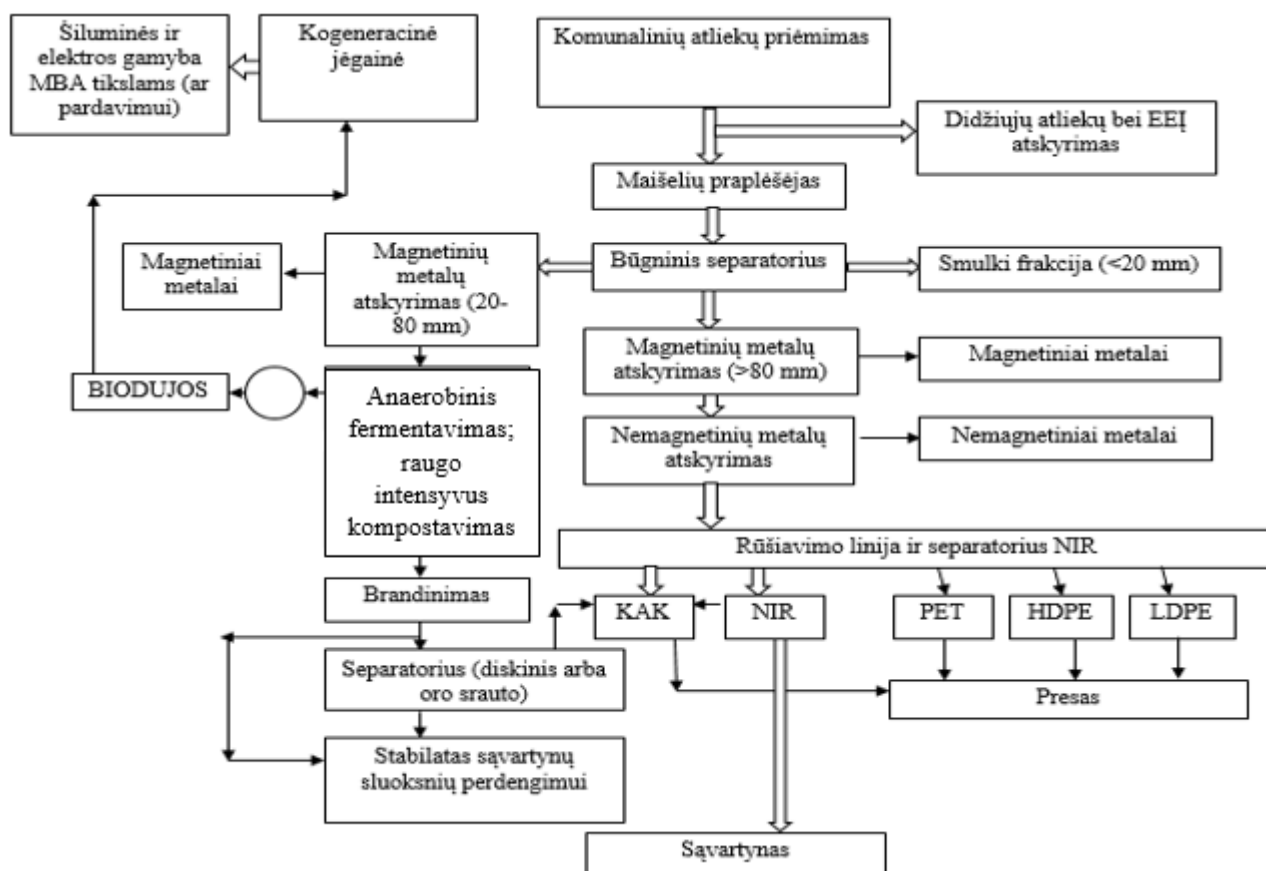
Biologinio apdorojimo įrenginyje vyksta BSA fermentavimas, kurio metu išgaunamos biodujos ir gaminamas raugas, kuris toliau tuose pačiuose tuneliuose yra kompostuojamas, pakeičiant technologinius parametrus. Pagamintas stabilatas kol kas neatitinka komposto reikalavimus ir yra naudojamas sąvartyno sluoksnių perdengimu (Staugaitis ir kt. 2016, Kliopova 2016, Staniškis ir kt. 2017). Visos kitos atliekos, kurių neįmanoma vienu ar kitu būdu apdoroti, nukreipiamos šalinimui į sąvartyną. Vadovaujantis ATP pateikta informacija, šiuo metu Utenos regione BSA tvarkymui parinktos priemonės – namudinis kompostavimas, ŽAKA ir centralizuotas tvarkymas MBA įrenginiuose.



7 pav. URATC sistema (ATV)

Atliekų rūšiavimo įrengimų procesas pradamas priėmimo bunkeryje, kuriame praplėšiami šiukšlių maišeliai. Atliekų srautą (nuo 0-80 mm) pagrindu sudaro organinės atliekos ir inertinės medžiagos (likutinė frakcija). Šis srautas nukreipiamas iki magneto, kuriame išrenkami juodieji metalai. Išvalytos nuo metalų atliekos nukreipiamos iki antrinio, inertinių kietųjų dalelių atskyrimo separatoriaus, kuriame atliekų srautas pagal dalelių išskiriamas į du srautus (0-20 mm ir 20-80 mm). Mažesnių dalelių dydžio atliekų srautą sudaro smėlis, žvyras, pelenai o kitą pagrindu sudaro BSA, kurios kaupiamos tuneliuose. Atliekų srautas, kuriame dalelės didesnės kaip 80 mm sietiniu būgnu (separatoriumi) pagal dalelių dydį atskiriamos atliekos į sunkiąją ir lengvąją atliekų frakcijas (UAB „Manfula“ 2014-2020; Staniškis ir kt. 2017).

Komunalinių atliekų biologiniam apdorojimui ir biodujų išgavimui taikomas sausas anaerobinis BSA frakcijos apdorojimo procesas. Fermentavimas ir intensyvus kompostavimas vyksta gelžbetoniniuose tuneliuose (talpyklose): pradžioje sudaromos anaerobinės sąlygos ir gaminamos biodujos, pasibaigus šiam procesui, paduodamas oras, t.y. sudaromos anaerobinės sąlygos. Pirminis kompostas iškraunamas iš tunelių ir virš mėnesio brandinamas atviruose aruodo tipo įrenginiuose su įrengta grindyse aeravimo sistema. Kaip buvo minėta, pagal savo užterštumo ir kokybės parametrus kol kas kompostas tenkina tik techninio komposto (stabilato) reikalavimus ir gali būti naudojamas sąvartyne sąvartyno sluoksnių perdengimui (Kliopova 2016, Staniškis ir kt. 2017). Taip pat numatytas pagaminto techninio komposto sijojimas būgniniame sietė.



8 pav. Utenos regiono KA MBA įrenginiai su intensyviu antrinių žaliavų surinkimo ir BSA anaerobinio fermentavimo srautų diagrama (Staniškis ir kt. 2017, AAA)

Utenos MBA įrenginys 2016 m. dirbo nepilnu pajėgumu, vykdant derinimo darbus, tuneliai nebuvo 100 proc. užkrauti. Ši priežastis įtakojo veiklos gautus rezultatus. Utenos regiono MKA apdorojimo MBA įrenginiuose veiklos rezultatai pateikti 23 lentelėje. 24 lentelėje pateiktą informaciją apie kitų BSA - ŽA centralizuotą tvarkymą Utenos regiono ŽAKA.

23 lentelė. MKA sutvarkymas Utenos regiono MBA įrenginiuose

MKA tvarkymo įvedinių ir išvedinių srautai	Dimensija	² 2016 m.
Centralizuotai surinktų MKA kiekis (20 03 03)	t/m.	28180,72
¹ Mišrių komunalinių atliekų kiekis į MBA įrenginius	t/m.	26729,42
MBA įrenginiuose atskirta antrinių žaliavų	t/m.	532,55
MBA įrenginiuose atskirta ir sutvarkyta BSA	t/m.	10143,13
Po MBA pašalinta sąvartyne	t/m.	11172,28
Pagaminta stabilato	t/m.	5072
Išgauta biodujų	nm ³	175 568,60
Pagaminta elektros energijos	kWh	34 360
Pagaminta šiluminės energijos	kWh	744 400
Panaudota elektros energijos MBA įrenginiuose (įsk., pagamintą)	kWh	412 235
Panaudota šiluminės energijos MBA įrenginiuose (pagamintą)	KWh	744 400
Papildomai naudojama energiją – krosninis dyz. kuras į KDI šiluminės energijos gamyba	t	4

Pastabos:

¹Įvertintą, naudojant metodikoje pateiktą 3 formulę.

²Informacijos šaltinis: 2017 m. atliktos Utenos RATC apklausa.

24 lentelė. Utenos Regiono ŽA kompostavimas ŽAKA

BSA srautai į centralizuotą kompostavimą	Dimensija	2016 m.
BSA- ŽA (20 02 01)	t/m.	4659,434
Medžio žievės ir medienos atliekos (03 03 01)	t/m.	4,68
Augalų audinių atliekos (02 01 03)	t/m.	-
Pjuvenos, drožlės, skiedros, mediena, medienos drožlių plokštės ir fanera, nenurodyta 03 01 04 (03 01 05)	t/m.	3,74
Viso:	t/m.	4667,854

Naudojant darbo metodikoje pateiktas formules, įvertintas veiklos daromas poveikis aplinkai: oro teršalai ir ŠESD iš mobilių taršos šaltinių, deginant dyzelinį kurą, krosninį kurą deginant KDI, biodujas - kogeneracinėje jėgainėje (KJ), kt. Rezultatai pateikti Utenos regiono MKA apdorojimo MBA įrenginiuose medžiagų ir energijos balanse (žr. 9 paveikslą).

NH₃, kuris susidaro kompostuojant raugą vertinamas pagal 4 formulę:

$$E_{NH_3} = 10143130 \times 0,028 \times 0,0068 \times 17/14 = 2,35 \text{ t/m.}$$

Remiantis gautais duomenimis, įvertinta 2016 m. biodujų išėiga ir energetinis potencialas. Vertinimo eiliškumas pateiktas 25 lentelėje. Biodujų išėiga – 17,31 nm³/t BSA, energetinis potencialas – 5,54 kWh/nm³, BSA energetinis potencialas - 95,97 kWh/t BSA. Vertinimo rezultatų analizė rodo, kad BSA energetinis potencialas 2016 m. išnaudotas nepilnai. Šiluminės ir elektros energijos sąnaudos MBA įrenginiuose gerokai viršijo pagamintą energiją: elektros energija – iki 37,25 kWh/t BSA, šiluminę energiją – iki 4,34 kWh/t BSA (žr. 25 lentelę, 2016 m. vertinimo rezultatus).

Pilnu pajėgumu MBA pradėjo veikti tik 2017 m. balandžio mėnesį. Šio mėnesio veiklos duomenys taip pat pateikti 25 lentelėje. Biodujų išėiga padidėjo iki 24,21 nm³/t BSA, energetinis potencialas – 5,8 kWh/nm³, BSA energetinis potencialas – 140,41 kWh/t BSA. Balandžio mėnesį pagaminta daugiau energijos, negu sunaudota BSA tvarkymui, todėl teoriškai susidarė perteklinės energijos: elektros energijos – iki 0,69 kWh/t BSA, šiluminės energijos – iki 0,28 kWh/t BSA

Būtent 2017 m. balandžio mėnesio veiklos įvertinti AAI (perskaičiuojant į vnt./metus, vertinant, kad BA įrenginių pajėgumas – iki 15000 t BSA/m.) bus toliau naudojami siūlomos alternatyvos lyginamajai analizei.

Medžiagų ir energijos balansas „Esamai situacijai“, vertinant vnt./metus pateiktas 10 paveiksle.

25 lentelė. Utenos regiono MBA pagamintų biodujų energetinės vertės įvertinimas ir energijos balanso sudarymas

	2016 m.		2017 m. balandžio mėn.	
	Dimensija	Vertės	Dimensija	Vertės
¹ Gauti duomenys	Vnt./m.	Vnt.	Vnt./m.	Vnt.
Sutvarkyta BSA MBA įrenginiuose	t/m.	10143,13	t/mėn.	750
Pagaminta biodujų	nm ³ /m.	175 568,60	nm ³ /mėn.	18161
Pagaminta elektros energijos	kWh/m.	34360	kWh/mėn.	31000
Pagaminta šiluminės energijos	kWh/m.	744400	kWh/mėn.	58510
Preliminarūs nuostoliai KJ (2016 m. - apie 20 proc.; 2017 m. – 15 proc.)	kWh/m.	194690	kWh mėn.	15796
KJ sudegintų biodujų preliminari energetinė vertė	MWh/metus	973,45	MWh/mėn.	105,31
	GJ/m.	3504,42	GJ/ mėn.	379,12
Panaudota elektros energijos	kWh/m.	412 235	kWh/mėn.	³ 30480
Pagaminta šiluminės energijos	kWh/m.	744 400	kWh/mėn.	³ 58297,5
Įvertinti aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI)	Vnt./t BSA		Vnt./t BSA	
Biodujų išėiga	nm ³ /t BSA	17,31	nm ³ /t BSA	24,21
Naudingai pagaminta energija (elektros)	kWh/t BSA	3,39	kWh/t BSA	41,33
Naudingai pagaminta energija (šiluminė)	kWh/t BSA	73,39	kWh/t BSA	78,01
100 proc.	kWh/t BSA	95,97	kWh/t BSA	140,41
Biodujų energetinė vertė	kWh/nm ³	5,54	kWh/nm ³	5,80
Panaudota elektros energija	kWh/t BSA	40,64	kWh/t BSA	40,64
Panaudota šiluminė energija	kWh/t BSA	73,39	kWh/t BSA	
² Papildomai sunaudota šiluminės energijos deginant krosninį kurą	kWh/t BSA	4,34	kWh/t BSA	
Bendros šiluminės energijos sąnaudos	kWh/t BSA	77,73	kWh/t BSA	77,73
Perteklinė (elektros)	kWh/t BSA	-37,25	kWh/t BSA	0,69
Perteklinė (šiluminė)	kWh/t BSA	-4,34	kWh/t BSA	0,28
Bendrai gaminama perteklinės energijos	kWh/t BSA	-41,59	kWh/t BSA	0,97

Pastabos:

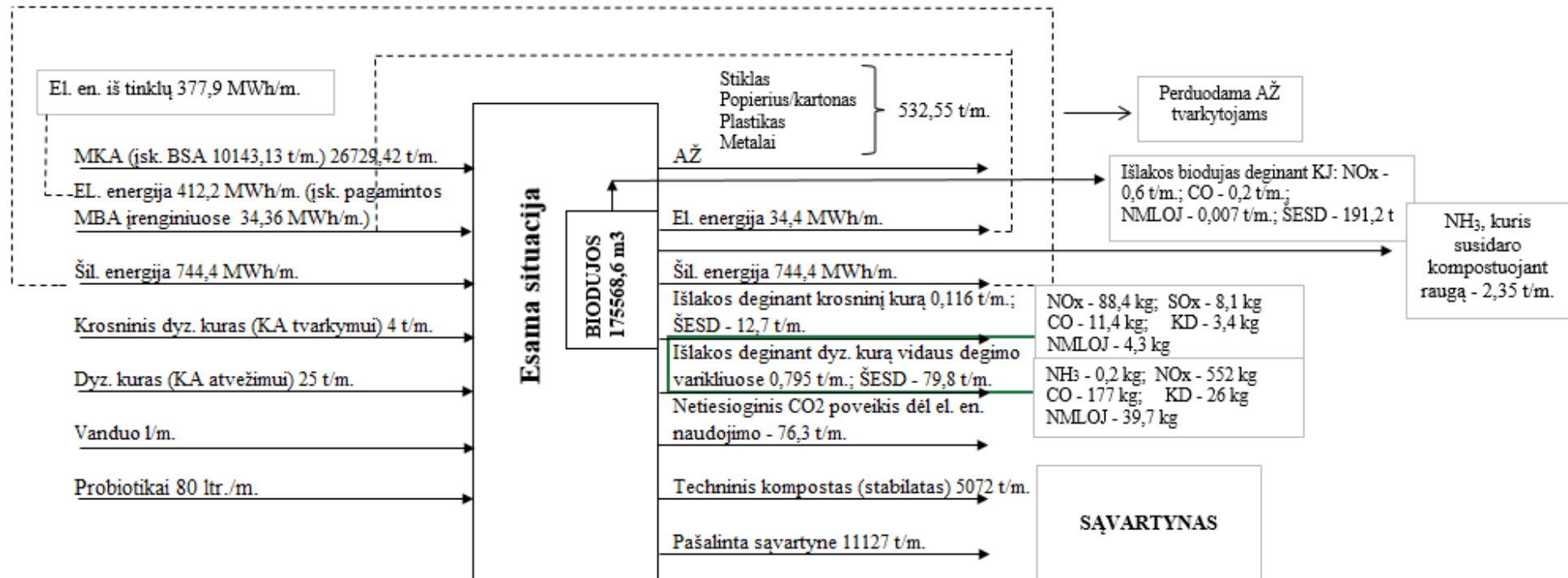
^{1,3}Informacijos šaltinis: 2017 m. atliktos Utenos RATC apklausa.

²Rezervinėje katilinėje pagamina šiluminė energija, deginant 4 t krosninio kuro:

4000 kg x 43,07 MJ/kg x 0,92 = 158,5 GJ arba 44,03 MWh

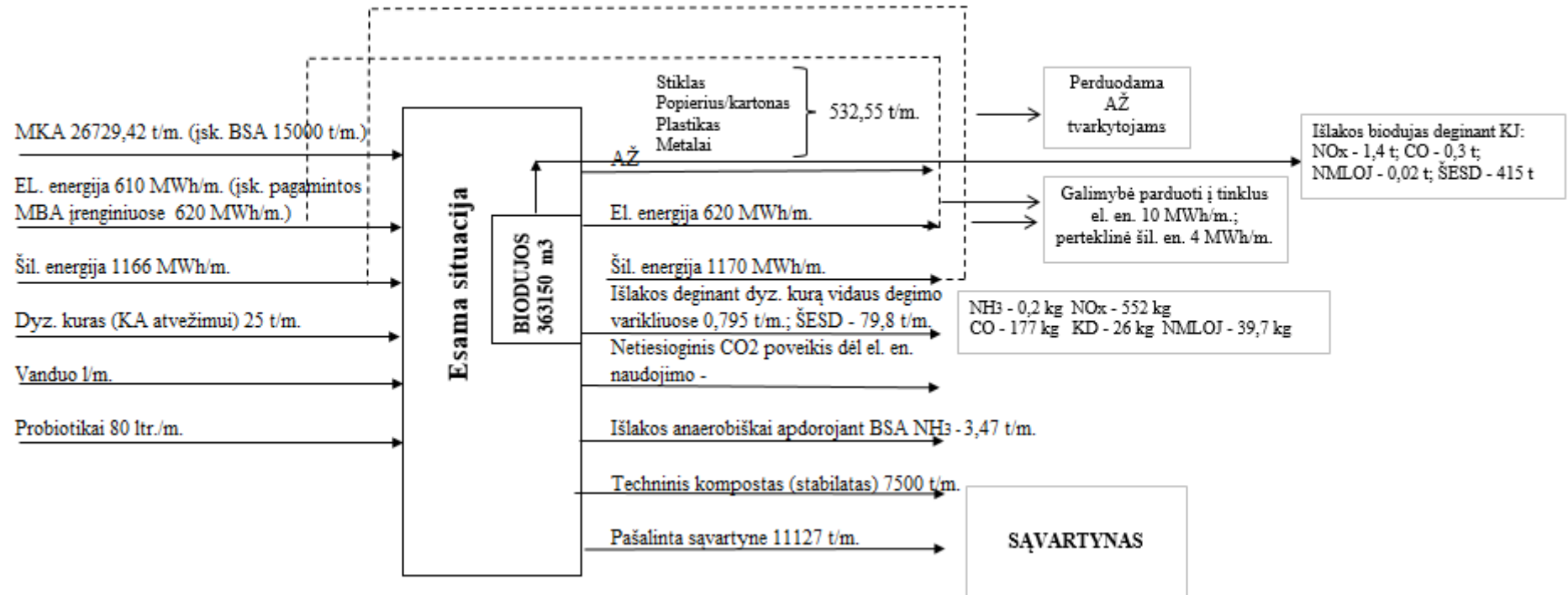
(preliminariai priimama, kad KDI n.k. – 92 proc.)

MKA tvarkymo MBA įrenginiuose pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas (2016 m.)



9 pav. MKA tvarkymo MBA įrenginiuose pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas (2016 m.)

MKA tvarkymo MBA įrenginiuose pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas (situacija iki projekto įdiegimo)



10 pav. MBA veiklos rezultatai prieš inovacijos įdiegimą

4 BIODUJŲ POTENCIALO DIDINIMAS UTENOS MBA ĮRENGINIUOSE CENTRALIZUOTAI APDOROJANT KOMUNALINES MAISTO BSA: ALTERNATYVOS ĮVYKDOMUMO ANALIZĖ

4.1 Siūlomos alternatyvos techninis įvertinimas

Komunalinių maisto BSA kiekio įvertinimas

Kaip buvo pateikta darbo 3-me skyriuje, Utenos regiono savivaldybėse komunalinių BSA sraute susidaro apie 10 tūkst. t/m. MA. Teoriškai įvertintam kad miestų ir gyvenviečių individualiuose namuose susidaro apie 4,46 tūkst. t/m. MA (žr. 26 lentelę). Darbe priimama prielaida, kad pirminio rūšiavimo efektyvumas gali siekti apie 75 proc., atskirai surenkant iki 3,5 tūkst. t/m. BSA.

26 lentelė. MA, kurioms siūlomas atskiras surinkimas kiekio įvertinimas

Savivaldybė	KA kiekis t/m.	MA kiekis, t/m./gyv.	MA kiekis ,1-2 butų namams, t/m.
Anykščių r.	4596	1110	776
Ignalinos r.	3149	1042	678
Molėtų r.	4453	1238	924
Utenos r.	10844	3215	1441
Visagino	4986	2187	10
Zarasų r.	2760	1016	633

Pastabos:

1. Darbo tikslui pasiekti pasirinkta vertinti tik miestų ir miestelių individualių namų ūkiuose susidarantį maisto BSA;
2. Maisto BSA kiekis įvertinamas pagal individualių namų ūkiui tenkantį gyventojų skaičių.

Miestų individualiems namams siūloma įsigyti specializuotas šiukšliadėžes, skirtas rūšiuoti organines MA. Siūlomos šiukšliadėžės talpa – 10-15 litrų. Pavyzdys pateiktas 11 paveiksle. Į šias MA rūšiavimo talpas rekomenduojama dėti biodegraduojančius šiukšlių maišus ar tiesiog laikraštinių popierių. Tokio pobūdžio MA rūšiavimo šiukšliadėžės skiriasi nuo įprastų tuo, jog jos turi rankenėlę, kuri pritraukiama sandariai ją uždarius. Tinkamas MA rūšiavimas namų sąlygomis nesukels nemalonių kvapų.

Siūlomas didesnės talpos konteineris gali būti kolektyvinis ir skirtas naudoti keliems namų ūkiams.



11 pav. MA rūšiavimui siūlomi virtuvės šiukšliadėžė ir konteineris

Reisų skaičiaus padidėjimo įvertinimas

Reisų skaičiaus įvertinimas, surenkant MA iš individualių namų, pateiktas 24 lentelėje. Darbe priimama prielaida, kad tinkamai rūšiuojant komunalines MA, reisų skaičius padidės tik nuo 1-2,5 karto per savaitę (priklausomai nuo savivaldybės). Šiam tikslui visuose savivaldybėse bus sunaudota iki 3943 l/m. arba apie 3,3 t/m. dyzelinio kuro.

27 lentelė. Komunalinių MA surinkimo Utenos regiono savivaldybėse reisų skaičiaus (vnt./m.) ir dyzelinio kuro papildomų sąnaudų (l/m.) įvertinimas

	Anykščių r.	Ignalinos r.	Molėtų r.	Utenos r.	Visaginas	Zarasų r.
MA kiekis t/m.	776	678	924	1441	10	633
Pravažiuotas vidurinis atstumas, km/reisui	88	88	74	12	144	100
Reisų skaičius, vnt./m.	65	57	77	120	1	53
Pravažiuotas vidurinis atstumas, km./m.	5691	4972	5698	1441	120	5275
Kuro sąnaudos l/m.	967	845	969	245	20	897

Pastaba:

1. Reisų skaičius apskaičiuojamas nuo pirminio MA kiekio;
2. Vidurinis atstumas nuo savivaldybių iki MBA įvertintas, naudojant maps.lt internetinę svetainę;
3. Reisų skaičius ir kuro sąnaudos apskaičiuotos pagal metodikoje pateiktą informaciją.

Biodujų potencialo įvertinimas

Rūšiavimo būdu atskirtų komunalinių maisto BSA biodujų išėigos vertinimas atliktas pagal darbo metodikoje pateiktą eiliškumą (žr. 14 lentelę). Rezultatai pateikti 28 lentelėje.

28 lentelė. Pirminiu rūšiavimu atskirtų komunalinių maisto BSA biodujų potencialo įvertinimas

Analizuojami BSA parametrai	Planuojamas išrūšiuotų maisto BSA kiekis - 3500 t maisto BSA, įsk. iki 30 proc. - priemaišų
Maisto BSA kiekis, t	¹ 2450 (be priemaišų)
SM (35%), t	857,50
OM (75% SM), t	643,13
Suyrimas (85 % OM), t	546,66
Biodujų produkcija, m ³ /t suyr. OM	480
Biodujų produkcija, m³	262397
Biodujų išėiga, m³/t BSA	107,04

¹Pastaba: Biodujų potencialo vertinimui priimama prielaida, jog MA gali būti iki 30 % priemaišų.

Rūšiavimo būdu atskirtų komunalinių maisto BSA biodujų energetinio potencialo vertinimas atliktas pagal darbo metodikoje pateiktą eiliškumą (žr. 15 lentelę). Rezultatai pateikti 29 lentelėje.

29 lentelė. Pirminiu rūšiavimu atskirtų komunalinių BSA energetinio potencialo įvertinimas

Vertinami biodujų parametrai, fermentuojant komunalinius maisto BSA	2450 t maisto BSA iš MKA
Biodujų išėiga, m ³ (žr. 28 lentelę)	262397
Metano (CH ₄) kiekis biodujose, 60 %	157438,20
Metano kaloringumas, MJ/m ³	37,7
Biodujų energetinė vertė, GJ (MWh)	5935,42 (1648,73)
Elektros energijos gamybos potencialas, MWh	486,375
Šiluminės energijos gamybos potencialas, MWh	915,045
Nuostoliai, MWh	247,310

¹Pastaba: vertinimui naudojami AAI, nustatyti pagal Utenos MBA įrenginių 2017 m. balandžio mėnesio darbą: elektros energijos gamybos išėiga sudaro iki 29,5 % biodujų energetinės vertės, šiluminės – iki 55,5%, likusi – KJ nuostoliai.

Darbe siūloma atskirtam komunalinių maisto BSA apdorojimui naudoti tuos pačius MBA įrenginius, juose apdorojant tik šį srautą (Stunžėnas 2016), pvz., kaupiant su maisto BSA atskirtus maišelius specialiame aruode ir praleidžiant per mechaninį apdorojimą tik šį srautą. Mechaninio apdoravimo linijos pradžioje siūloma papildomai įrengti skysčių nuvedimo sistemą (kadangi maisto BSA pasižymi dideliu drėgnumu (iki 70 %)). Taip pat siūloma atskirtas maisto BSA biologiškai apdoroti tik tuose pačiuose tuneliuose, taip mažinant užterštumo riziką.

Suprantama, kad dėl bendros sistemos tol, kol bus kituose tuneliuose apdorojamos komunalinės BSA (išrūšiuotos tik antriniu būdu MBA įrenginiuose) visiškai išvengti užterštumo neišeis. Todėl ateityje turi būti vertinamos alternatyvos:

- didinti komunalinių maisto BSA pirminį rūšiavimą ir MBA įrenginiuose biologiškai apdoroti tik šį išrūšiuotą MA srautą *arba*
- išrūšiuotam MA srautui biologiškai apdoroti įrengti naujus įrenginius (ši alternatyva reikalauja didelių investicijų).

Komunalinių maisto BSA anaerobinio apdorojimo metu, taip pat gautojo raugo kompostavimo ir stabilizavimo, pagaminto komposto kiekis sudaro iki 40-60 proc. pirminio BSA kiekio (priklausomai nuo BSA pradinės drėgmės) (Staniškis ir kt. 2017). Skaičiavimuose priimama prielaida, kad BSA kiekis sumažės iki 50 proc. Tokiu būdu, įdiegus siūlomą alternatyvą, bus gaminama iki 1225 t/m. komposto, kuris pasižymės žymiai geresnės kokybės rodikliais, negu stabilatas dėl (Staugaitis ir kt. 2016):

- didesnio OM kiekio,
- didesnio bendrojo fosforo ir azoto kiekio,
- didesnio kitų maistinių medžiagų kiekio,
- mažesnio užterštumo sunkiaisiais metalais bei priemaišomis.

Iš MKA srauto į MBA įrenginius patenkančių BSA, po pirminio maisto BSA, biodujų energetinio potencialo vertinimas atliktas pagal 25 lentelėje pateiktus indikatorius (biodujų išeiga – 24,21 m³/t BSA, CH₄ kiekis biodujose – 55,37 %). Taip pat planuojamai situacijai vertinama, jog šiluminės energijos poreikis MBA įrenginiuose padidės iki 15 %.

Šiluminės energijos sąnaudos MBA įrenginiuose po alternatyvos įdiegimo:

$$77,73 \times 0,15 = 89,39 \text{ kWh/t BSA.}$$

Biodujų iš 12550 t/m. BSA energetinio potencialo vertės pateiktos 30 lentelėje.

30 lentelė. BSA kiekio atskirto iš MKA srauto, po pirminio maisto BSA rūšiavimo, energetinio potencialo vertinimas

Vertinami biodujų parametrai, fermentuojant komunalinius maisto BSA	12550 t/m. BSA iš bendro MKA srauto
Biodujų išeiga, m ³ (žr. 25 lentelę (2017 m. balandžio mėn.))	303836
Metano (CH ₄) kiekis biodujose, 55,37 %	168233,7
Metano kaloringumas, MJ/m ³	37,7
Biodujų energetinė vertė, GJ (MWh)	6342,4 (1761,8)
Elektros energijos gamybos potencialas, MWh	519,7
Šiluminės energijos gamybos potencialas, MWh	977,8
Nuostoliai, MWh	264,3

¹Pastaba: vertinimui naudojami AAI, nustatyti pagal Utenos MBA įrenginių 2017 m. balandžio mėnesio darbą: elektros energijos gamybos išeiga sudaro iki 29,5 % biodujų energetinės vertės, šiluminės – iki 55,5%, likusi – KJ nuostoliai.

Naudojant darbo metodikoje pateiktas formules, įvertintas veiklos daromas poveikis aplinkai: oro teršalai ir ŠESD iš mobilių taršos šaltinių, deginant dyzelinį kurą KA atvežimui, įsk. ir pirminio rūšiavimo būdu atskirtų maisto BSA, biodujas – KJ, kt. rezultatai medžiagų ir energijos balanse (žr. 13 paveikslą).

NH₃, kuris susidaro kompostuojant komunalines BSA, vertinamas pagal 4 formulę:

$$E_{NH_3} = 12550000 \times 0,028 \times 0,0068 \times 17/14 = 2,9 \text{ t/m.}$$

NH₃, kuris susidaro kompostuojant atskirtas BSA, vertinamas pagal 4 formulę:

$$E_{NH_3} = 2450000 \times 0,028 \times 0,0051 \times 17/14 = 0,42 \text{ t/m.}$$

Papildomos įrangos poreikio įvertinimas

Šaltinyje išrūšiuotos komunalinės MA tampa 3-čios kategorijos ŠGP, todėl turi būti apdorojamos pagal ŠGP reglamentą. ŠGP reglamente nurodyti maisto/virtuvės atliekų apdorojimo reikalavimai pateikti darbo 2 lentelėje. Utenos regiono MBA techninio specialisto duomenimis, įrenginiuose sunkiai pasiekiami higienizavimo temperatūra (žr. 2 lentelę), todėl šiuo metu (esamoje situacijoje) tikslu išvengti mikrobiologinės taršos raugas, pagamintas iš atskirto komunalinių BSA srauto, apdorojamas probiotikais.

Šioje analizuojamoje alternatyvoje siūloma įrengti sterilizatorių.

Sterilizatoriaus našumo parinkimas:

- atskirai surinkti maisto BSA kiekis - 2450 t/m., arba apie 47 t/sav., arba 9,4 t/d.d.
- vertinant, kad sterilizatorius veiks iki 4-5 ciklų per darbo dieną, sterilizatoriaus minimalus našumas – 1,88 t/val.

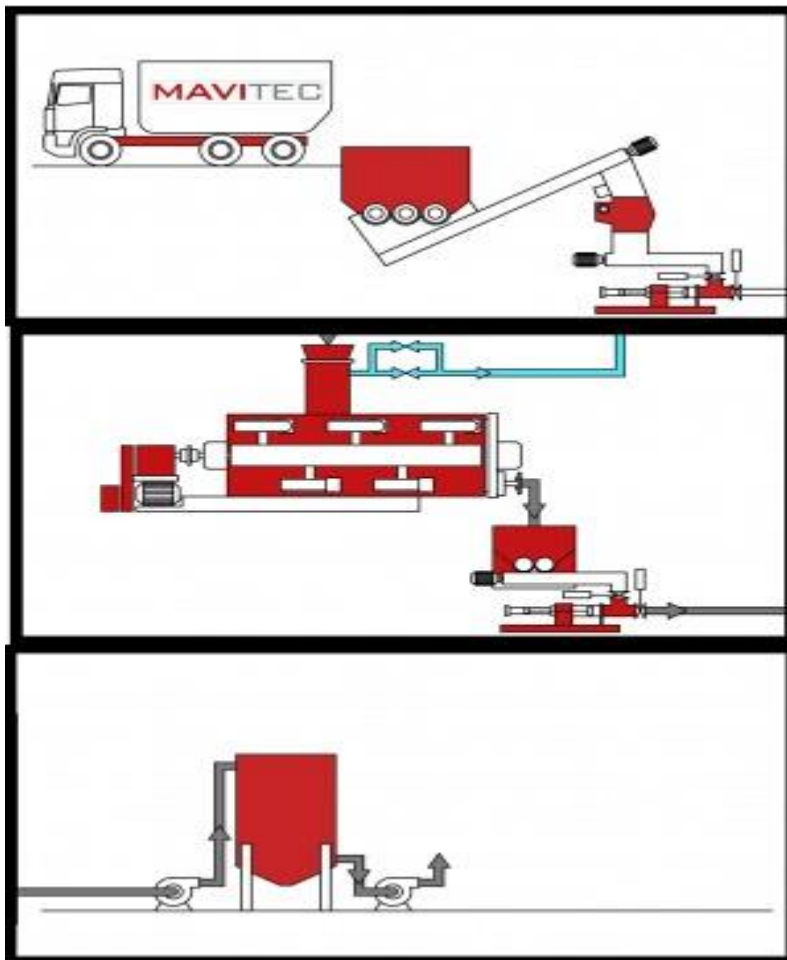
Siūloma įdiegti iki 3,5 t/val. darbo našumo sterilizatorių „MAVITEC Green energy“ tinkamam atskirai surinktų MA apdorojimui. Didesnis našumas parenkamas priimant prielaidą, kad ateityje pirminis MA rūšiavimas regione turės didėjimo tendenciją.

Principinė MA surinkimo, smulkinimo ir terminio apdorojimo schema pateikta 12 paveiksle („MAVITEC Green energy“). Linijos techninė informacija ŠGP apdorojimui:

- pasiekiami 133 °C terminio apdorojimo temperatūra;
- pasiekiamas 2,8 baro slėgis;
- minimali sterilizavimo trukmė – 20 min.;
- 1 ciklas, įsk. pakrovimą, smulkinimą ir užkrovimą – 60 min.
- MA frakcija prieš sterilizavimą smulkinama iki 12 mm dalelių dydžio;
- linijos instaliuota el. galia – 37 kW.

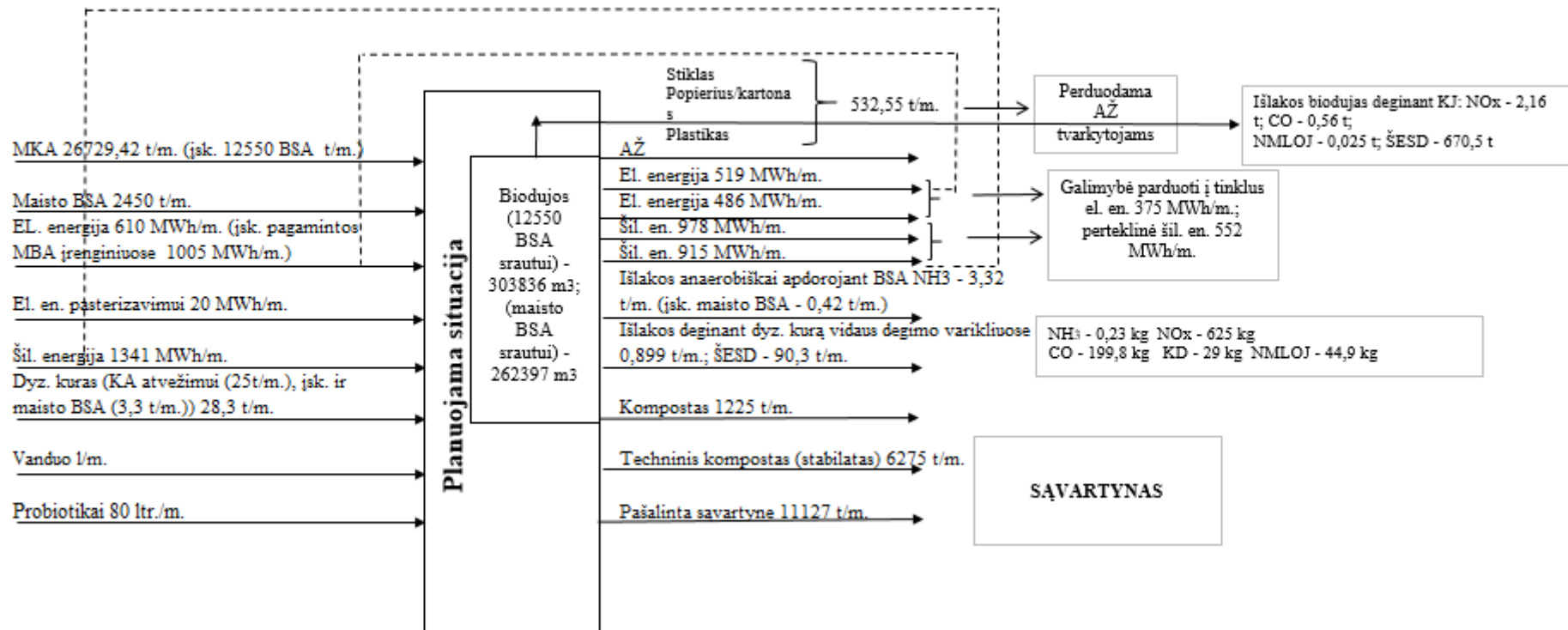
Papildomų elektros energijos sąnaudų ŠGP apdorojimui vertinimas:

- 1) Ciklų skaičius per darbo dieną: 9,4 t/d.d. / 3,5 t/val. – iki 3 ciklai per darbo dieną (po 1 val).
- 2) Energijos sąnaudos: 37 kW x 3 ciklai /d.d. x 1 val./ciklą x 0,75 (apkrovimas) x 250 d.d./m. = 20812,50 kWh/m. arba 20,8 MWh/m.



12 pav. „MAVITEC“ sterilizatoriaus principinė schema („MAVITEC Green energy“)

MKA tvarkymo MBA įrenginiuose pagrindinių srautų medžiagų ir energijos balansas (situacija po projekto įdiegimo)



13 pav. Planuojami MBA veiklos rezultatai po projekto įdiegimo

4.2 Siūlomos alternatyvos aplinkosauginis įvertinimas

Atlikus siūlomos alternatyvos techninį vertinimą, lentelėje (žr. 31 lentelę) pateikiama palyginamoji gautų veiklos rezultatų rodiklių analizė, kuri vertinama iš aplinkosauginės pusės. Oro teršalų ir emisijų faktoriai planuojamoje situacijoje didesni lyginant su esama, tačiau kitos vertės, tokios kaip elektros iš šiluminės energijos gamyba, biodujų produkcijos kiekis, biodujų energetinė vertė, planuojamoje situacijoje turi potencialą didėti.

31 lentelė. Esamos ir planuojamos MBA veiklos aplinkosauginio vertinimo palyginamoji lentelė

Sistemos srautai	Dimensija	Esama situacija	Siūloma alternatyva	Pokytis
Procesų įėjime	Vnt./m.			
BSA į MBA	t	15000	12550	sumažės
Atskirta maisto BSA frakcija į MBA	t	-	2450	padidės
Dyzelinis kurs (MKA, įsk. BSA, transportavimui)	t	25	25	nepasikeis
Dyzelinis kurs (atskirtos maisto BSA frakcijos transportavimui)	t	-	3,3	padidės
¹ Elektros energijos sąnaudos BA: • pagamintos KJ	MWh	609,6	609,6	nepasikeis
Elektros energijos sąnaudos pasterizavimui	MWh	-	20,8	padidės
² Šiluminės energijos sąnaudos BA: • pagamintos KJ	MWh	1165,95	1340,85	padidės
Probiotikai	litrų	80	80	nepasikeis
Procesų išėjime				
Stabilatas	t	7500	6275	sumažės
Kompostas	t	-	1225	padidės
³ Biodujos	m ³	363150	566233	padidės
⁴ Biodujų energetinė vertė	MWh	2106,27	3410,53	padidės
⁵ Šiluminė energija: • pagaminta bendrai	MWh	1168,98	1892,85	padidės
• perteklinė	MWh	3,03	552	padidės
⁵ Elektros energija: • pagaminta bendrai	MWh	621,35	1006,08	padidės
• perteklinė	MWh	11,75	375,68	padidės
Energijos nuostoliai KJ	MWh	315,94	511,60	nepasikeis
Oro tarša (deginant biodujas KJ): NO _x CO LOJ	kg	1,4 0,3 0,02	2,16 0,56 0,025	padidės

ŠESD (CO ₂)	t	415	670,5	padidės
Oro tarša (deginant dyz. transportuojant MKA, įsk. BSA):	kg			padidės
NH ₃		0,2	0,23	
NMLOJ		39,7	44,9	
CO		177	199,8	
NO _x		552	625	
KD		26	29	
ŠESD (CO ₂)	t	79,8	90,3	padidės

Pastabos:

¹Šaunaudos elektros energijos:

- esamoje situacijoje – 40,64 kWh/t BSA (pagal 2016 m. duomenis);
- situacijai po alternatyvos įdiegimo papildomai vertinama energija, sunaudojama ŠGP sterilizavimui iki 20,8 MWh/m.;

²Šiluminės energijos šaunaudos:

- esamoje situacijoje – 77,73 kWh/t BSA (pagal 2016 m. duomenis);
- situacijai po alternatyvos įdiegimo - 89,39 kWh/t BSA.

³Biodujų išėiga:

- esamoje situacijos – 24,21 m³/t BSA;
- planuojamoje - 24,21 m³/t BSA (srautui - 12550 t);
- planuojamoje – 107,04 m³/t BSA (srautui - 2450 t).

⁴Biodujų energetinė vertė:

- esamoje situacijos – 5,80 kWh/m³;
- planuojamoje – 6,00 kWh/m³.

⁵Energijos gamyba:

- Elektros energijos gamyba – 29,5 proc. biodujų vertės;
- Šiluminės energijos gamyba – 55,5 proc. biodujų vertės);
- Nuostoliai KJ – apie 15 proc.

Išvada:

Įdiegus planuojamą alternatyvą, Utenos regiono MBA įrenginiuose bus pasiekta aplinkos apsaugos nauda:

- bus gaminama 55 proc. daugiau biodujų (esamoje situacijoje - 24,21 m³/t BSA, planuojamoje – vid. 37,75 m³/t BSA),
- bus gaminama beveik 32 kartus daugiau perteklinės elektros energijos (iki 375,68 MWh/m.),
- palyginti su 2016 m., bus eliminuojamos elektros energijos šaunaudos iš tinklų;
- bus gaminama perteklinė šiluminė energija – iki 552 MWh/m.,
- palyginti su 2016 m., bus eliminuojamos krosninio (dyzelinio) kuro šaunaudos ir dėl to – oro tarša ir ŠESD;
- bus gaminama 1225 t/m. komposto, kurį galima naudoti energetinių augalų tręšimui, kt.;
- virš 16 proc. sumažės gaminamo stabilato kiekis.

Idieigus planuojamą alternatyvą, Utenos regiono MBA įrenginiuose padidės:

- oro teršalų (KJ, deginant biodujas ir gaminant energiją) – 1,025 t/m.
- ŠESD (KJ, deginant biodujas ir gaminant energiją) – 255,5 t/m.

Idieigus planuojamą alternatyvą, Utenos regione padidės:

- Dyzelinio kuro maisto MBA surinkimui ir transportavimui iki MBA – 3,3 t/m.;
- Išlakų iš mobilios taršos, vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą – 104,03 kg/m.;
- ŠESD (CO₂) iš mobilios taršos – 10,5 t/m.

4.3 Siūlomos alternatyvos ekonominė nauda

Dėl duomenų trūkumo nėra galimybių atlikti pilnos ekonominės analizės (investicinės bei atsipirkimo trukmės).

Alternatyvios ekonominė nauda vertinama, analizuojant šiuos aspektus:

- Papildomos pajamos MBA įrenginiuose:
 - dėl perteklinės elektros energijos gamybos – 375,68 MWh/m., kurią galima perduoti į tinklus;
 - dėl perteklinės šiluminės energijos gamybos – 552 MWh/m., kurią gali būtų perduoti į tinklus, esant pastariesiems;
 - dėl komposto gamybos – iki 1225 t/m., kurį galima parduoti energetinių augalų auginimui.
- Papildomos išlaidos KA transportavimui dėl papildomų dyzelinio kuro sąnaudų – 3,3 t/m.

Transportavimo kaštų padidėjimas dėl papildomų reisų skaičiaus įvertinimas:

- Papildomos išlaidos dyzeliniam kurui: $3943 \text{ l/m.} \times 0,76 \text{ EUR/ltr.} = 2996,68 \text{ EUR/m.}$ (be PVM) arba $0,06 \text{ EUR/t MKA}$ be PVM (2016 m. Utenos regione susidarė ir buvo sutvarkyta 49647 t/m. MKA);

Dyzelinio kuro kainos informacijos šaltinis: <http://www.degalukainos.lt/>

- Dyzelinio kuro kaina sudaro apie 40 proc. transportavimo kainos, beveik 60 proc. – išlaidos vairuotojų atlyginimams, kt. – iki 4495,02 EUR/m. arba iki 0,09 EUR/t MKA.

MKA tvarkymo išlaidų padidėjimas dėl atskiro komunalinių maisto BSA surikimo iš miestų ir miestelių individualių namų – **0,15 EUR/t MKA.**

MKA tvarkymo veiklos kaštų sumažėjimas dėl papildomų pajamų:

- Sutaupoma, nedeginant dyzelinio kuro:

$4000 \text{ kg} \times 0,84 \text{ l/kg} \times 0,56 \text{ EUR/litra} = 1881,60 \text{ EUR/m.};$

Kuro kainos informacijos šaltinis: <http://e.saurida.lt>.

- Parduodant pagamintą alternatyvią perteklinę elektros energiją į tinklus:

$375,68 \text{ MWh/m.} \times 36,78 \text{ EUR/MWh} = 13817,52 \text{ EUR/m.}$ (be PVM)

Elektros energijos įsigijimo kaina, sumokama elektros energijos gamintojams ir tiekėjams, kurią 2017 metams nustatė Valstybinės kainų ir energetikos kontrolės komisija (VKEKK) – 3,678 ct/kWh be PVM (<http://www.eso.lt>).

- Esant techninės galimybės, parduodant perteklinę šiluminę energiją į tinklus:

$552 \text{ MWh/m.} \times 36 \text{ EUR/MWh} = 19872 \text{ EUR/m.}$ (be PVM)

Galutinė viena narinė šilumos kaina, vertinant pastoviąją dedamąją, kintamąją dedamąją - 3,60 ct/kWh be PVM (<http://www.ust.lt>).

Pastaba: šiuo metu nėra techninių galimybių perduoti perteklinę energiją, kadangi nėra tinklų; bet ateityje šis klausimas turi būti analizuojama Savivaldybės tarybos lygmenyje.

- Pajamos, parduodant kompostą:

$1225 \text{ t/m. komposto} \times 10 \text{ EUR/MWh} = 12250 \text{ EUR/m.}$ be PVM.

Bendros planuojamos pajamos ir sutaupomos lėšos (be šiluminės energijos pardavimo) (be PVM): 27949,12 EUR/m. arba 1,05 EUR/t KA į MBA arba **0,56 EUR/t MKA**.

Bendros planuojamos pajamos (optimistinė prielaida) (be PVM): 47821,12 EUR/m. arba 1,79 EUR/t KA į MBA arba **0,96 EUR/t MKA**.

Išvada:

Įdiegus planuojamą alternatyvą, Utenos RATC veiklos tiesioginiai kaštai turėtų sumažėti 1,05 – 1,79 EUR/t KA be PVM (arba vidutiniškai nuo 41,7 EUR/t iki 40,28 EUR/t KA).

Vertinant bendrus MKA tvarkymo kaštus, jie taip pat turėtų sumažėti (0,41 - 0,81 EUR/t MKA, priklausomai nuo perteklinės šiluminės energijos realizavimo). (padidėjimas dėl transportavimo – 0,15 EUR/t MKA, sumažėjimas dėl pajamų – 0,56 – 0,96 EUR/t MKA).

Didinant maisto BSA pirminio rūšiavimo efektyvumą nuo šioje alternatyvoje vertinamo 11,4 proc. bent iki 50 proc., didės biodujų išėiga, alternatyvios energijos gamybos apimtys, ženkliai mažės MKA tvarkymo kaštai dėl pajamų MBA įrenginių veikloje.

IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

1. Atlikus mokslinės ir praktinės literatūros bei teisės aktų analizę komunalinių BSA anaerobinio apdoravimo metodų taikymo energetinio potencialo didinimo srityje, nustatyta, kad:
 - plačiausiai taikomi energetinių išteklių išgavimo metodai - centralizuoti MBA įrenginiuose, biologiniam apdoravimui parenkant vieną iš fermentavimo būdų: šlapias (pūdomy BSA drėgnis siekia 85 %), sausas (pūdomy BSA drėgnis siekia < 80 %) arba visiškai sausas (BSA drėgnis – iki 50 %);
 - palyginti su šaltinyje neišrūšiuotų BSA tvarkymu MBA įrenginiuose, susidarymo šaltinyje atskirtos komunalinės MA turi didesnę biodujų gamybos išeigą (nuo 107 iki 220 m³/t BSA) bei didesnį metano (CH₄) kiekį biodujose (iki 62 %);
 - komunalinių BSA energetinė vertė gali būti didinama kitais metodais, pavyzdžiui, maišant MA su kitomis BSA (mėšlu, žole ir kt.) ar tokio mikroelemento kaip Se įterpimu;
 - maisto ir virtuvės BSA srauto atskiras surinkimas ir tvarkymas tampa vienu iš komunalinių atliekų tvarkymo prioritetų.
2. Atlikus Utenos regiono komunalinių BSA srautų ir jų esamų tvarkymo būdų analizę, nustatyta, kad šiuo metu visos komunalinės BSA, įsk. MA, yra nukreipiamos į Utenos regiono MBA įrenginius, kuriuose mechaninio rūšiavimo linijoje šios atliekos yra išrūšiuojamos o likusi BSA frakcija toliau apdorojama biologinio apdoravimo įrenginyje, išgaunant biodujas, kurios konvertuojamos į elektros ir šiluminę energiją. Utenos regione BSA komunalinių atliekų sraute sudaro – virš 60 %, įsk. virš 30 % MA. 2016 m. Utenos MBA įrenginiai dirbo nepilnu pajėgumu, dėl ko biodujų išeiga siekė tik 17,31 m³/t BSA; išnaudotas BSA energetinis potencialas - 95,97 kWh/t BSA. Remiantis įvertintais 2017 m. veiklos rezultatų duomenimis, biodujų išeiga padidėjo iki 24,21 m³/t BSA (BSA energetinė vertė - 140,41 kWh/t BSA).
3. Atliktus Utenos regiono apžvalgą atliekų tvarkymo srityje, nustatyta, kad komunalinių BSA energetinis potencialas regione nėra pilnai išnaudotas. Darbe pasiūlyta alternatyva esamam komunalinių BSA tvarkymui – komunalinių MA rūšiavimas šaltinyje (siūloma – tik miestų ir miestelių individualių namų gyventojams, kur susidaro iki 4,6 t MA/m.) ir centralizuotas tvarkymas esamuose MBA įrenginiuose, papildomai įdiegiant tik sterilizavimo technologinę liniją (smulkintuvą ir sterilizatorių ŠGP tvarkymui).
4. Alternatyvos įvykdomumo analizės rezultatai parodė, kad
 - atskirai surenkant MA jų susidarymo šaltinyje, reišų skaičius atliekų surinkimui padidėtų nuo 1 – 2,5 karto per savaitę (tai priklauso nuo savivaldybės), dėl to padidėtų dyzelinio kuro sąnaudos transportavimui - iki 3,3 t/m. (apie 11 proc.), atitinkamai daugiau išmetama teršalų iš mobilių taršos šaltinių;
 - MA apdorojant atskirai, biodujų išeiga gali siekti – 107,04 m³/t BSA; CH₄ kiekis biodujose – iki 60%;
 - vertinant iki 70 proc. maisto BSA surinkimo efektyvumą bei kad atskirtame sraute gali būti iki 30 proc. priemaišų (tokiu būdu fermentuojama būtų tik 2450 t MA), Utenos regiono MBA įrenginiuose būtų gaminama perteklinė energiją (elektros – iki 25 kWh/t BSA apdoroti, šiluminės – iki 36,8 kWh/t BSA) bei kompostas (iki 1225 t/m.), t.y. produktai kuriuos galima parduoti, taip mažinant veiklos sąnaudas;

- kadangi energijos gamybai kogeneracinėje jėgainėje daugiau sudeginama biodujų, oro teršalų kiekis padidėja 1,025 t/m., ŠESD (CO₂) – 255,5 t/m., bet papildomai šiluminės energijos gamybai nebus deginama dyzelinio kuro (iki 4 t/m.), sumažės oro teršalų (iki 0,116 t/m., ŠESD – iki 17,7 t/m.);
 - įdiegus planuojamą alternatyvą, Utenos RATC veiklos tiesioginiai kaštai turėtų sumažėti vidutiniškai 1,42 EUR/t KA be PVM, bendri komunalinių atliekų tvarkymo kaštai Utenos regione - vidutiniškai 0,60 EUR/t KA); tokia išvada galima tuomet kai atstumas nuo MA susidarymo šaltinių savivaldybėse iki centralizuoto tvarkymo yra mažesni nei 100 km (pvz., Utenos regiono atveju – vid. 85 km).
5. Utenos regionui kaip ir kitiems regionams, kuriuose įrengti centralizuoti MBA įrenginiai, ir biologiniam apdorojimui parinktas anaerobinis būdas, siūloma miestų individualių namų gyventojus skatinti komunalinių MA rūšiavimą jų susidarymo šaltinyje ir atskirą surinkimą, taip didinant maisto BSA surinkimo efektyvumą, biodujų išėigą, BSA energetinio ir medžiaginio potencialo naudojimo efektyvumą mažinant KA tvarkymo kaštus.

LITERATŪROS IR ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

Alytaus regiono biologiškai skaidžių atliekų tvarkymo infrastruktūros sukūrimas. 2010. Galimybių ir alternatyvų studija. Rangovas -UAB „Hidroterra“, vykdytojai: UAB „CSD“, UAB „Hidroterra“, UAB „EcoIri Solution“. P-81 [žiūrėta 2017-05-22] <http://www.aratc.lt/uploads/Galimybiu-studija-bioskaidziu.pdf>

BANKS, C., ZHANG Y. et. al., 2012. Trace element requirements for stable food waste digestion at elevated ammonia concentrations. *Bioresour Technology*, vol. 104, pp. 127-135 ISSN 0960-8524. DOI <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2011.10.068>.

BEGUM, S., 2016. Assessment of alternative waste technologies for energy recovery from solid waste in Australia <http://acquire.cqu.edu.au:8080/vital/access/manager/Repository/cqu:13266>

BRAZAS, A., 2012. Bioskaidžių atliekų kompostavimas ir anaerobinis apdorojimas.

BOLZONELLA, D., PAVAN P., MACE, S., CECCHI, F, 2006. Dry anaerobic digestion of differently sorted organic municipal solid waste: a full-scale experience. *Water Sci Technol*, 53(8), 23-32

BUNDHOO, Zumar M.A, MAUTHOOR S., MOHEE R., 2015. Potencial of biogas production from biomass and waste materials in the Small Island Developing State of Mauritius. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 56, pp. 1087-1100. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.12.026>.

DAHLEN, L., VUKICEVIC, S. et.al., 2007. Comparison of different collection systems for sorted household waste in Sweden. *Waste Management*, vol. 27. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2006.06.016>.

DE BAERE, L., 2006. De Baere L., 2006, Will anaerobic digestion of solid waste survive in the future? *Water Science & Technology*, vol. 53, pp. 187-194.

DEUBLEIN, D., and STEINHAUSER A., 2008. Biogas from Waste and Renewable Resources. P – 429 ISBN 978-3-527-31841-4.
<http://197.14.51.10:81/pmb/ENERGETIQUE/energie%20renouvelables/Biogas%20from%20Waste%20and%20Renewable%20Resources%20An%20Introduction.pdf>

DHANAPAL, TH. and MARIYAPPAN K., 2016. Analysis of biogas production through anaerobics digestion using cow dung and various co-substrates. *Thermal Science*, vol. 20, pp. 1111-1117. DOI 10.2298/TSCII6S4111D.

ERIKSSON, M. and SPANGBERG, J., 2017. Carbon footprint and energy use of food- waste management options for fresh fruit and vegetables from supermarkets. *Waste Management*, vol. 60, pp. 786-799 815 ISSN 0956-053X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.008>.

FACCHIN, V., CAVINATO, C. ir kt., 2013. Batch and Continuous Mesophilic Anaerobic Digestion of Food Waste: Effect of Trace Elements Supplementation. *Chemical Engineering transactions*, vol. 32, pp. 457-462 ISSN 1974-9791. DOI 10.3303/CET1332077.

KLIOPOVA, I., 2013. Biologiškai skaidžių atliekų (BSA) tvarkymo sistemos vystymas Palangos miesto savivaldybėje. BSA galimybių studija. „RECO Baltijos–21 Tech“ projektas. Vertinimą ir komentavimą atliko doc. dr. J. Kruopienė. Kaunas, KTU APINI.

KLIOPOVA, I., 2016. Integrated Waste Management System for Resort Town. *Environmental research, engineering and management*. 2(72), 31-55;

KLIOPOVA, I., STANKEVIČIŪTĖ, K., 2013. Evaluation of Green waste Composting Possibilities. *Environmental research, Engineering and Management*, 3(65), 6-19;

MISEVIČIUS, A. IR BALTRĖNAS, P., 2011. Experimental Investigation Of Biogas Production Using Biodegradable Municipal Waste. *Environmental Engineering and Landscape Management*, vol. 19, pp. 167-177 ISSN 1648–6897. DOI <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.3846/16486897.2011.576456>.

PIIPO, S., JUNTUNEN, A. ir kt., 2014. The use of bio-waste to revegetate eroded land areas in Ylläs, Northern Finland: Toward a zero waste perspective of tourism in the Finnish Lapland. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 93, pp. 9-22. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.036>.

RAO, P. V., BARAL, S.S. ir kt., 2010. Biogas generation potential by anaerobic digestion for sustainable energy development in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 14, pp. 2086-2094 ISSN 1364-0321. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.03.031>.

REIPAS, A., 2017. Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas žiedinės ekonomikos kontekste. Pranešimas RATC konferencijoje „Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas žiedinės ekonomikos kontekste“, 2017- 03-09, Birštonas. <https://www.slideshare.net/LRATCA/biologikai-skaidi-atliek-tvarkymas-iedins-ekonomikos-kontekste>

SKORUPSKAITĖ, K., JUNEVIČIUS, A., 2016. Komunalinių biologiškai skaidžių atliekų tvarkymo sistemos efektyvumo vertinimas Kauno miesto savivaldybėje. *Viešoji politika ir administravimas*, vol. 15, pp. 56-69 ISSN 2029-2872. DOI <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ppa.15.1.14694>.

STANIŠKIS, J. K., ir kt., 2017. Darni Atliekų Vadyba. Monografija. Kaunas: Technologija.P. - 337

STAUGAITIS, G., ir kt., 2017. Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų pagamintiems produktams rengimas. Mokslinio tiriamojo darbo ataskaita. Užsakovas – LR Aplinkos ministerija. Rangovai: LAMMC ATL, UAB „EcoIri Solution“. P. – 131.

STUNŽĖNAS, E., 2016. Maisto atliekų srutai ir jų integruotas valdymas savivaldybės lygmenyje. Baigiamasis magistro projektas. KTU APINI. Vadovas - doc. dr. Irina Kliopova. P - 81

TOZLU, A., OZAH, E. and ABUSOGLU A., 2016. Waste to energy technologies for municipal solid waste management in Gaziantep. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 54, pp. 809-815 ISSN 1364-0321. DOI <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.097>.

YUAN, Y., NOMURA, H. ir kt., 2016. Model of Chinese Household Kitchen Waste Separation Behavior: A Case Study in Beijing City. *Sustainability*, vol. 8. DOI <http://dx.doi.org/10.3390/su8101083>.

WALKER, M. et. al., 2017. Assessment of micro-scale anaerobic digestion for management of urban organic waste: A case study in London, UK. *Waste Management*, vol. 61, pp. 258-268 ISSN 0956-053X. DOI <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.036>.

ZHANG, Y., BANKS, C.J. and HEAVEN, S., 2012. Anaerobic Digestion of Two Biodegradable Municipal Waste Streams. *Journal of Environmental Management*, 8/15, vol. 104, pp. 166-174 ISSN 0301-4797. DOI <http://dx.doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.03.043>.

ZUPANČIČ G. D., and GRILC V., 2012. Anaerobic Treatment and Biogas Production from Organic Waste. Institute for Environmental Protection and Sensors.

<http://www.intechopen.com/books/management-of-organic-waste>

Kiti šaltiniai

BEKON ENERGY TECHNOLOGIES. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10]. Prieiga per: <http://www.bekon.eu/en/sustainable-cycle/>

DATABASE OF WASTE MANAGEMENT TECHNOLOGIES. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-01]. Prieiga per: <http://www.epem.gr/waste-c-control/database/html/AD-00.htm>

EUROPOS KOMISIJA. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-14]. Prieiga per: http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/ia_biowaste_directive_report.pdf

ES PARAMA. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10]. Prieiga per: http://www.esinvesticijos.lt/uploads/publications/docs/13_3cc0e4641f213f5a961853d241168a00.pdf

INFORMACIJA APIE MAISTO ATLIEKŲ KONTEINERIUS. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10]. Prieiga per: https://www.google.lt/search?q=oakland+recycling&source=Inms&tbm=isch&sa=X&sqi=2&ved=0ahUKEwimpOWa-aDUAhVLhywKHea_Cf0Q_AUICCGD&biw=1366&bih=606#tbm=isch&q=oakland+recycling+food+waste+container+small+and+bigger&imgc=922NcY_v8EcEtM:&spf=1496467856200

INFORMACIJA APIE MAISTO ATLIEKŲ ŠIUKŠLIADĖŽES. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10]. Prieiga per: <https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/56/ac/68/56ac68afcb765fad4100b51b61223672.jpg>

INFORMACIJA APIE VEIKSNIUS ĮTAKOJANČIUS ANAEROBINĮ APDOROJIMĄ. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-14]. Prieiga per: <https://www.intechopen.com/books/management-of-organic-waste/anaerobic-treatment-and-biogas-production-from-organic-wastes>

INFORMACIJA APIE STERILIZATORIŲ. „MAVITEC GREEN ENERGY“. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10]. Prieiga per: <http://www.mavitecgreenenergy.com/food-recycling-equipment/pasteurization-and-sterilization/sterilization-process/>

LIETUVOS ENERGETIKOS INSTITUTAS. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-05]. Prieiga per: http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodujos_bros-SVVVV.pdf

LIETUVOS STATISTIKOS DEPARTAMENTAS (būstų fondai). [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-05]. Prieiga per: https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/3329771/Gyvenamasis_fondas.pdf

LIETUVOS STATISTIKOS DEPARTAMENTAS (gyventojai). [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-05]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/documents/10180/3329771/Gyventojai.pdf>

ORO TERŠALŲ INVENTORIZACIJOS VADOVAS., 2016. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-23]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-b-2-biological-treatment>

PASAULIO BIOENERGIJOS ASOCIACIJA. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-13]. Prieiga per: http://www.biokuras.lt/uploads/new_assigned_files/pr.pdf

UAB „MANFULA“ TIPK PARAIŠKA UTENOS MBA ĮRENGINIAMS. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-10].

Prieiga per:

<http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:hJ74FK1x7NEJ:gamta.lt/files/TIPK%2520LEIDIMUI%2520GAUTI1422619791559.doc+&cd=1&hl=lt&ct=clnk&gl=lt>

2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-25]. Prieiga per:

http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/support/Primer_2006GLs.pdf

Teisės aktai

EUROPOS KOMISIJA., 2011. *Komisijos Reglamentas (ES) Nr. 142/2011 2011 M. Vasario 25 D. Kuriuo Įgyvendinami Europos Parlamento Ir Tarybos Reglamentas (EB) Nr. 1069/2009, Kuriuo Nustatomos Žmonėms Vartoti Neskirtų Šalutinių Gyvūninių Produktų Ir Jų Gaminių Sveikumo Taisyklės, Ir Tarybos Direktyva 97/78/EB Dėl Tam Tikrų Mėginių Ir Priemonių, Kuriems Netaikomi Veterinariniai Tikrinimai Pasienyje Pagal Tą Direktyvą.* 2011 m. vasario 25 d. Nr. 142/2011 [Interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-19]. Prieiga per: <http://eurlex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0142-20140715>.

EUROPOS PARLAMENTAS IR EUROPOS SAJUNGOS TARYBA., 2009. *Žmonėms Vartoti Neskirtų Šalutinių Gyvūninių Produktų Ir Jų Gaminių Sveikumo Taisyklės.* 2009 spalio 21 d. Nr. 1069/2009 [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-19]. Prieiga per: http://www3.lrs.lt/pls/inter1/dokpaieska.dok_priedas?p_id=26876.

LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA., 2014. *Dėl Biologiškai Skaidžių Atliekų Naudojimo Tręšimui Laikinių Aplinkosauginių Reikalavimų Aprašo Patvirtinimo.* 2014 m. balandžio 8 d. Nr. D1-333 [interaktyvus], [žiūrėta 2017-05-20]. Prieiga per: <https://www.etar.lt/portal/legalAct.html?documentId=78e5deb0bfea11e3935eb554ea0f25a5>.

LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ., 2014. *Dėl Valstybinio Atliekų Tvarkymo 2014–2020 Metų Plano Patvirtinimo,* 2014-04-30, Nr. 4989 [interaktyvus], [žiūrėta 2017-04-16]. Prieiga per: <https://www.etar.lt/portal/lt/legalAct/d833b6d0cfa811e3a8ded1a0f5aff0a9>.

UTENOS REGIONO ATLIEKŲ TVARKYMO PLANAS. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-04-23]. Prieiga per: <http://www.uratc.lt/wp-content/uploads/2015/02/Utenos-regiono-atlieku-tvarkymo-planas-2014-2020-m..pdf>

UTENOS REGIONO ATLIEKŲ TVARKYMO TAISYKLĖS. [interaktyvus], [žiūrėta 2017-04-23]. Prieiga per: http://www.uratc.lt/wp-content/uploads/2015/02/tvarkymo_taisykles.docx

PRIEDAI

1 PRIEDAS. KA kiekis: šalinamas sąvartynuose, deginimas, perdirbimas ir kompostavimas ES šalyse

Komunalinių atliekų kiekis: šalinamas sąvartynuose, deginamas, perdirbamas ir kompostuojamas																						
Europos Sąjungos 27 valstybėse																						
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	požytis (%) 1995-2015
mln. tonų																						
Kita	Kompostavimas	Perdirbimas	Deginimas	Šalinimas sąvartynuose																		
10	14	25	32	144																		
14	16	28	32	142																		
12	17	32	35	143																		
12	18	35	35	140																		
12	19	40	36	139																		
11	24	40	39	139																		
12	24	42	40	135																		
12	26	46	41	131																		
12	26	47	41	124																		
13	28	49	44	117																		
16	29	52	48	109																		
13	31	54	51	108																		
11	32	59	52	106																		
10	35	60	55	99																		
7	35	61	56	96																		
7	34	62	57	92																		
6	34	64	60	84																		
6	36	65	59	76																		
6	37	65	62	70																		
5	38	68	63	66																		
7	40	69	64	61																		
-33,1	183,9	176,3	99,0	-57,7																		

2 PRIEDAS. BSA kiekiui sezoniškumo įtakos vertinimas Utenos regione

	UTENOS RATC	Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema*	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	4,478	3,517	4,491	DN	4,162
2.	Žaliosios atliekos	13,523	6,158	1,52	DN	7,067
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	2,558	0,663	1,586	DN	1,602
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	15,933	28,295	53,47	DN	32,566
5.	Tekstilės atliekos	9,025	11,13	5,051	DN	8,402
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	7,638	12,002	4,125	DN	7,922
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	53,157	61,765	70,243	DN	61,722

Pastabos:

*MBA įrenginių eksploatacija buvo pradėta tik 2016 m. gegužės 3 d., sąvartynas tyrimų neatliko už pavasarį.

**2016 m. gruodį MBA veikė, tačiau žiemos sezonui pasirinko tyrimus atlikti vasarį, tad šių tyrimų rezultatai jau bus įtraukti į 2017 m. statistiką.

DN – duomenys neteikti

	Anykščių rajono savivaldybė	Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	2	3,00	3,631	DN	2,877
2.	Žaliosios atliekos	9,67	4,00	0,000	DN	4,557
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	2,67	0,00	0,000	DN	0,890
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	4	27,67	40,782	DN	24,151
5.	Tekstilės atliekos	17,7	23,67	10,056	DN	17,142
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	12	13,66	17,877	DN	14,512
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	48,04	72,00	72,346	DN	64,129

	Molėtų rajono savivaldybė	Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	0,00	5,00	6,60	DN	3,87
2.	Žaliosios atliekos	33,67	6,36	9,12	DN	16,38
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	8,33	0,23	1,57	DN	3,38
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	12,00	28,64	42,77	DN	27,80
5.	Tekstilės atliekos	8,67	5,23	4,40	DN	6,10
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	0,00	14,54	0,00	DN	4,85
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	62,67	60,00	64,47	DN	62,38

Utenos rajono savivaldybė		Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	8,20	1,25	4,71	DN	4,72
2.	Žaliosios atliekos	9,80	7,00	0,00	DN	5,60
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	3,60	3,75	7,94	DN	5,10
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	14,60	30,25	44,11	DN	29,65
5.	Tekstilės atliekos	8,20	14,75	3,82	DN	8,92
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	0,00	7,50	0,00	DN	2,50
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	44,40	64,50	60,58	DN	56,49

Ignalinos rajono savivaldybė		Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	4,67	3,18	3,44	DN	3,76
2.	Žaliosios atliekos	5,00	4,32	0,00	DN	3,11
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	0,00	0,00	0,00	DN	0,00
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	24,00	20,00	55,31	DN	33,10
5.	Tekstilės atliekos	10,33	4,32	2,19	DN	5,61
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	6,33	15,00	6,88	DN	9,40
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	50,33	46,82	67,81	DN	54,99

Zarasų rajono savivaldybė		Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	4,00	5,00	3,51	DN	4,17
2.	Žaliosios atliekos	16,25	10,94	0,00	DN	9,06
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	0,75	0,00	0,00	DN	0,25
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	14,00	26,88	69,59	DN	36,82
5.	Tekstilės atliekos	5,25	7,81	7,31	DN	6,79
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	16,25	15,31	0,00	DN	10,52
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	56,50	65,94	80,41	DN	67,62

Visagino savivaldybė		Pavasaris	Vasara	Ruduo	Žiema	Bendras
NR.	Atskirtos komunalinių atliekų rūšys	procentais, %				
1.	Popieriaus ir kartono, įskaitant pakuotes, atliekos	8,00	3,67	5,06	DN	5,58
2.	Žaliosios atliekos	6,75	4,33	0,00	DN	3,69
3.	Medienos, įskaitant pakuotes, atliekos	0,00	0,00	0,00	DN	0,00
4.	Biologiškai skaidžios maisto ir virtuvės atliekos	27,00	36,33	68,26	DN	43,86
5.	Tekstilės atliekos	4,00	11,00	2,53	DN	5,84
6.	Kitos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos	11,25	6,00	0,00	DN	5,75
7.	Visos komunalinės biologiškai skaidžios atliekos**	57,00	61,33	75,84	DN	64,72

3 PRIEDAS. „MAVITEC“ sterilizatoriaus techniniai parametrai

Cooker	Approx.					
Model	Capacity	Power	Weight	Length (A)	Height (B)	Height (C)
	kg/batch	kW	kg	mm	mm	mm
1800	1100	11	4500	3600	1600	Var
3500	2200	22	8750	5700	1900	Var
5000	3500	37	11000	5700	2200	Var
7200	4600	55	19000	7600	2200	Var
8500	5500	55/75	22000	8500	2200	Var
10000	6300	75/90	28000	9000	2600	Var
12500	7800	110	32000	10500	2600	Var
16000	9700	132	37000	10500	2800	Var
18000	11000	132	40000	10500	3000	Var