

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

Elina Jurovickaja

**Maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų aerobinio apdorojimo
metu daromo poveikio aplinkai mažinimo galimybių įvertinimas**

Magistro baigiamasis projektas

Darbo vadovas:
Prof. dr. Jolita Kruopienė

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
CHEMINĖS TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
APLINKOS INŽINERIJOS INSTITUTAS

**Maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų aerobinio apdorojimo
metu daromo poveikio aplinkai mažinimo galimybių įvertinimas**

Magistro baigiamasis projektas
Aplinkos apsaugos vadybos ir švaresnės gamybos studijų programa
(621H17002)

Recenzentas:

Doc. dr. Dainius Martuzevičius

Data:

Darbo vadovas:

Prof. dr. Jolita Kruopienė

Data:

Atliko: TMV-5 gr.:

Elina Jurovickaja

Data:

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Aplinkos inžinerijos institutas

(Fakultetas)

Elina Jurovickaja

(Studento vardas, pavardė)

Aplinkos apsaugos vadyba ir švaresnė gamyba, 621H17002

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų aerobinio apdorojimo metu daromo poveikio aplinkai mažinimo galimybių įvertinimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. gegužės 31 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Elinos Jurovickajos**, baigiamasis projektas tema „Maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų aerobinio apdorojimo metu daromo poveikio aplinkai mažinimo galimybių įvertinimas“ 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 mokėjusi.

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

(vardas ir pavardė)

(parašas)

Elina Jurovickaja, Maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų aerobinio apdorojimo metu daromo poveikio aplinkai mažinimo galimybių įvertinimas. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas Prof. dr. Jolita Kruopienė; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas.

Mokslo kryptis ir sritis: Technologijos mokslai, bendroji inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: maisto pramonės biologiškai skaidžios atliekos (BSA); šalutiniai gyvūniniai produktai (ŠGP); aerobinis apdorojimas; poveikis oro kokybei; poveikis klimato kaitai; oro teršalų ir ŠESD emisijų faktoriai.

Kaunas, 2017. 97 p.

SANTRAUKA

Lietuvoje, kaip ir ir kitose Europos šalyse vienas prioritetinių biologiškai skaidžių atliekų (BSA) tvarkymo tikslų yra visų rūšių maisto BSA rūšiavimas ir atskiras apdorojimas. Kasmet didėja skaičius maisto pramonės įmonių, kurios tvarko savo veikloje susidariusias BSA vietoje – arčiau susidarymo šaltinio; taip pat didėja skaičius atliekų tvarkytojų, kurie naudoja maisto BSA naujų produktų gamybai. Plačiausiai taikomi BSA apdorojimo metodai – biologiniai, t.y. jas fermentuojant ir/arba aerobiškai apdorojant ir gaminant biodujas bei kompostą. Šiame darbe didesnis dėmesys skiriamas maisto BSA aerobiniam apdorojimui. Labai svarbu, kad būtų diegiamos tinkamos apdorojimo technologijos, išlaikomi reikiami technologinio proceso parametrai, kad siekiant tik kokybinių BSA tvarkymo tikslų nepadidėtų poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai dėl oro teršalų, ŠESD, kvapų susidarymo bei mikrobiologinės taršos.

Magistro baigiamojo darbo tikslas – įvertinti galimybes sumažinti poveikį aplinkai aerobiniu būdu apdorojant maisto pramonės BSA ir pasiūlyti rekomendacijas.

Objektas – maisto pramonės BSA, įsk. šalutinių gyvūninių produktų (ŠGP), aerobinio apdorojimo procesai.

Šiame darbe analizuojamas šių maisto pramonės BSA apdorojimas:

- augalinės kilmės (cukraus, aliejaus, alaus, sulčių,– spirito, konditerijos įmonių, kepyklų, atliekos);
- gyvūninės kilmės (mėsos, žuvies, pieno perdirbimo įmonių atliekos) (ŠGP);
- maisto atliekos iš viešojo maitinimo įstaigų (ŠGP);
- raugai (irimo atliekos), pagaminti iš įvairių maisto BSA, įsk. ŠGP.

Darbe atlikta detali mokslinės ir praktinės literatūros analizė: nustatytos maisto pramonės BSA, įsk. ŠGP, kompostavimui tinkamos cheminės ir fizikinės savybės, išanalizuoti BSA aerobiniam apdorojimui ir gaminamam kompostui taikomi aplinkosaugos ir kiti teisiniai reikalavimai, apžvelgtos plačiausiai naudojamos ir naujausios technologijos BSA aerobiniam apdorojimui, kt.

Darbe pasiūlyta maisto BSA aerobinio apdorojimo metu daromo poveikio aplankos oro kokybei ir klimato kaitai vertinimo metodika, kurioje integruoti trys metodai: teršalų ir ŠESD emisijų faktorių nustatymas (kg/t BSA), medžiagų ir energijos balanso sudarymas ir lyginamoji analizė. Siūloma analizuoti ne tik tiesioginį poveikį aplinkai dėl teršalų ir ŠESD susidarymo iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių, bet ir netiesioginį (dėl papildomos energijos sąnaudų arba dėl perteklinės energijos gamybos).

Tinkamai nustatyti teršalų emisijų faktorius buvo taikomi 3 metodai: pateikti EMEP/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadove [8], IPPC gairėse [9], nustatyti, naudojant maisto BSA tvarkytojų apklausos rezultatus ir mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus.

Įvertinta, kad didžiausias poveikis aplinkos oro kokybei dėl oro teršalų daromas, atvirai kompostuojant raugą (iki 0,749 kg/t BSA), tuo tarpu mažiausias poveikis stebimas, naudojant uždaras intensyvias technologijas, tvarkant atliekas kuo arčiau susidarymo šaltinio (pvz., naudojant Oklin technologiją) ar centralizuotai (pvz., naudojant Goretex plėvelę arba tunelinį kompostavimą). Tokiu atveju oro teršalų, kurie sukelia eutrofikaciją, kiekis – $< 0,11$ kg/t BSA; teršalų, sukeliančių troposferos ozono fomavimąsi kiekis – $\leq 0,07$ kg/t BSA.

Įvertinta, kad didžiausiu poveikiu klimato kaitai dėl ŠESD pasižymi BSA atviro kompostavimo technologijos (iki 242,5 kg CO₂ ekv./t BSA). Mažiausias poveikis klimato kaitai daromas įmonėse, kuriose BSA apdorojamos fermentavimo būdu, dėl perteklinės energijos gamybos (iki 63,5 kg CO₂ ekv./t BSA), taip pat kompostuojant maisto BSA intensyvaus apdorojimo įrenginiuose (iki 77 kg CO₂ ekv./t BSA).

Darbe maisto pramonės įmonėms bei maitinimo įstaigoms pateikiamos rekomendacijos dėl maisto BSA tvarkymo galimybių tikslu mažinti poveikį aplinkai dėl oro teršalų ir ŠESD susidarymo ir gaminti aukštesnės pridėtinės vertės produktus. Rekomendacijose taikomas integruotos atliekų vadybos požiūris į atliekų tvarkymą: nuo jų susidarymo vengimo, taikant Švaresnės gamybos prevencinius metodus, BSA mažinimo, tinkamai apdorojant vietoje ir gaminant naujus produktus iki tinkamo rūšiavimo ir perdavimo šių atliekų tvarkytojams, kurie taikant pramoninės simbiozės principus naudoja atliekas naujų produktų gamybai.

Elina Jurovickaja. Assessment of possibilities to reduce environmental impact of aerobic treatment of BDW in food industry. Master's thesis / supervisor Prof. dr. Jolita Kruopienė. Institute of Environmental Engineering, Kaunas University of Technology.

Research area and field: General Engineering, Environmental Engineering.

Key words: biodegradable waste (BDW) of food industry; animal by-products (ABPs); aerobic treatment; impact on air quality and climate change; emission factors (EF) of air emissions and GHGs

Kaunas, 2017. 96 p.

SUMMARY

In Lithuania, as well as in other European countries one of the main underlying objectives of biodegradable waste (BDW) management is source of all types separation from the generated BDW and its separate treatment. During last years the number of food processing companies, which either treat BDW at (near) the source of generation or produce new surplus value products, experienced a significant growth. The most widely applied BDW treatment methods are biological, which include fermentation and / or aerobic treatment processes and resulting in biogas and compost production. In this paper main attention is allocated to the aerobic food BDW treatment processes. It is really important to select and implement proper treatment technologies, to maintain optimal parameters of a technological process, thus avoiding the increase of the impact to environment and human health due to formation of air emissions, GHG's, fetid odors and microbiological contamination.

The objective of the Master project is to assess possibilities to reduce environmental impact of aerobic treatment BDW in food industry and to offer recommendations relevant to this industry.

Object – aerobic treatment processes of BDW at food processing companies, incl. animal by-products (ABPs)

This paper presents analysis of the following BDW treatment in food industry:

- vegetable origin (food residues of sugar, oil, beer, juices, alcohol, confectionary and etc. processing companies);
- animal origin (food residues of meat, fish, milk processing companies) (ABPs);
- BDW, generated in catering companies (ABPs);
- Degistates produced from different food BDW, incl. ABPs

The final project presents an in-depth analysis of the scientific and technical literature. Chemical and physical characteristics of food waste, incl. ABPs, from food processing companies optimal for compost production were defined. Environmental as well as other legal requirements for both food BDW aerobic treatment and high value compost production, widely used and newest technologies for BDW aerobic treatment were analysed.

This paper presents the methodology, which can be applied to evaluate the impact on air quality and climate change. Presented methodology integrates 3 methods :

- estimation of air pollutants emission factors (kg tonne⁻¹ of BDW);
- preparation of mass and energy balance
- and comparative analysis.

The methodology integrates both direct and indirect impact of air emissions (caused by the the additional usage of energy or due to the excess alternative energy production) on air quality, and climate change due to GHG emissions from various stationary and mobile sources within BDW aerobical treatment companies.

Emissions' factors (EF) for the evaluation of air pollution and GHGs emissions in all processes were defined using 3 methods presented in EEA/CORINAIR, 2016 [8]; IPCC Guidelines, 2006 [9] and obtained using the results measurements made at Lithuanian BDW treatment companies as well as results of analysis of scientific and technical literature.

It was evaluated that open aerobic treatment of digestate has the biggest impact on air quality (up to 0.749 kg tonne⁻¹ of BDW), meanwhile the lowest impact is observed during BDW treatment in closed intensive systems at (near) the source of generation (for example: usage of Oklin technology) or during centralized composting, where aerated windrow cover systems, tunnels, boxes or containers with bio-filters are used. In this case, the amount of pollutants, which influence the eutrophication and tropospheric ozone formation processes is estimated to be < 0.11 kg tonne⁻¹ of BDW and ≤ 0,07 kg tonne⁻¹ of BDW respectively.

It was estimated that the biggest impact on climate change due to GHGs emissions have open composting systems (up to 242.5 kg CO₂ eqv. tonne⁻¹ of BDW). The lowest impact on a global warming is observed in companies, where the technology of BDW fermentation is applied due to excess alternative energy production (up to 63.5 kg CO₂ eqv. tonne⁻¹ of BDW), also in companies, where BDW treatment in closed intensive systems is used (up to 77 kg CO₂ ekv. tonne⁻¹ of BDW).

This paper presents recommendations for food processing companies as well as catering companies how to reduce the environmental impact from air emissions and GHGs during food BDW treatment and production of new surplus value products.

Integrated waste management view is applied in recommendations, starting with the elimination of food waste using Cleaner production preventional methods; minimization of BDWs, using proper treatment at (near) the source of generation and production of new higher value-added products, and finishing with proper separation and transfer to waste management companies, which apply the principles of industrial symbiosis in order to transform waste into new products.

TURINYS

	SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS	13
	ĮVADAS	14
1	MOKSLINĖS IR PRAKTINĖS LITERATŪROS ANALIZĖ MAISTO PRAMONĖS BSA, ĮSKAITANT ŠGP, AEROBINIO APDOROJIMŲ TECHNOLOGIJŲ BEI JŲ POVEIKIO APLINKAI SRITYJE	18
1.1	Maisto pramonės BSA ir iš BSA pagaminto komposto fizikinės ir cheminės savybės	18
1.2	BSA aerobiniam apdorojimui ir gaminamam kompostui taikomi aplinkosaugos ir kiti teisiniai reikalavimai	22
1.3	Plačiausiai naudojamos maisto pramonės BSA aerobinio apdorojimo technologijos ir poveikis aplinkai	24
1.4	Naujos maisto pramonės BSA, įsk. ŠGP, aerobinio apdorojimo technologijos	33
1.5	Poveikis oro kokybei dėl teršalų susidarymo	34
1.6	Poveikis klimato kaitai dėl ŠESD susidarymo	36
2	TYRIMO METODIKA	37
2.1	Oro teršalų vertinimas maisto atliekų biologinio apdorojimo metu	37
2.2	Poveikio oro kokybei vertinimas dėl oro teršalų	43
2.3	ŠESD vertinimas maisto pramonės BSA biologinio apdorojimo metu	43
2.4	Poveikis klimato kaitai dėl ŠESD	47
3	MAISTO PRAMONĖS BSA TVARKYTOJŲ LIETUVOJE APKLAUSOS REZULTATAI	48
4	MAISTO PRAMONĖS BSA TAIKOMŲ AEROBINIŲ APDOROJIMO PROCESŲ POVEIKIS APLINKAI	53
4.1	Teršalai ir ŠESD, išsiskiriantys į aplinkos orą aerobiškai apdorojant maisto BSA	54
4.2	Maisto pramonės BSA taikomų aerobinių apdorojimo procesų poveikis oro kokybei	59
4.3	Maisto BSA aerobinių apdorojimo procesų poveikis klimato kaitai	60
4.4	Plačiausiai taikomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologinių procesų lyginamoji analizė	60
5	REKOMENDACIJOS MAISTO PRAMONĖS ĮMONĖMS IR VIEŠOJO MAITINIMO ĮSTAIGOMS DĖL MAISTO BSA IR PAGAMINTO RAUGO AEROBINIO APDOROJIMO GALIMYBIŲ, MAŽINANT POVEIKĮ APLINKAI	71
5.1	Rekomendacijos viešojo maitinimo įstaigoms, dėl susidarantių BSA (ŠGP)	

	tvarkymo	71
5.2	Rekomendacijos maisto pramonės įmonėms, dėl susidarančių BSA (ŠGP)	
	tvarkymo	72
	IŠVADOS	74
	LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	76

LENTELIŲ SĄRAŠAS

<i>1.1.1 lentelė</i>	Komposto ar anaerobinio raugo kaip trąšos (produkto) vertingumo rodikliai bei nustatyti reikalavimai (Staugaitis ir kt., 2011, 2015, 2016)	18
<i>1.1.2 lentelė</i>	Atskirai surinktų virtuvių maisto BSA fizikinė-cheminė sudėtis (Chang ir kt., 2008)	20
<i>1.1.3 lentelė</i>	Atskirai surinktų maisto BSA ir BSA, centralizuotai išskirtų iš komunalinių atliekų MBA įrenginiuose fizikinių ir cheminių parametrų palyginimas (Zhanget ir kt., 2012)	21
<i>1.3.1 lentelė</i>	Mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatai: oro teršalų bei ŠESD emisijų faktoriai kompostuojant maisto pramonės BSA	30
<i>2.1.1 lentelė</i>	Oro teršalų emisijų faktoriai pateikti CORINAIR vadove (CORINAIR)	41
<i>2.1.2 lentelė</i>	NH ₃ -N emisijų BSA bei raugo apdorojimo metu faktorių priklausomybė nuo N kiekio BSA, kg/kg N (CORINAIR)	41
<i>2.3.1 lentelė</i>	BSA apdorojimo metu išsiskiriančių CH ₄ ir N ₂ O taršos faktoriai (Nacionalinės ŠESD apskaitos gairės, 5 leidimas)	44
<i>2.3.2 lentelė.</i>	ŠESD, deginant įvarų kurą krovinių bei kitų ne kelių transporto priemonių vidaus degimo varikliuose, kg/TJ (Nacionalinės ŠESD apskaitos gairės, 2 leidimas)	46
<i>3.1 lentelė</i>	Maisto pramonės BSA tvarkytojų Lietuvoje apklausos rezultatai	49
<i>4.1.1 lentelė</i>	Tiesioginis poveikis aplinkos orui: oro teršalų, aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA	54
<i>4.1.2 lentelė</i>	Bendras poveikis aplinkos orui: oro teršalų, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA	55
<i>4.1.3 lentelė</i>	ŠESD, išsiskiriančių aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (tiesioginis poveikis)	57
<i>4.1.4 lentelė</i>	ŠESD, susidarantių įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (vertinamas tiesioginis ir netiesioginis poveikis aplinkai)	58
<i>4.2.1 lentelė</i>	Poveikis aplinkos oro kokybei, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA	59
<i>4.3.1 lentelė</i>	Poveikis klimato kaitai kompostuojant maisto BSA, kg CO ₂ ekv./t BSA	60
<i>4.4.1 lentelė</i>	Viešojo maitinimo įstaigoms siūlomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijų aplinkosauginio įvertinimo rezultatai	64
<i>4.4.2 lentelė</i>	Maisto pramonės įmonėms siūlomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijų aplinkosauginio įvertinimo rezultatai	69

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<i>2.1 paveikslas</i>	Magistro baigiamajame darbe atliekamų tyrimų algoritmas ir naudojami metodai	37
<i>4.1.1 paveikslas</i>	Oro teršalai įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA (vertinamas tik tiesioginis poveikis)	55
<i>4.1.2 paveikslas</i>	Oro teršalai įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA (vertinamas tiesioginis ir netiesioginis poveikis)	56
<i>4.1.3 paveikslas</i>	ŠESD, susidarančios aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, taikant įvairias technologijas, kg/t BSA (nevertinant CO ₂ dėl biodujų deginimo KJ) (tiesioginis poveikis)	58
<i>4.1.4 paveikslas</i>	ŠESD, tiesiogiai ir netiesiogiai susidarančių, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (nevertinant CO ₂ dėl biodujų deginimo KJ)	59
<i>4.4.1 paveikslas</i>	Maitinimo įstaigų BSA kompostavimo, naudojant Goretex plėvelę, medžiagų ir energijos balansas	61
<i>4.4.2 paveikslas</i>	Maitinimo įstaigų BSA centralizuoto atviro pramoninio kompostavimo medžiagų ir energijos balansas	62
<i>4.4.3 paveikslas</i>	Maitinimo įstaigų BSA intensyvaus kompostavimo ir brandinimo jų susidarymo vietoje medžiagų ir energijos balansas	62
<i>4.4.4 paveikslas</i>	Maitinimo įstaigų BSA uždaro intensyvaus kompostavimo jų susidarymo vietoje su numatytu tolimesniu brandinimu ŽAKA medžiagų ir energijos balansas	63
<i>4.4.5 paveikslas</i>	Maitinimo įstaigų BSA intensyvaus kompostavimo tuneliuose arba konteineriuose medžiagų ir energijos balansas	63
<i>4.4.6 paveikslas</i>	Maisto pramonės BSA kompostavimo, naudojant Goretex plėvelę, medžiagų ir energijos balansas	66
<i>4.4.7 paveikslas</i>	Maisto pramonės BSA centralizuoto atviro pramoninio kompostavimo medžiagų ir energijos balansas	66
<i>4.4.8 paveikslas</i>	Raugo (iryimo atliekų), gauto po maisto BSA anaerobinio apdorojimo, atviro kompostavimo kartu su ŽA medžiagų ir energijos balansas	67
<i>4.4.9 paveikslas</i>	Maisto pramonės BSA uždaro intensyvaus kompostavimo ir brandinimo jų susidarymo vietoje medžiagų ir energijos balansas	67
<i>4.4.10 paveikslas</i>	Maisto pramonės BSA pramoninio intensyvaus kompostavimo (tuneliuose ar konteineriuose), naudojant biofiltrus, medžiagų ir energijos balansas	68

PRIEDŲ SĄRAŠAS

1 PRIEDAS	4.4.1- 4.4.2 paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai	80
2 PRIEDAS	4.4.3 - 4.4.5paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai	82
3 PRIEDAS	4.4.6 - 4.4.8paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai	83
4 PRIEDAS	4.4.9 - 4.4.10paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai	85
5 PRIEDAS	Oro teršalų emisijų faktorių įvertinimas, kompostuojant maisto BSA , taikant įvairias technologijas (ištraukų iš Excel duomenų bazių pavyzdžiai)	87
6 PRIEDAS	ŠESD emisijų faktorių įvertinimas, kompostuojant maisto BSA, taikant įvairias technologijas (ištraukų iš Excel duomenų bazių pavyzdžiai)	91
7 PRIEDAS	Klausimynas pateiktas BSA tvarkytojams	95
8 PRIEDAS	Lietuvos maisto pramonėje maisto BSA susidarymas ir tvarkymas 2015 m. (t/m.)	96

SUTRUMPINIMŲ SĄRAŠAS

BKA – bendras Kjeldalio azotas

BOA – bendra organinė anglis

BSA – biologiškai skaidžios atliekos

DOC – skaidoma organinė anglis (*Angl. - degradable organic carbon (DOC)*)

DLK – didžiausia leistina koncentracija

ES – Europos Sąjunga

GWP – globalinio šiltėjimo potencialas (*Angl. - Global Warming Potential*)

KJ - kogeneracinė jėgainė

KDĮ – kurą deginantis įrenginys

LAMMC ATL - Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialas Agrocheminių tyrimų laboratorija

MA – maisto atliekos

MBA – mechaninis - biologinis apdorojimas

MK – kompostas, pagamintas iš maisto atliekų

NDM – natūralaus drėgnumo medžiaga

PAV – poveikio aplinkai vertinimas

RATC – regioninis atliekų tvarkymo centras

SM – sausa medžiaga

ŠG – Švaresnė gamyba;

ŠGP - šalutiniai gyvūniniai produktai

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos

TIPK - taršos integruota prevencija ir kontrolė

VATP – Valstybinis atliekų tvarkymo planas

ŽA – žaliosios atliekos

ŽAKA - žaliųjų atliekų kompostavimo aikštelės

IVADAS

Pagrindinis atliekų tvarkymo tikslas - mažinti susidarančių atliekų kiekį, užtikrinant saugų žmonių sveikatai ir aplinkai atliekų tvarkymą, atliekų medžiaginio ir energetinio potencialo išnaudojimą, taip mažinant gamtos ir kitų išteklių naudojimą ir atliekų šalinimą sąvartynuose (VATP).

Remiantis reikalavimais, pateiktas Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2008/98/EB *Dėl atliekų* iki 2020 metų,

- sąvartynuose šalinamų biologiškai skaidžių atliekų (BSA) kiekis turi sudaryti $\leq 35\%$ 2000 metų kiekio;
- mažiausiai 50% antrinių žaliavų (popieriaus, metalo, plastiko ir stiklo) iš komunalinių atliekų srauto ir iki 70% nepavojingų statybos ir griovimo atliekų turi būti paruošiama pakartotiniam naudojimui ir perdirbimui.

Direktyvos tikslai perkelti į Lietuvos Valstybinį atliekų tvarkymo planą (VATP) iki 2020 m. (VATP, 2014-2020). Tikslą pasiekti BSA tvarkymo srityje, Lietuvoje šiuo metu įrengti 85 komunalinių BSA apdorojimo įrenginiai: 54 žaliųjų atliekų kompostavimo aikštelės (ŽAKA), 21 centralizuotas komunalinių nuotekų valymo įrenginių dumblo apdorojimo įrenginys, 10 komunalinių centralizuoto apdorojimo įrenginių, kuriuose komunalinės atliekos mechaniškai ir biologiškai apdorojamos. Taip pat VATP numatyta iki 2019 m. įvertinti galimybes įdiegti komunalinių maisto / virtuvės atliekų rūšiuojamąjį surinkimą ir pakankamus pajėgumus atskirai surinkti maisto / virtuvės atliekoms apdoroti.

Remiantis VATP, gamybinės atliekos, įsk. biologiškai skaidžias (BSA) iš maisto pramonės, maitinimo, apgyvendinimo įstaigų, neturi patekti į sąvartynus. Tai galima pasiekti tik taikant integruotos atliekų vadybos principus: visų pirmą diegiant Švaresnės gamybos (ŠG) taršos prevencijos ir atliekų mažinimo projektus (Staniškis ir kt., 2010) bei taikant pramoninės ekologijos metodus, pvz., pramoninę simbiozę, kai vienu įmonių atliekos ar šalutiniai produktai tampa kitų įmonių žaliava naujų produktų gamybai. Šiuo atveju svarbu tinkamai išnaudoti atliekų medžiagines ir energetines savybes.

AAA internetinėje svetainėje pateiktais atliekų apskaitos duomenimis, maisto pramonėje 2015 metais susidarė apie 129,3 tūkst. tonų BSA (maisto gamybos ir apdirbimo atliekų), iš kurių apie 55 % (arba 71,4 tūkst. t) sudaro mėsos, žuvies ir kitų gyvulinės kilmės maisto produktų gamybos ir apdirbimo atliekos, apie 19 % (arba 24,3 tūkst. t) sudaro pieno pramonės atliekos, apie 13 % (arba 16,4 tūkst. t) sudaro cukraus gamybos atliekos, apie 11 % (arba 13,6 tūkst. t) sudaro vaisių, daržovių, grūdinių kultūrų, maistinių aliejų, kakavos, kavos ir tabako gamybos ir apdirbimo, konservų gamybos, tabako apdirbimo atliekos. Mažiausias kiekis BSA susidarė alkoholinių ir nealkoholinių gėrimų gamybos bei kepimo ir konditerijos pramonėse (atitinkamai 2 ir 0,7 %). Tik apie 22 % maisto gamybos ir apdirbimo BSA buvo perdirbta R2-R9 būdais, didžiausia dalis BSA (apie 55%) buvo panaudojama kitaip (R10-R11 būdais), tuo tarpu sąvartynuose pašalinta apie 13 % maisto BSA (žr. 8 priedą).

Maisto pramonės įmonės bei žemės ūkio bendrovės, siekdamos maksimaliai išnaudoti jų veikloje susidariusių BSA medžiagines bei energetines savybes diegia anaerobinio ir/arba aerobinio apdorojimo įrenginius. Žymiai rimtesnė problema BSA tvarkymo srityje egzistuoja maitinimo įstaigose. Nors ūkinėje veikloje susidarančios BSA turi būti tvarkomos pirmenybę teikiant kompostavimui arba biodujų gamybai bei

anaerobinio raugo kompostavimui (VATP), tačiau dažniausiai maitinimo įstaigų BSA nukreipiamos į komunalinių atliekų srautą. Lietuvoje komunalinės atliekos nuo 2015 metų visų pirma apdorojamos centralizuotuose mechaninio – biologinio apdorojimo (MBA) įrenginiuose, išskiriant antrines žaliavas, degiąją frakciją, gaminant biodujas ir techninį kompostą (taip vadinamą stabilatą). Remiantis Lietuvoje atliktais moksliniais tyrimais nustatyta, kad toks stabilatas gali būti naudojamas tik sąvartynų sluoksnių perdengimui, rekultivavimo darbams. Tokiu būdumaisto atliekų medžiaginis potencialas neišnaudojamas. Tik iš atskirai surinktų maisto atliekų arba jų raugo galima pagaminti didelio ir labai didelio vertingumo kaip trąšos kompostą (Zhanget ir kt., 2012, Rafieenia ir kt., 2017, Staugaitis ir kt., 2016).

Taigi, maisto atliekų medžiaginis potencialas panaudojamas tik minėto stabilato gamybai. Viena svarbiausių priežasčių - pakankamai dideli ŠGP tvarkymo kaštai, kurie tam tikruose regionuose iki 4 kartų didesni, negu komunalinių atliekų (KA) (Kliopova, 2016). Jeigu tai techniškai įvykdoma, negyvulinės kilmės BSA ir 3-čios kategorijos ŠGP galėtų būti apdorojami (kompostuojami) jų susidarymo vietoje, naudojant specialius uždarus intensyvaus kompostavimo įrenginius. Iš šių BSA gaminamas aukšto vertingumo kompostas (arba pirminis kompostas), kurio kiekis nuo 50 % iki 80 % mažesnis už BSA kiekį (sumažėjimo procentas priklauso nuo naudojamos intensyvaus apdorojimo technologijos ir nuo BSA drėgnumo). Pagamintas kompostas gali būti naudojamas pačių įstaigų teritorijų apželdinimui (Kliopova, 2016, Staniškis ir kt., 2017).

Biologiškai apdorojant BSA, jas nešalinant sąvartyne, ženkliai mažėja poveikis klimato kaitai dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) (CH_4 , N_2O , CO_2) susidarymo. Vis dėlto vienas iš BSA aerobinio apdorojimo reikšmingų aplinkos apsaugos aspektų - poveikis aplinkos oro kokybei dėl oro teršalų (NH_3 , LOJ, CO, KD) išlakų ir klimato kaitai dėl ŠESD. Šis poveikis gali būti ne tik tiesioginis (iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių), bet ir netiesioginis (dėl papildomos energijos sąnaudų, ypatingai intensyvaus apdorojimo metu bei išlaikant visus reikalavimus šalutinių gyvulinių produktų (ŠGP) tvarkymui) (Guan NG ir kt., 2015, Staugaitis ir kt., 2017). Poveikis aplinkai ir pagaminto komposto kaip trąšos vertė priklauso nuo pačių BSA ir jų mišinio su kitomis BSA sudėties, nuo taikomų apdorojimo technologijų, nuo klimato sąlygų, kt. (Chang ir kt., 2008, Staugaitis ir kt., 2016).

Objektas – maisto pramonės biologiškai skaidžių atliekų (įsk. ŠGP) aerobinio apdorojimo procesai

Šiame darbe analizuojamas šių maisto pramonės atliekų apdorojimas:

- augalinės kilmės maisto pramonės atliekos (cukraus, aliejaus, alaus, sulčių, – spirito, konditerijos įmonių, kepyklų, atliekos);
- gyvūninės kilmės maisto pramonės atliekos (mėsos, žuvies, pieno perdirbimo įmonių atliekos) – šalutiniai gyvūniniai produktai (ŠGP);
- maisto atliekos iš valgyklų, restoranų (ŠGP);
- raugai (irimo atliekos), pagaminti iš įvairių maisto BSA, įsk. ŠGP.

Magistro baigiamojo darbo tikslas – įvertinti galimybes sumažinti poveikį aplinkai aerobiniu būdu apdorojant maisto pramonės BSA ir pasiūlyti rekomendacijas.

Uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės ir praktinės literatūros analizę, nustatant:
 - a. Maisto pramonės BSA, įsk. ŠGP, chemines ir fizikines savybes, įsk. tinkamas komposto gamybai;

- b. BSA, įsk. ŠGP, aerobiniam apdorojimui ir pagaminamam kompostui taikomus aplinkosaugos ir kitus teisinius reikalavimus;
 - c. Plačiausiai naudojamas ir naujausias technologijas maisto BSA, įsk. ŠGP, aerobiniam apdorojimui,
 - d. Poveikį aplinkai apdorojant maisto BSA, naudojant įvairias technologijas.
2. Pasiūlyti metodiką įvertinti maisto atliekų biologinio apdorojimo poveikį aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai.
 3. Atlikti maisto pramonės atliekų tvarkytojų (naudotojų) Lietuvoje apklausą, nustatant BSA ir aerobinių apdorojimo procesų faktinius aplinkos apsaugos indikatorius.
 4. Atlikti maisto atliekų aerobinių apdorojimo procesų lyginamąją analizę, vertinant techninius bei aplinkosaugos aspektus.
 5. Naudojant lyginamosios analizės rezultatus, maisto pramonės įmonėms ir viešojo maitinimo įstaigoms pateikti rekomendacijas dėl maisto BSA, įsk. ŠGP, tinkamų aerobinio apdorojimo technologijų parinkimo, mažinant poveikį aplinkai.

Darbo mokslinis naujumas

Darbe pateikta maisto pramonės BSA aerobinio apdorojimo poveikio aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai metodika, kurioje integruoti du vertinimai: tiesioginio poveikio - dėl oro teršalų (NH₃, LOJ, CO, KD) bei ŠESD (CH₄, N₂O, CO₂), kurie susidaro laikant BSA arba raugą iki apdorojimo, BSA smulkinant, kompostuojant, kraunant pagamintą pirminį kompostą, jį brandinant, sijojant bei netiesioginio neigiamo ir/arba teigiamo poveikio dėl papildomos energijos sąnaudų ir perteklinės energijos gamybos. Oro teršalų ir ŠESD kiekio vertinimui naudojami mokslinės ir praktinės literatūros analizės bei atliktos maisto pramonės BSA tvarkytojų apklausos rezultatai.

Darbe pasiūlyta metodika aprobuota vertinant poveikį aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai Lietuvoje biologiškai apdorojant BSA ir gaminant įvairius raugus ir kompostus, 2016 m. kartu su Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijos (LAMMC ATL) ir KTU Aplinkos inžinerijos instituto (APINI) mokslininkais dalyvaujant Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos projekte „Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų gaminamiems produktams rengimas“.

Magistro baigiamajame darbe pateikta šiuo metu galutinė metodikos versija, patobulinta po aprobavimo.

Darbo praktinė nauda

Šis darbas yra tiesiogiai susietas su „Žiedinės“ ekonomikos pagrindine idėja: maisto pramonės BSA medžiaginių savybių optimalus panaudojimas, gaminant aukšto vertingumo (kaip trąšos) kompostą. Atliekose esamos vertingos maistinės medžiagos (C, N, P, K, Ca, Mg bei kt.) grąžinamos atgal į dirvožemį, jį praturtinant.

Kadangi Lietuvoje kaip ir kitose ES šalyse didėja komposto iš maisto BSA bei iš raugo po maisto BSA fermentavimo gamybos įmonių, labai svarbu, kad būtų diegiamos tinkamos kompostavimo technologijos, kad siekiant tik kokybinių BSA tvarkymo tikslų, nepadidėtų poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai dėl oro taršalų, kvapų susidarymo bei mikrobiologinės taršos, kuri taip pat gali susidaryti tuo atveju, jeigu bus netinkamai parinkta technologija.

Taip pat darbe maisto pramonės įmonėms bei maitinimo įstaigoms pateikiamos rekomendacijos dėl maisto BSA ir pagaminto raugo aerobinio apdorojimo galimybių, parenkant optimalų tvarkymo sprendimą bei užtikrinant maksimalų poveikio aplinkai sumažėjimą.

Darbo rezultatai pristatyti:

- 2016 m. Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos projekte „Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų gaminamiems produktams rengimas“ (Nr. VPS-2015-131-KKSP). Užsakovas – Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Rangovai: LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorija, UAB „EcoIri Soluion“ .
- 2017 m. kovo mėnesio Regionų atliekų tvarkymo centrų (RATC) asociacijos konferencijoje „Biologiškai skaidžių atliekų tvarkymas žiedinės ekonomikos kontekste“.
- 2017 m. parengtame ir į žurnalą Waste Managemnet“ pateiktame straipsnyje
- Kliopova, I., Stunžėnas, E., Jurovickaja, E. Minimization of environmental impact by integrated biodegradable waste management in catering companies.

1. MOKSLINĖS IR PRAKTINĖS LITERATŪROS ANALIZĖ MAISTO PRAMONĖS BSA, ĮSKAITANT ŠGP, AEROBINIO APDOROJIMŲ TECHNOLOGIJŲ BEI JŲ POVEIKIO APLINKAI SRITYJE

1.1 Maisto pramonės BSA ir iš BSA pagaminto komposto fizikinės ir cheminės savybės

2016 metais LAMMC ATL ir KTU APINI mokslininkų atliktų tyrimų rezultatų analizė parodė, kad kompostas gali būti vadinamas produktu tik tuo atveju, jeigu jis pasižymi vertingumu, kaip trąšos, rodikliais, atitinka nustatytus saugos reikalavimus dėl sunkiųjų metalų (*Cd, Pb, Hg, Cr, Zn, Cu, Ni*) ir organinių teršalų (*PCBs, PAHs, PCDD/F, PFC*) koncentracijų, mikrobiologinių-parazitologinių parametru (*Escherichia coli, Clostridium perfringens, Helminčių kiaušinėliai ir lervos, Salmonella bakterijos*) (Staugaitis ir kt., 2016). Taip pat komposte neturi būti nepageidautinų priemaišų (stiklo, plastiko, akmenukų, daigijų sėklų, kt.). Komposto ar anaerobinio raugo kaip trąšos (produkto) vertingumo rodikliai bei nustatyti reikalavimai susisteminti ir pateikti 1.1.1 lentelėje.

1.1.1 lentelė Komposto ar anaerobinio raugo kaip trąšos (produkto) vertingumo rodikliai bei nustatyti reikalavimai

Pagrindiniai rodikliai	Komposto ar anaerobinio raugo kaip trąšos vertingumas	
	Labai mažas	Labai didelis
<i>Pagrindiniai kokybės rodikliai (Staugaitis ir kt., 2011, 2015, 2016)</i>		
pH _{KCl}	<5,6	>8,5
Sausosios medžiagos, %	<21	>50
Organinės medžiagos, %	<16	>45
Suminis azotas (N) %	<0,5	>2,0
Suminis fosforas (P) %	<0,21	>0,80
Suminis kalis (K) %	<0,6	>2,5
Elektrinis laidis; mS/cm	<0,6	>2,0
C/N santykis	<11	>25
Vandenyje tirpus azotas (N-NH ₄ +N-NO ₃), mg/l NDM	<51	>200
Vandenyje tirpus fosforas (P), mg/l NDM	<26	>100
Vandenyje tirpus kalis (K), mg/l NDM	<91	>300
<i>Papildomi kokybės rodikliai (Staugaitis ir kt., 2011, 2015, 2016)</i>		
Vandenyje tirpus kalcis (Ca), mg/l NDM	<100	>500
Vandenyje tirpus magnis (Mg), mg/l NDM	<101	>120
Sulfatai (SO ₄), mg/l NDM	<51	>200
Chloridai (Cl), mg/l NDM	<51	>300
Biologinis skaidumas (stabilumas)	Gali būti vertinamas pagal ištirpusios organinės anglies koncentraciją. Tuo atveju jeigu ji ≤ 4000 mg/kg, kompostas arba anaerobinis raugas laikomas stabilium	

Piltinis tankis, g/l	Pageidautina, kad kompostai būtų puresni	
Saugos reikalavimai dėl sunkiųjų metalų (Staugaitis ir kt., 2016)		
Sunkieji metalai	Siūloma DLK, mg/kg SM	
	I	II
Kadmis (Cd)	1,0	2,0
Švinas (Pb)	50	100
Gyvsidabris (Hg)	0,4	1,0
Chromas (Cr)	70	100
Cinkas (Zn)	400	600
Varis (Cu)	100	200
Ni (Ni)	40	60
Saugos reikalavimai dėl organinių teršalų (Staugaitis ir kt., 2016)		
Organiniai teršalai	Siūloma leistina riba	
PCBs	<0,2 mg/kg SM	
PAHs	<4 mg/kg SM	
PCDD/F	<30mg/kg SM	
PFC	<0,1 mg/kg SM	
Saugos reikalavimai dėl mikrobiologinių-parazitologinių parametrų (Staugaitis ir kt., 2016)		
Fekalinės žarnyno lazdelės (<i>Escherichia coli</i>)	≤ 1000 kol. sk./kg	
Anaerobinės klostridijos (<i>Clostridium perfringens</i>)	≤ 100 00 kol. sk./kg	
Helmintų kiaušinėliai ir lervos	≤ 0 vnt./kg	
<i>Salmonella</i> bakterijos	≤ 0 vnt./kg	
Nepageidautinų priemaišų kiekis (Staugaitis ir kt., 2016)		
Stiklas, metalai, plastikas (> 2 mm)	≤0,5% SM	
Daigios augalų sėklos t. sk. gyvybingos piktžolės, šakniastiebiai	≤2 vnt./l	
Akmenys (>10 mm), skaičiuojant sausu svoriu	≤5%	

Vertingame komposte organinių medžiagų kiekis turi būti ≥ 16 % sausos medžiagos (SM). Taip pat kompostas ar anaerobinis raugas turi pasižymėti vertingumu minimaliai pagal vieną iš 1.1.1 lentelėje pateiktų pagrindinių vertingumo rodiklių, t.y. vertingumas turi būti didesnis negu „labai mažas“. Analizuojant saugos reikalavimus, sunkiųjų metalų koncentracijos kompostuose ar anaerobiniuose rauguose neturi viršyti siūlomų leistinių I klasei, jeigu jie naudojami žemės ūkyje, t.y. „augalas-gyvūnas-žmogus“ grandinėje arba siūlomų leistinių II klasei, jeigu jie naudojami rekultivuojamuose plotuose arba „augalas-kuras“ energetinėje grandinėje. Organinių teršalų koncentracija, mikrobiologiniai-parazitologiniai parametrai bei nepageidautinų priemaišų kiekis neturi viršyti siūlomų leistinių ribų pateiktų 1.1.1 lentelėje. Taip pat su kompostais ar anaerobiniais raugais ištręšiami maksimalūs azoto (N) bei fosforo (P) kiekiai neturi viršyti atitinkamai 170 kg vienam ha bei 40 kg vienam ha (Staugaitis ir kt., 2011, 2015, 2016).

Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) filialo Agrocheminių tyrimų laboratorijos (ATL) specialistų bei APINI mokslininkų nuomone, Lietuvoje daugumos iš maisto biologiškai skaidžių atliekų (BSA)

gaminamų kompostų (įsk. iš raugų, gautų po atskirai surinktų maisto pramonės BSA anaerobinio apdorojimo, nusausinimo ir kompostavimo), kokybės ir užterštumo rodikliai atitinka produkto (vertingos trąšos) kriterijus (Staugaitis ir kt., 2016).

Tikslu pagaminti vertingą kompostą, būtina prieš atliekų biologinį apdorojimą įvertinti jų **fizikines ir chemines savybes**, kurios tiesiogiai priklauso nuo analizuojamos atliekos prigimties (Rafieeniair kt., 2017). Maisto atliekos gali būti suskirstytos į šiuos srautus:

- augalinės kilmės maisto pramonės atliekos (cukraus, aliejaus, alaus, sulčių, spirito, konditerijos įmonių, kepyklų, atliekos);
- gyvūninės kilmės maisto pramonės atliekos (mėsos, žuvies, pieno perdirbimo įmonių atliekos) – šalutiniai gyvūniniai produktai (ŠGP);
- maisto atliekos iš valgyklų, restoranų (ŠGP).

Taivano mokslininkai 2008 metais atliko mokslinį eksperimentą, kuriame analizavo galimybę panaudoti atskirai surinktas kavinių virtuvių maisto atliekas aukšto vertingumo komposto gamybai. Prieš kompostuojant, mokslininkai tyrė šiuos atliekų parametrus: drėgnumą (%), peleningumą natūralaus drėgnumo medžiagoje (% NDM), lakiųjų medžiagų dalį (% NDM); biochemines savybes: angliavandenių, riebalų, baltymų dalį sausoje medžiagoje (% SM), bendros organinės anglies, bendrojo N, H, O₂ dalį (% SM) bei C:N santykį (Chang ir kt., 2008). Tyrimų rezultatai pateikti 1.1.2 lentelėje.

1.1.2 lentelė¹ Atskirai surinktų virtuvių maisto BSA fizikinė-cheminė sudėtis (Chang ir kt., 2008)

Parametras	Atskirai surinktos maisto virtuvinės BSA (ŠGP)
Drėgnumas, %	65-80
Peleningumas, NDM	3-5
Lakiosios medžiagos, % NDM	18-30
Angliavandeniai, % SM	40-60
Riebalai, % SM	15-40
Baltymai, % SM	10-30
Bendrasis azotas (N), % SM	1-3
Bendroji anglis (C), % SM	45-65
Vandenilis (H), % SM	6-7
Dėguonis (O ₂), % SM	40-50
C:N santykis	15-40

¹Pastaba: eksperimentas atliktas Taivane

Kita mokslininkų grupė 2012 metais vertino ir lygino dvejų BSA srautų medžiagines ir energetines savybes: atskirai surinktų maisto BSA ir BSA, centralizuotai išskirtų iš komunalinių atliekų srauto MBA įrenginiuose (žr. 1.1.3 lentelę) (Zhanget ir kt., 2012). Mokslininkai pabrėžė, kad atskirai surinktos maisto BSA pasižymi didesniu azoto kiekiu, dideliu angliavandenių, baltymų bei riebalų kiekiu, dėl ko didėja lakiųjų medžiagų kiekis ir žemutinė šilumingumo vertė, t.y. šios atliekos pasižymi didesniu energetiniu potencialu (kas aktualu išgaunant iš BSA biodujas). Taip pat šiose atliekose žymiai mažesnis potencialiai toksinių medžiagų

kiekis palyginti su BSA, centralizuotai išskirtomis MBA įrenginiuose. Todėl iš atskirai surinktų maisto BSA gali būti gaminamas aukštos vertės kompostas (Zhanget ir kt., 2012).

1.1.3 lentelė Atskirai surinktų maisto BSA ir BSA, centralizuotai išskirtų iš komunalinių atliekų MBA įrenginiuose fizikinių ir cheminių parametrų palyginimas (Zhanget ir kt., 2012)

Parametras	Atskirai surinktos BSA	Iš komunalinių atliekų srauto išskirtos BSA
Bendrieji parametrai		
pH	4,71 ± 0,01	6,39 ± 0,01
Sausa medžiaga, %	23,74 ± 0,08	52,83 ± 0,63
¹ VS (%NDM)	21,71 ± 0,09	33,55 ± 0,63
¹ VS (% SM)	91,44 ± 0,39	63,52 ± 1,89
Bendra organinė anglis (BOA), % nuo sausos medžiagos	47,6 ± 0,5	34,8 ± 1,1
BOA / BKA (bendra organinė anglis / bendras Kjeldalio azotas)	13,9 ± 0,2	25,0 ± 1,6
² Suskaidomumas, C / BOA	13,6 ± 0,2	19,2 ± 1,6
Kaloringumas, MJ/kg 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 ir potencialiai toksiški elementai		
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
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 SM sudėtis		
N, %	3,44 ± 0,04	1,32 ± 0,08
C, %	47,6 ± 0,5	33,0 ± 1,0
H, %	7,04 ± 0,63	4,80 ± 0,30
S, %	0,15 ± 0,01	0,25 ± 0,04
O, %	33,3 ± 2,6	22,2 ± 1,2

Pastabos:

¹VS – lakiosios kietosios dalelės (angl. *Volatilesolids*) –atliekų sausų medžiagų dalis, kuri gali būti konvertuota į biodujas;

²C – koeficientas buvo gautas iš bendros organinės anglies atėmus lignino anglį.

Lyginant tiriamojo darbo rezultatus dėl maistinių medžiagų ir potencialiai toksinių elementų, esančių atskirai surinktose maisto BSA (Zhang ir kt., 2012), su vertingiems kompostams nustatytais vertingumo rodikliais bei saugos reikalavimais dėl sunkiųjų metalų (žr. 1.1 lentelę) (Staugaitis ir kt. 2016), galima pastebėti, kad maisto atliekose esančios sunkiųjų metalų (*Cd, Pb, Hg, Cr, Zn, Cu, Ni*) koncentracijos gerokai mažesnės už siūlomas leistinas I klasei. Tokiu būdu galima pateikti išvadą, kad iš maisto BSA pagamintas kompostas gali būti sėkmingai naudojamas žemės ūkyje. Maisto atliekose maistinių medžiagų (bendrojo azoto, fosforo bei kalio) kiekiai yra didesni už kiekius BSA, centralizuotai išskirtose iš komunalinių atliekų MBA įrenginiuose. Azoto (N) procentinė dalis maisto BSA - $3,44 \pm 0,04\%$, tuo tarpu labai vertingo komposto nustatyta N (%) – daugiau nei 2% (žr. 1.1 lentelę). Nors azoto (N) procentinė dalis maisto BSA kompostavimo metu sumažėja (dėl išsiskiriančių NH_3 , N_2O dujų - 0,004% - 6,3%; dėl N_2 – net iki 44 %), azoto kiekis vis tiek išliks ribose, nustatytose vertingiems kompostams (0,5% ->2%) (Guan ir kt., 2015).

1.2 BSA aerobiniam apdorojimui ir gaminamam kompostui taikomi aplinkosaugos ir kiti teisiniai reikalavimai

Remiantis reikalavimais, pateiktais Valstybiniame atliekų tvarkymo plane 2014-2020 m. (VATP):

- įmonės, kurių ūkinėje komercinėje veikloje susidaro BSA, įsk. viešojo maitinimo įstaigas, atliekas turi išrūšiuoti ir rinkti atskirai. Jeigu tai techniškai, aplinkosauginiu bei visuomenės sveikatai saugiu būdu įvykdoma, išrūšiuotos BSA tvarkomos (perdirbamos) arba kitaip naudojamos vietoje. Jeigu tam nėra galimybių, maisto atliekos (MA) turi būti perduotos kitiems atliekų tvarkytojams, kurie užtikrintų BSA tvarkymą laikantis atliekų prevencijos ir tvarkymo prioritetų eiliškumo.
- BSA, kaip ir visos gamybos atliekos, turi būti tvarkomos, vadovaujantis šių atliekų hierarchijos principais: BSA prevencija jų sukūrimo šaltinyje; BSA žaliavinių (maistinių) savybių naudojimas (organinių trąšų, pridėtinės vertės produktų, pašarų gamyba); BSA energetinių savybių naudojimas (biodujų, bioetanolio gamyba).
- ŠGP turi būti tvarkomi pagal reikalavimus, nustatytus 2009-10-21 Europos Parlamento ir Tarybos reglamente (EB) Nr. 1069/2009, kuriuo nustatomos žmonėms vartoti neskirtų ŠGP ir jų gaminių sveikumo taisyklės ir panaikinamas Reglamentas (EB) Nr. 1774/2002 (Šalutinių gyvūninių produktų reglamentas) (toliau tekste - ŠGP reglamentas).

Įmonės, biologiškai apdorojančios savo ūkinėje veikloje ar kitose veiklose susidarantias BSA, įsk. maisto pramonės BSA, turi vadovautis 2 pagrindiniais reikalavimais, pateiktais:

- Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2007-01-25 įsakyme Nr. D1-57 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo, anaerobinio apdorojimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“ (toliau tekste – BSA kompostavimo reikalavimai) ir

- ŠGP reglamente (jeigu biologiškai apdorojami ŠGP).

Reminantis BSA kompostavimo reikalavimais, apdorojant augalinės kilmės atliekas, temperatūriniai parametrai nustatomi atsižvelgiant į pasirinktą technologiją. Pavyzdžiui, atviruose kompostavimo įrenginiuose (atviruose kaupuose), turi būti išlaikoma didesnė nei 55 °C temperatūra ne trumpiau kaip 2 savaites vartant kaupus bent 3 kartus arba turi būti išlaikoma didesnė nei 60 °C temperatūra ne trumpiau kaip 1 savaitę vartant kaupus bent 2 kartus; tuo tarpu uždaruose įrenginiuose (pvz., konteineriuose, besisukančiuose cilindruose, tuneliuose), turi būti išlaikoma didesnė nei 65 °C temperatūra daugiau nei 3 paras. Šiame įsakyme taip pat nurodyti paruošto ir tinkamo naudoti komposto parametrai (pavyzdžiui, mikrobiologiniai– parazitologiniai rodikliai, leistinas sunkiųjų metalų kiekis, tinkamas pH, kuris turi būti silpnai šarminės reakcijos (6,9–7,7)).

Remiantis ŠGP reglamentu, 3-čios kategorijos ŠGP (viešojo maitinimo įstaigų maisto atliekos)- sveikų, nekritusių gyvūnų atliekos (plunksnos, oda, kailiai, kraujas, galvos, kojos, ragai, kanopos), turi būti perdirbamos naudojant sterilizaciją slėgiu (nepertraukiamas ŠGP kaitinimas iki didesnės kaip 133 °C vidaus temperatūros bent 20 minučių esant bent 3 barų absoliučiam slėgiui (Komisijos reglamentas (ES) Nr. 142/2011)), taikant kitus perdirbimo metodus, nustatytus atitinkamai ŠGP reglamento 15 straipsnio 1 dalies b punkte, kompostuojamos arba apdorojamos anaerobiniu būdu. Standartiniai ir alternatyvūs ŠGP apdorojimo parametrai nustatyti Komisijos reglamento (ES) Nr. 142/2011 V priedo III skyriaus 1, 2 ir 3 skirsniuose, reminantis kuriais, prieš anaerobinį apdorojimą ŠGP turi būti pasterizuojami slėgiu ar perdirbami (higieniškai sutvarkomi) kitu būdu, nurodytu IV priedo III skyriuje (pasterizacija gali būti atliekama pačioje biodujų įmonėje, jeigu joje įrengtas pasterizacijos (higieninio tvarkymo padalinys), tuo tarpu kompostuojant ŠGP, turi būti naudojamas uždaras kompostavimo reaktorius, kuriame palaikomas pakankamas kaitinimas. Taip pat šiame reglamente pabrėžiama, kad 3-čios kategorijos ŠGP nepertraukiamo išlaikymo komposto reaktoriuje trukmė yra 60 minučių.

Pagal LR aplinkos ministro 2005-07-15 įsakymą Nr. D1-378 Dėl į atmosferą išmetamo teršalų kiekio apskaičiavimo metodikų sąrašo patvirtinimo (Žin., 2005, Nr. 92-3442; 2009, Nr. 70-2868) metodika įvertinti oro teršalus pateikta EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadove (Angl. - Air pollutant emission inventory guidebook).

ŠESD vertinimui naudojamos metodikos pateiktos šiose gairėse:

- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste // 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 5 leidimas. Atliekos
- 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Energy // 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 2 leidimas. Energetika

Oro teršalų koncentracijų ribinės vertės aplinkos ore pateiktos šiose teisės aktuose:

- 2001-12-11 Lietuvos Respublikos Aplinkos ministro ir Sveikatos apsaugos ministro įsakymas Nr. 591/640 *Dėl aplinkos oro užterštumo normų nustatymo* (Žin. 2001, Nr. 106-3827). Nauja redakcija: 2010-07-07 Nr. D1-585/V-611; Žin. 2010, Nr. 82-4364.
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministro 2000-10-30 įsakymas Nr. 471/582 *Dėl teršalų, kurių kiekis aplinkos ore ribojamas pagal ES kriterijus, sąrašo*

patvirtinimo ir ribinių aplinkos oro užterštumo verčių nustatymo (Žin., 2000, Nr. 100-3185; 2007, Nr. 67-2627).

Procesų optimizavimo bei kitų ŠG taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodų taikymas leidžia ženkliai sumažinti BSA kiekį, bet dėję nei maisto pramonėje, nei viešojo maitinimo įstaigose neįmanoma jų visiškai išvengti (dėl žaliavų, veiklos specifikos, žmoniškojo faktoriaus). Taipogi galima taikyti pagal prioritetą vieną iš paskutinių ŠG metodų – atliekų panaudojimas naujo produkto gamybai įmonės ribose.

Lietuvos teisės aktų analizės rezultatai parodė, kad maisto BSA atliekų atskirimas, rūšiavimas ir tvarkymas pagal srautus, prioritetą taikant biologinio apdorojimo metodams – BSA valdymo kryptis artimiausiame dešimtmetyje.

Atlikus maisto pramonės BSA biologiniam apdorojimui ir gaminamam kompostui taikomų aplinkosaugos ir kitų teisinių reikalavimų analizę, nustatyta, kad:

- oro teršalai, aerobiškai apdorojant maisto BSA, įsk. ŠGP, ir jų kiekis priklauso nuo
 - BSA prigimties (cheminių ir medžiaginių savybių);
 - tvarkymo metodų (atviras, uždaras; savarankiškai susidarymo šaltinyje ar centralizuotai);
 - naudojamų technologijų (atvirų ar uždarų; su priverstiniu oro padavimu arba be; po specialia plėvele arba naudojant įvairius intensyvaus apdorojimo įrenginius; naudojant papildomas medžiagas: probiotikus, durpes, mikroorganizmus; sumaišant su kitomis BSA (žemės ūkio, medienos apdorojimo, kt.);
 - oro sąlygų (jeigu taikomas atviras būdas);
- atvirai kompostuojant BSA, sudėtingiau valdomi proceso technologiniai parametrai; dėl to ilgėja trukmė, didėja rizika, susijusi su mikrobiologine tarša, išsiskiria daugiau oro teršalų, atsiranda kvapų;
- uždarai kompostuojant maisto BSA, proceso technologiniai parametrai valdomi automatiškai, bet papildomai naudojama nemažai energijos, dėl to netiesiogiai didėja poveikis aplinkos orui, kuris atsiranda energijos gamybos metu;
- oficialioje ENEP / CORINAIR metodikoje, vertinant oro teršalus iš aerobinių apdorojimo įrenginių, pateikiami bendri emisijų faktoriai (EF), neatsižvelgiant į taikomas technologijas; vertinamas tik tiesioginis poveikis dėl kompostavimo; poveikio dėl BSA ir raugo laikymo pradėtas analizuoti tik nuo 2016 metų rudens (metodika pateikta tik anaerobinio apdorojimo įrenginiams);
- šiuo metu nėra metodikos, kurioje būtų atsižvelgta į visus BSA apdorojimo aspektus, vertinant tiesioginį ir netiesioginį poveikį, kurią taikant galima būtų įvertinti poveikį aplinkos orui ir klimato kaitai, naudojant įvairius maisto BSA aerobinio apdorojimo procesus ir kuri galėtų būti naudojama palengvinti sprendimų priėmimui dėl tinkamo BSA tvarkymo, gaminant aukštos kokybės kompostą.

1.3 Plačiausiai naudojamos maisto pramonės BSA aerobinio apdorojimo technologijos ir poveikis aplinkai

Šiame skyriuje pateiktas trumpas maisto pramonės BSA aerobinių procesų aprašymas ir nurodyti pagrindiniai aplinkosaugos aspektai, dėl kurių atsiranda (gali atsirasti) reikšmingas poveikis aplinkai.

Žaliųjų maisto pramonės BSA atviras kompostavimas su priverstiniu oro padavimu

Maisto žaliosios atliekos gali būti kompostuojamos atviruoju būdu su priverstiniu oro padavimu. Vaisių ir daržovių atliekos, kitos augalinės kilmės atliekos, esant poreikiui, smulkinamos ir sumaišomos, naudojant krautuvus ir /arba vartytuvus. Toliau formuojami apie 2,5m aukščio kaupai. Kompostavimo technologinio proceso parametrų (drėgmės, temperatūros, kt.) palaikymui būtina atliekamas kaupų periodinis vartymas. Šiam tikslui naudojami vartytuvai arba krautuvai. Turi būti išlaikoma didesnė nei 55 °C temperatūra ne trumpiau kaip 2 savaites, vartant kaupus bent 3 kartus arba didesnė nei 60 °C temperatūra ne trumpiau kaip 1 savaitę, vartant kaupus bent 2 kartus [3]. Priklausomai nuo oro sąlygų pirminis kompostavimas užtrunka iki 3 mėnesių. Prieš tolimesnį brandinimo procesą pirminis kompostas sijojamas (frakcija brandinimui mažesnė nei 20 mm) ir krautuvais perkraunamas į brandinimo aikšteles. Didesnės frakcijos kompostas grąžinamas atgal į pirminį kompostavimą. Brandinimo procesas trunka iki 2 mėnesių (Staugaitis ir kt., 2016, Staniškis ir kt., 2017).

Reikšmingas poveikis aplinkai susidaro dėl ŠESD ir oro teršalų, kurie išsiskiria iš stacionarių neorganizuotų ir mobilių taršos šaltinių, naudojant įvairią techniką.

Atvirai aerobiškai apdorojant maisto atliekas į aplinkos orą iš neorganizuotų stacionarių taršos šaltinių patenka nuo 10 iki 33 kartų daugiau NH₃, palyginti su intensyviu apdorojimu po plėvele arba specialiuose uždaruose įrenginiuose (Staugaitis ir kt., 2016).

Taikant atvirą technologiją į aplinką patenka iki 41 g NH₃/ kg SM BSA, kas sudaro iki 61-65% nuo bendro išsiskiriančio N kiekio (Dimitris ir kt., 2006). Kompostuojant BSA atviruose kaupuose papildomai suspausto oro gamybai vidutiniškai sunaudojama iki 35 kWh/t BSA elektros energijos (Boldrin ir kt., 2009, van Haaren ir kt., 2010) (žr. 1.3.1 lentelę).

BSA kompostavimas, naudojant plėvele

Viena iš plačiai taikomų technologijų atskirai surinktomis maisto / virtuvės atliekoms, kurios tvarkomos kaip šalutiniai gyvuliniai produktai (ŠGP) [6] - intensyvus kompostavimas, naudojant membranines, pralaidžias orui hidrofobines dangas, pvz., Goretex plėvelę. Tiekiamo suspausto oro kiekis reguliuojamas automatiškai (priklausomai nuo temperatūros). Jeigu nėra priverstinio oro padavimo, tikslu padidinti aeravimo bei atliekų homogenizavimo efektyvumą, kaupai periodiškai maišomi vartytuvais. Intensyvus kompostavimas trunka iki 2 savaičių, iš kurių min. 1 savaitę turi būti išlaikyta 70 °C temperatūra [3]. Kompostuojant tokiu būdu, išsiskyrusios dujos tirpsta kondensate, kuris formuojasi ant vidinės membranos pusės, kas ženkliai sumažina jų išsiskyrimą į aplinkos orą. Šio proceso pagrindiniai technologiniai etapai yra (Staugaitis ir kt., 2016):

- struktūrinių BSA ir kitų medžiagų smulkinimas (iki 25 mm);
- kompostuojamos masės maišymas (sudaromas maisto BSA bei medienos kirtimo, grūdų pramonės atliekų mišinystūriniu santykiu 1:1,5);
- komposto kaupo formavimas (3 m aukščio ir 6 m pločio);
- intensyvus kompostavimas po membranine plėvele, naudojant temperatūros matavimo daviklius (apie 2 sav.);
- pirminio komposto brandinimas (iki 3 mėn.);
- pagaminto komposto sijojimas (<12 mm) (atsijotos stambios frakcijos yra grąžinamos į naujai ruošiamo komposto kaupą);

- pagaminto komposto sandėliavimas specialiose aikštelėse.

Kiekvienai BSA rūšiai taikomi skirtingi priėmimo reikalavimai atvežimui bei laikymui. Pavyzdžiui, vadovaujantis reglamento (ES) Nr. 142/2011 VIII priedo I skyriaus nuostatomis, ŠGP (mėsos, žuvies, pagamintų patiekalų likučiai, kiaušinių lukštai ir pan.) turi būti laikomi specialiose sandariose talpyklose, tinkamoje temperatūroje.

Tikslu praturtinti kompostą makroelementais (kaliu, fosforu), į dalį brandinamo komposto įmaišomi medienos, šiaudų, durpių pelenai (Khoet ir kt., 2010, Kim ir kt., 2010, Lee ir kt., 2007).

Poveikis aplinkai susidaro dėl ŠESD ir oro teršalų iš stacionarių neorganizuotų ir mobilių taršos šaltinių. Krautuvo, sijotuvo, ekskavatoriaus, kitos mobilios technikos eksploatavimui naudojamas dyzelinis kuras. Elektros energija naudojama suspausto oro gamybai. Didžiausia dalis oro teršalų susidaro BSA pirminio sijojimo ir kaupo formavimo metu. Kompostuojant po membranine plėvele, oro teršalų kiekis mažėja iki 90 %, įsk. NH₃ – iki 97 %, palyginti su atviru kompostavimu (Eunomia, 2007, Bakky ir kt., 2003) (žr. 1.3.1 lentelę).

2015 metais mokslininkai C. Guan NG ir S. Yusoff atliko maisto atliekų kompostavimo po plėvele eksperimentą, kurio metu palygino BSA mišinio bei pagaminto komposto tam tikrus parametrus bei išmatavo oro teršalų bei ŠESD koncentracijas (Guan ir kt., 2015). Rezultatų analizė parodė, kad C:N santykis komposte sumažėja 10-23 %, palyginti su šiuo rodikliu BSA mišinyje, organinės dalies – iki 17-33 %, bendrosios organinės anglies – iki 67-76 %, drėgnis sumažėja iki 20 - 60%. Vertinant išsiskiriančių oro teršalų bei ŠESD procentinę dalį, NH₃ sudaro 0,004 % nuo bendro išsiskiriančio azoto kiekio, tuo tarpu N₂O dujos - iki 6,3 %, kita dalis azoto išsiskiria N₂ pavidalu, kuris nėra pavojingas aplinkai. Tyrėjai pabrėžia, kad didžiausias NH₃ kiekis išsiskiria, kai apdorojimo proceso temperatūra viršija 40-50°C. CO₂ sudaro didžiausią dalį nuo bendro išsiskiriančio C kiekio (iki 95 %), tuo tarpu CH₄ bei CO atitinkamai 4 ir 1 %. Pasak autorių, tikslu maksimaliai sumažinti ŠESD išsiskirimą, ypatingai CH₄, kaupai turi būti nuolat maišomi, tokiu būdu išvengiant anaerobinių sąlygų susidarymo kaupų vidiniuose sluoksniuose. Aerobinis procesas virsta anaerobiniu, kai deguonies kiekis kompostuojamoje masėje sumažėja iki 5 – 7,5 % (Bokhorstet ir kt., 2001, Kliopova, 2013, Staniškis ir kt., 2017) (žr. 1.3.1 lentelę).

Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įskaitant iš maisto pramonės (įsk. ŠGP) intensyvu uždaras kompostavimas (tuneliuose arba konteineriuose), naudojant biofiltrus

Vienas iš plačiai naudojamų atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. ŠGP, kompostavimo būdų - intensyvaus tunelinio kompostavimo metodas. Tuo tikslu statomi dideli stačiakampiai įrenginiai su priverstine aeracijos sistema. Tuneliai gali būti stacionarūs - statiniai iš betono ir plieno, kurių viršutinė dalis - atidaromas arba ištraukiamas stogas BSA pakrauti ir pirminiam kompostui iškrauti. Taip pat gali būti įrengti tik plieniniai rėmai, aptempiami specialiais audiniais. Tunelių skaičius priklauso nuo jų tūrio ir BSA frakcijos. Dažniausiai BSA srautas kompostuojamas viename tunelyje (angl. *all-in / all out*), tačiau kai kurios sistemos veikia nepertraukiamu režimu, naudojant specialiai sukurtas mechanines sistemas su judančiomis grindimis medžiagos perkėlimui iš vieno tunelio į kitą. Kai kuriais atvejais, atsižvelgiant į projektinius sprendimus, tuneliuose įrengtos mechaninės sistemos, perkeliančios kompostuojamą medžiagą iš vieno tunelio į kitą (pvz., judančios grindys, velenai ir pan.) [24,25].

BSA gali būti pakraunamos kaip rankiniu būdu, taip pat naudojant specialią įrangą - savaeigėmis mašinomis, transporteriais ar hidrauliniiais krautuvais. Kompostavimo proceso valdymas tuneliuose - pilnai automatizuotas, kontroliuojant reikiamą deguonies kiekį (15-20 % BSA tūrio), temperatūrą (iki 70 °C) ir drėgmę (iki 50 – 60 %) (Staniškis ir kt., 2016).

Pirminis kompostas pagaminamas per 3 savaites. Prieš tolimesnį brandinimo procesą pirminis kompostas sijojamas tikslu pašalinti priemaišas bei paruošti geros kokybės kompostą (frakcija ~ iki 20 mm). Didesnės frakcijos masė grąžinama atgal į intensyvų kompostavimą. Pirminio komposto brandinimas vyksta iki 3 mėnesių [24,25].

Poveikis aplinkai tokiuose įrenginiuose gali susidaryti dėl ŠESD ir oro teršalų iš stacionarių organizuotų, neorganizuotų ir mobilių šaltinių, naudojant įvairią techniką su vidaus degimo varikliais (pagrindinis deginamas kuras – dyzelinis). Susidarę teršalai ir ŠESD į aplinką išleidžiami per biofiltrus, kurių efektyvumas kiekvieno teršalo bei ŠESD atžvilgiu gali skirtis nuo 50 iki 99 %. Teršalų išvalymui taip pat gali būti naudojami terminiai ar ozono pagrindu pagaminti oksidatoriai. Tunelinės sistemos grindyse įrengiama nuotekų šalinimo sistema. (Bakt ir kt., 2003, Eunomia, 2007).

ES šalyse taip pat plačiai naudojamas atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) intensyvus kompostavimas konteineriuose. Kompostavimo sistemą sudaro tam tikras skaičius stačiakampio formos 20-25 m³ talpos konteinerių, sujungtų prie vienos vėdinimo sistemos, biofiltro, proceso kontrolės (kontroliuojama temperatūra, deguonies kiekis, drėgmė) sistemos. Konteinerių skaičius priklauso nuo jų tūrio ir kompostuojamos BSA masės. Šioje sistemoje kompostavimo procesas vyksta panašiai kaip tunelinėje. Pagrindinis skirtumas – konteinerinės sistemos mobilumas. Pirminis kompostas pagaminamas mažiausiai per 2 savaites [25].

Tokios sistemos pavyzdžiu gali būti gamintojo „Horstmann“ konteinerių modulis, kurį sudaro kompostavimo konteineriai, filtravimo konteineris, vamzdžių sistemos ir kt. Konteinerių apačioje sumontuota nuotekų surinkimo sistema. Sistemos našumas siekia 5 tūkst. t/m. (Horstmann).

Vienas iš rečiau taikomų intensyvaus uždaro kompostavimo įrenginių pavyzdžių yra gamintojo „FinEco“ būgninis kompostavimo įrenginys, kuriame galima apdoroti įvairias organines atliekas, įsk. maisto / virtuvės atliekas, įsk. ŠGP nenutrūkstamu, automatizuotu procesu. Pirminis kompostas gaminamas 7-14 parų bėgyje. Kompostavimo procesui nereikalingi jokie cheminiai reagentai, priedai ar papildoma energija, taip pat procesas ir galutinis produktas atitinka visus oficialius Europos Sąjungos reikalavimus dėl taršos ir higienos (FinEco).

Prieš patekdamos į kompostavimo įrenginį, atliekos yra automatiškai sumaišomos su struktūrine medžiaga - anglies šaltiniu (durpėmis medžio pjuvenomis, šiaudais) ir mišinys yra tiekiamas į aeruojamą kompostavimo būgną, kuriame temperatūra dėl aktyvios mikroorganizmų veiklos pakyla iki 50 -70 °C. Sistema yra nuolat aeruojama, kontroliuojamas reikiamas temperatūros ir drėgmės kiekis. Aukštos kokybės galutinis produktas konvejerių pagalba transportuojamas į saugojimo vietą, kur vyksta tolimesnis jo brandinimas. Šiluma, atsiradusi nenutrūkstamo kompostavimo proceso metu gali būti atgaunama ir panaudota šildymo, džiovavimo ar kitais tikslais. Pagamintas kompostas yra švarus, birus, bekvapis ir higieniškas produktas [25].

Vienas svarbiausių intensyvaus kompostavimo technologijų teigiamų aspektų - automatinė drėgmės ir temperatūros kontrolė (Kliopova ir kt., 2013). Reikiamos temperatūros palaikymas kompostavimo metu –

pagrindinis faktorius, nulemiantis gaminamo komposto kokybę (ypač svarbi - termofilinė stadija (55-60°C), kai aktyvuojami termofiliniai mikroorganizmai (Tang ir kt., 2013, Li ir kt., 2013). Tinkamas aeravimas (deguonies padidėjimas) taip pat suaktyvina irimo procesą ir gerina komposto kokybę (Ahn ir kt., 2007). Teoriškai vertinama, kad kompostavimo proceso metu 1 m³ kompostuojamos medžiagos reikia paduoti apie 1 m³ oro. Kompostavimo proceso elektros energijos sąnaudos taip pat priklauso nuo gamintojo. Mokslinės literatūros šaltiniuose pateikti skirtingi energijos intensyvumo rodikliai, kurie daugiausia priklauso nuo įrangos gamintojo: 34–167 kWh/t apdorojamų BSA (Komilis ir kt., 2004, van Haaren ir kt., 2010).

Kompostuojant uždaroje įrenginiuose, susidarančios išlakos nuvedamos per biofiltrų sistemą, todėl sumažėja oro teršalų išlakų bei ŠESD emisijų, taip pat sumažėja kvapų intensyvumas (Clemens ir kt., 2003). Dar vienas uždaros kompostavimo sistemos privalumas - reikalingas nedidelis žemės plotas, palyginti su atviromis sistemomis – apie 0,1–0,2 m²/t BSA per metus (Cadena ir kt., 2009).

Raugo, susidariusio po anaerobinio atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) apdorojimo atviras kompostavimas kartu su ŽA

Prieš nukreipiant maisto / virtuvės atliekas (ŠGP) į anaerobinio apdorojimo įrenginius (fermentatorius), jos smulkinamos ir pasterizuojamos pagal reikalavimus, nustatytus Komisijos reglamento (ES) Nr. 142/2011 V priedo I skyriaus 1 skirsnyje [6].

Po anaerobinio apdorojimo gaunamas raugas dėl galimos taršos NH₄, CH₄, CO₂, N₂O, negali būti iš karto naudojamas žemės ūkyje tręšimo tikslams, o turi būti iki kelių mėnesių stabilizuojamas (Paavola ir kt., 2008). Raugas gali būti tiesiogiai naudojamas laukų tręšimu tik tuo atveju, kai C:N santykis yra mažesnis nei 20 (Wood, 2008). Prieš stabilizavimą, raugas nuvandeninamas atskiriant skystąją (filtratas) bei kietąją (irimo atliekos (raugas)) frakcijas, kas palengvina jo sandėliavimą ar transportavimą (Bauer ir kt., Walsh ir kt., 2012).

Kompostuojant raugą, susidarantį po anaerobinio atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. ŠGP, apdorojimo, dėl jame susikaupusio didelio kiekio CH₄, į aplinką išsiskiria daugiau ŠESD, nei nepūdytų atliekų atveju (Maulini-Duran ir kt., 2013). Kompostuojant pūdytą biomasę (raugą) į aplinką išsiskiria iki 0,411 kg/t BSA CH₄ (European Commission, 2005, 2006a).

Skystoji frakcija – filtratas, turtingas N bei K elementais, gali būti tiesiogiai naudojamas laukų tręšimui (Gong ir kt., 2013), gražinamas atgal į bio – reaktorių (naujo atliekų srauto inokuliacijai bei atskiedimui) (Li ir kt., 2011) arba apdorojamas nuotekų valymo įrenginiuose (Mangwandi ir kt., 2013). Nuvandenintos irimo atliekos (raugas), turtingos OM ir P, kompostuojamos su įvairiomis struktūrinėmis BSA (pvz., žaliosiomis atliekomis) (Bustamante ir kt., 2013). Kai kuriais atvejais raugas, po organinės dalies stabilizavimo, naudojamas sąvartynų sluoksnių perdengimui, rekultivavimo darbams (Mouatet ir kt., 2010).

Remiantis mokslininkų Zeshan ir Visvanathan (2014) atliktų tyrimų rezultatais:

- Šalinant raugą sąvartynuose, dėl išsiskiriančio CH₄, kuris nėra surenkamas ar kitaip nuvedamas, sukeliamas globalinio šiltėjimo potencialas lygus 190 g CO₂ ekv./kg raugo.
- Paskleidžiant susidariusį raugą tiesiogiai laukuose (be papildomo stabilizavimo etapo), išsiskiriančių N₂O dujų sukeliamas globalinio šiltėjimo potencialas lygus 7,85 g CO₂ ekv./kg raugo. Tačiau įvertinama, kad šiuo atveju nebus naudojamos cheminės trąšos, kurių gamybos metu išsiskiriančių ŠESD sukeliamas

globalinio šiltėjimo potencialas yra 19,21 g CO₂ekv./kg raugo, t.y didesnis už laukuose paskleidžiamo raugo sukiamą globalinio šiltėjimo potencialą.

- Susidariusį raugą stabilizuojant (išlaikant iki kelių mėnesių) ir tik tada paskleidžiant laukuose išsiskiriančio CH₄sukeliamas globalinio šiltėjimo potencialas yra lygus 20 g CO₂ ekv./kg raugo (palyginimui, be stabilizavimo – iki 9 kartų didesnis), N₂O sukeliamas globalinio šiltėjimo potencialas taip pat sumažėja – iki 5,32 g CO₂ ekv./kg raugo. Toks raugo išlaikymas gali sumažinti išsiskiriančių ŠESD kieki iki 93 %. Tačiau laikymo (stabilizavimo) metu, dėl išsiskiriančio NH₄, rauge mažėja maistingųjų medžiagų (N, P dalies), tokiu būdu mažėja jo, kaip trąšos, vertė. Stabilizuojant raugą iki 3 mėn., P koncentracija sumažėja iki 40-57% (Paavola ir kt., 2008). Įvertinus papildomai naudojamų cheminių trąšų gamybos metu išsiskiriančių ŠESD sukiamą globalinio šiltėjimo potencialą, gaunamas didesnis poveikis klimato kaitai.

Metodika įvertinti maisto BSA biologinio apdorojimo poveikį aplinkos oro kokybei dėl susidaranciu teršalu klimato kaitai dėl ŠESD pateikta darbo 2.1 bei 2.3 skyriuose. Taikant šią metodiką, Lietuvoje ir kitose Europos šalyse žinomoms BSA aerobinio apdorojimo technologijoms nustatyti ir tarpusavyje palyginti oro teršalų ir ŠESD emisijų faktoriai (oro teršalo / ŠESD kiekis, kg/t BSA), vertinant tiesioginį (iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių) ir netiesioginį poveikį (dėl papildomos energijos sąnaudų arba dėl perteklinės energijos gamybos) aplinkai.

1.3. Lentelė Mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatai: oro teršalų bei ŠESD emisijų faktoriai kompostuojant maisto pramonės BSA

Nr.	Taikomos maisto pramonės BSA, įsk. ŠGP aerobinio apdorojimo technologijos	Oro teršalai ir ŠESD	Taikomi teršalų emisijų faktoriai pagal literatūros analizės rezultatus	Energijos ir kuro sąnaudos
1.	Atskirai surinktų maisto atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) kompostavimas su priverstiniu oro padavimu (atviros sistemos).	NH₃	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Dimitris ir kt. (2006) - 34 - 41 g / kg SM BSA (NH₃ išmetimai sudaro 61-65% nuo bendro N kiekio). ▪ Pagal Eunomia (2002, 2007) -371 g /t BSA. ▪ Pagal Arcadis (2010) – 1,04 kg/t BSA. ▪ Pagal Gronauer ir kt. (1997) – 530 g/t BSA. 	Pagal van Haaren ir kt. (2010) bendros energijos sąnaudos - 29 kWh /t BSA, kur: <ul style="list-style-type: none"> • Šil.energijos - 20.59 kWh/t BSA • Elektros energijos sąnaudos -8.41 kWh/t BSA Pagal Boldrin ir kt. (2009) : <ul style="list-style-type: none"> ▪ Šil.energijos - 4-60 kWh/t BSA ▪ Elektros energijos sąnaudos - 0.023 –19.7 kWh/t BSA
LOJ	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal JK Aplinkos agentūros duomenis (2000) – 24g/tBSA. ▪ Pagal Zhe Ni ir kt. (2014)- 21,748.2–31,283.3 μg/m³. 			
ŠESD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ CO₂: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Dimitris ir kt. (2006) - 360 -370 g / kg BSA SM. ▪ CH₄: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Schleiss (1999) - 11,1 kg/t BSA (atviras kompostavimas aruoduose be biofiltrų). ▪ Pagal Amlinger ir kt. (2008) - 50-600 g/t BSA. ▪ N₂O: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Eunomia (2002, 2007): 12-114 g /t BSA SM. ▪ Pagal Grontmij ir kt. (2004) – 0,101 kg /t BSA. ▪ Pagal Gronauer ir kt. (1997) – 0,150 kg /t BSA. 			
2.	Atskirai surinktų maisto atliekų (ŠGP), įskaitant iš maisto pramonės, kompostavimas, naudojant plėvelę (su priverstiniu oro padavimu).	NH₃	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal C. Guan NG ir S. Yusoff (2015) - 0.004 % nuo bendro išsiskiriančio N kiekio (nuo 0.005-0.012 kg/t BSA). 	Pgal van Haaren ir kt. (2010) bendros energijos sąnaudos - 18.3 kWh /t BSA, kur: <ul style="list-style-type: none"> • Šil.energijos - 15 kWh/t BSA. • Elektros energijos sąnaudos - 3,3 kWh/t BSA. Pagal Fricke ir kt. (2005) bendros energijos sąnaudos, esant priverstiniam sustiprintam aeravimui gali siekti - 30-60 kWh /t BSA. Pagal Boldrin ir kt. (2009): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Šil.energijos - 4-60 kWh/t BSA. ▪ Elektros energijos sąnaudos - 0.023 –19.7 kWh/t BSA. Pagal Eunomia (2007): <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyz. kuro sąnaudos – iki 0,8-1,7 l/t BSA.
CO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal C. Guan NG ir S. Yusoff (2015) - 0,0015 – 0,0016 kg/t BSA (iki 1 % nuo bendro išsiskiriančio C kiekio). ▪ Pagal Schleis (1999) ir Eunomia (2007)– 0,069 kg/t BSA (po biofiltro). 			
LOJ	Pagal JK Aplinkos agentūros duomenis (2000) – 24 g/t BSA.			
ŠESD	<ul style="list-style-type: none"> ▪ N₂O: <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal C. Guan NG ir S. Yusoff: (2015) – 0,00003-0,00007 kg/kg BSA arba 0,03 – 0,07 kg/t BSA (iki 6.3 % nuo bendro išsiskiriančio N kiekio). ▪ Pagal Eunomia (2002, 2007) - 0,0011 g/t BSA. ▪ Pagal Grontmij ir kt. (2004) – 0,0101 kg /t BSA. ▪ Pagal Gronauer ir kt. (1997) – 0,015 kg /t BSA. ▪ Pagal C. Guan NG ir S. Yusoff: (2015) – 0,0058 – 0,0066 kg/kg BSA arba 5,8 kg/t – 6,6 kg/t (iki 4 % nuo bendro išsiskiriančio C kiekio). ▪ Pagal Schleiss (1999) ir Eunomia (2007) –2,7- 5,4 kg/t BSA. ▪ CO₂: 			

			<p>Pagal C. Guan NG ir S. Yusoff (2015) - 0,139-0,158 kg/kg BSA (95 % nuo bendro išsiskiriančio C kiekio).</p> <p>Pagal Eunomia (2007), Bakky ir kt. (2003), plėvelės naudojimo efektyvumas (lyginant su atviruoju kompostavimu) ŠESD atžvilgiu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CH₄ sumažėja iki 50 %; ▪ N₂O sumažėja iki 90 %. 	
3.	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) intensyvus uždaras kompostavimas susidarymo vietoje (su biofiltru).	NH₃	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Gronauer et al. (1997) – 0,53 kg /t BSA (be filtro) ir iki 0,0264 kg /t BSA (po biofiltro išvalymas iki 95 %). 	<p>Pagal Eunomia (2007):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Dyz. kuro sąnaudos – iki 0,8-1,7 l/t BSA; ▪ Elektros energijos sąnaudos – 50-75 kWh/t BSA.
		CO	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Schleis (1999) ir Eunomia (2007)– 0,069 kg/t BSA (po biofiltro); 	
		LOJ	<p>Pagal JK Aplinkos agentūros duomenis (2000) – 24 g/t BSA, kur:</p> <ul style="list-style-type: none"> - m,p Xylene [108-38-3; 106-42-3] – 0,81 g/t BSA; - Nonane [111-84-2] – 0,44 g/t BSA; - Xylene [95-47-6] – 0,54 g/t BSA; - Beta.-Pinene [127-91-3] – 3,7 g/t BSA; - Ocimene [13877-91-3] – 3 g/t BSA; - D-Limonene [5989-27-5] – 10,5 g/t BSA; - Undecane [1120-21-4] – 2,4 g/t BSA; - Dodecane [112-40-3] – 1,2 g/t BSA; - Methyl-(methylethyl)-Cyclohexane [99-82-1] – 1,5 g/t BSA. 	
			<p>Pagal Baky ir Eriksson (2003), Eunomia (2007), biofiltrų naudojimo efektyvumasteršalų atžvilgiu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ NH₃ atveju sumažėja 95- 99 % ▪ LOJ atveju sumažėja iki 50 % 	
		ŠESD	<p>CH₄:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Schleiss (1999) ir Eunomia (2007) - 5,4 kg/t BSA (be biofiltro) ir iki 0,983 kg/t BSA (su biofiltru) (išvalymo efektyvumas – iki 82 %); ▪ Pagal Grontmij ir kt. (2004) - 0,195 kg/t BSA (po biofiltro); <p>N₂O</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Gronauer ir kt. (1997) – 0,15 kg /t BSA. <p>Pagal Baky ir kt. (2003), Eunomia (2007) biofiltrų naudojimo efektyvumas ŠESD atžvilgiu:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ CH₄ sumažėja iki 50 %; ▪ N₂O sumažėja iki 90 %. 	
4.	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) intensyvus uždaras kompostavimas	NH₃	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Pagal Gronauer ir kt. (1997) – 0,53 kg /t BSA (be filtro) ir iki 0,0264 kg /t BSA (po biofiltro išvalymas iki 95 %). ▪ Pagal Eunomia ir kt. (2002) - 371 g /t BSA (be filtro). 	<p>Pagal van Haaren ir kt. (2010):</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Elektros energijos sąnaudos – 55 kWh/t BSA. <p>Pagal Komilis ir kt. (2004):</p>

	(tuneliuose arba konteineriuose), naudojant biofiltrus.	ŠESD	<p>CH₄:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pagal Amlinger ir kt. (2008) – 0,816-1,132 g/t BSA, naudojant biofiltrus – 0,69-0,96 (maksimalus sumažėjimas – iki 15 %). <p>N₂O:</p> <ul style="list-style-type: none"> Pagal Arcadis (2010) - 478 g/t BSA (po biofiltro). Pagal Grontmij ir kt. (2004) - 0,101 kg/t BSA (po biofiltro). 	<ul style="list-style-type: none"> Elektros energijos sąnaudos – 99-167 kWh/t BSA, įsk. BSA paruošimą, kvapų kontrolę, kt. mechaninius procesus. <p>Pagal Arcadis ir kt. (2010):</p> <ul style="list-style-type: none"> Dyz. kuro sąnaudos – iki 0,3 l/t BSA; Elektros energijos sąnaudos – 4 kWh/t BSA.
5.	Raugo, susidariusio po anaerobinio atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. ŠGP apdorojimo atviras kompostavimas kartu su ŽA.	ŠESD	<ul style="list-style-type: none"> Pagal IPPC BREF (European Commission, 2005, 2006a), pūdytos biomasės kompostavimo atveju: CH₄ - 0 – 0,411 kg/t BSA; N₂O - iki 0,11 kg/t BSA 	

1.4 Naujos maisto pramonės BSA, įsk. ŠGP, aerobinio apdorojimo technologijos

Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų (ŠGP) intensyvus uždaras kompostavimas susidarymo vietoje

Jeigu maitinimo ir/ arba apgyvendinimo įstaiga turi papildomas patalpas arba uždara aikštelę, susidariusios negyvulinės kilmės BSA ir gyvulinės kilmės BSA (3-čios kategorijos ŠGP) gali būti kompostuojamos vietoje, naudojant uždarus intensyvaus kompostavimo įrenginius. Juose vykdomas kompostavimo procesas - pilnai automatizuotas (Kliopova, 2016, Staugaitis ir kt., 2016, Staniškis ir kt., 2017). Pagamintas kompostas gali būti naudojamas viešojo maitinimo, apgyvendinimo įstaigų nuosavoms reikmėms – teritorijai apželdinti.

Maitinimo įstaigose plačiausiai naudojamos dvi maisto / virtuvės atliekų, įsk. ŠGP, intensyvaus kompostavimo technologijos [25]:

- 2-jų kamerų intensyvaus kompostavimo įrenginiai, kuriuose kompostas pagaminamas per apytiksliai 4 savaites;
- intensyvaus kompostavimo įrenginiai, kuriuose maisto atliekos (kaip sausos, taip ir skystos) kompostuojamos, veikiant mikroorganizmams. Tokiose įrenginiuose pirminis kompostas gaminamas per 24 val.

Pirmosios technologijos pavyzdžiu gali būti gamintojo „Joraform“ 2 – jų kamerų pramoninis kompostavimo įrenginys, pvz., JK5100, skirtas kompostuoti sausas maisto atliekas, įsk. ŠGP, (iki 16-17 t /m.). Šiame kompostavimo įrenginyje lengvai pasiekama termofilinės stadijos temperatūra (>70 °C), todėl jame galima kompostuoti ne tik maisto žaliąsias atliekas, bet ir mėsos, žuvies likučius (Joraform, Greenlita). Įrenginyje negalima kompostuoti skysčių (sriubų, pieno ir kt.), kačių kraiko, dulkių siurblio maišelių, laikraščių ir kitos spausdintos medžiagos, dažytos arba impregnuotos medienos, medžiaginių maišų, pelenų, kreidos, žemės, cigarečių nuorūkų, tabako [25].

Pirmoje kameroje 2 savaitių bėgyje gaminamas pirminis kompostas. Antroje kameroje vykdomas brandinimo procesas, po kuriuo gaunamas kokybiškas bei vertingas kompostas. Įrenginio elektros energijos sąnaudos maišymo ir temperatūros palaikymo procesams siekia 900– 1300 kWh/m.(Joraform).

Antrosios technologijos pavyzdžiu gali būti gamintojo „OKLIN“ intensyvaus kompostavimo įrenginiai „GreenGood“, kuriuose veikiant ACIDULO mikroorganizmams, kompostuojamos kaip sausos, taip ir skystos atliekos, įsk. ŠGP. Šiame įrenginyje mikrobiologinės taršos naikinimas, esant 75 °C temperatūrai užtrunka tik 1 valandą. Tokiu būdu kompostas gaminamas jau per 24 val. Atliekų tūris sumažėja nuo 50 iki 80 %, priklausomai nuo BSA drėgnumo [22] (Kliopova, 2016, Staniškis ir kt., 2017).

Oro teršalai (NH₃, LOJ, CO) ir ŠESD išvalomi granulių anglies filtru ir gali būti nukreipti į aplinkos orą (per ventiliacijos sistemą) arba į buitinių nuotekų tinklus (Kliopova, 2016). Išvalymo efektyvumas siekia nuo 50 iki 99 %. Todėl suminis išmetimų teršalų kiekis neviršija 0,1 kg/t BSA (Eunomia ir kt, 2002; Boldrin ir kt., 2009). Elektros energija naudojama maišymui ir reikiamos temperatūros (iki 75 °C) palaikymui.

Esant galimybėms, komposto brandinimas gali būti vykdomas vietoje, pagamintas kompostas gali būti naudojamas tiesiogiai tręšimo tikslams. Pirminis kompostas gali būti perduodamas tolimesniam brandinimui žaliųjų atliekų tvarkytojams (į ŽAKA), taip didinant žaliųjų atliekų komposto vertę (Kliopova, 2016). Žaliųjų atliekų komposte organinių medžiagų kiekis yra nuo 8,5 iki 28,6 %, tuo tarpu intensyvaus kompostavimo įrenginyje pagaminto ir vieno mėnesio brandinto komposto organinių medžiagų kiekis yra didesnis nei 77 % SM (Staugaitis ir kt., 2016).

2016 m. APINI mokslininkai atliko eksperimentą Palangos miesto kavinėje, kurioje buvo analizuojamas komposto iš maisto BSA gamybos procesas „OKLIN“ intensyvaus kompostavimo įrenginiuose „GreenGood“, veikiant ACIDULO™ mikroorganizmams. Eksperimentas truko apyt. 2 mėnesius. Vieno mėnesio bėgyje, kiekvieną dieną kavinės veikloje susidarančios atliekos buvo kompostuojamos įrenginyje GG 10s ir surenkamos į plastikinę talpą. Įvertinta, kad iš 760 kg įvairių BSA (daržovių, žalios mėsos, žuvies produktų bei patiekalų liekanų, pieno produktų, arbatos, kavos ir kt. produktų likučių) buvo pagaminta apytiksliai 220 l pirminio komposto, kuris sekančio mėnesio bėgyje buvo brandinamas atvirai šalia kavinės esančioje teritorijoje. Remiantis gautais rezultatais, tokių įrenginių įdiegimas viešosiose maitinimo įstaigose turi ne tik aplinkosauginę naudą, bet ir ekonominę. Šis projektas leistų kavinei per metus sutaupyti iki 3150 Eur. ŠGP tvarkymo kaštai yra iki 4 kartų didesni, negu komunalinių atliekų (KA). „GreenGood“ įrenginiuose šios atliekos paverčiamos žaliava (vertingu kompostu), t.y. į metus būtų eliminuojama iki 10 t atliekų, kurių 70 % - ŠGP. Tokio projekto atsipirkimo trukmė – 3-4 metai (Kliopova, 2016). Todėl galima teigti, kad toks atliekų mažinimas jų sukūrimo šaltinyje, gaminant naują produktą yra švaresnės gamybos (ŠG) inovacija maitinimo įstaigoms.

1.5 Poveikis oro kokybei dėl teršalų susidarymo

Pagrindiniuose BSA apdorojimo technologiniuose procesuose susidaro NH_3 , LOJ, CO, KD, H_2S , papildomuose – NO_x , SO_2 .

Amoniakas (NH_3) – dujinis azoto ir vandenilio junginys -bepalvės, nuodingos, sprogios, aštraus kvapo dujos, vienas iš rūgštelį sukeliančių teršalų. Pasižymi suminiu poveikiu, kai išmetimai susidaro ūkiniuose veiklose kartu su SO_2 ir NO_x (HN 35:2007).

Lakiaisiais organiniais junginiais (LOJ) laikomos medžiagos, susidedančios iš anglies, deguonies, vandenilio, halogenų ir pan. atomų (išskyrus CO ir neorganinius metalų karbidus), kurių virimo temperatūra yra mažesnė nei 250°C (esant normaliam atmosferos spaudimui) [16,17]. Esant ultravioletiniam spinduliavimui, grandinių reakcijų metu LOJ dalyvauja antrino teršalo - troposferos (priežemio) ozono susidaryme, kuris neigiamai veikia visus planetos gyvus organizmus [15].

Anglies monoksidas (CO) yra bespalvės, bekvapės, beskonės, degios, toksinės dujos. CO išlakos formuojasi degimo procesų metu arba oksiduojantis angliavandeniliams bei kitiems organiniams junginiams. Esant didesnei koncentracijai, šios išlakos kelia pavojų žmonių sveikatai, kadangi stabdo deguonies pernešimą kraujyje. CO atmosferoje išsilaiko apie mėnesį, po to šis junginys oksiduojasi į anglies dioksidą (CO_2) [17].

Kietosios dalelės (KD) – kybantys ore mikroskopinės KD ir skysčio lašeliai besiskiriantys savo dydžiu, fizine ir chemine sudėtimi. Skirtingi ir jų išmetimo šaltiniai. KD_{10} ir $KD_{2,5}$, kurių dydis ore yra mažesnis nei $10\mu\text{m}$ ir $2,5\mu\text{m}$ atitinkamai, į aplinką patenka 2 būdais: tiesiogiai (deginant kurą, atliekant mechaninį smulkinimą) bei netiesiogiai. Antruoju atveju KD formuojasi atmosferoje, tarpusavyje reaguojant kitiems teršalams, pvz. SO_2 , NO_x ir NH_3 , kurie dalyvauja kietų sulfatų ir nitratų bei LOJ susidaryme. Šiems junginiams oksiduojantis susidaro organiniai aerosoliai- dujų ir jose plūduriuojančių skystų ir kietų dalelių mišinys [17]. Lyginant su dujų koncentracijomis KD koncentracija atmosferoje yra maža, tačiau šios dalelės lemia daug svarbių atmosferos savybių. Pavyzdžiui, KD nulemia šviesos sklaidą ir sugertį, nuo ko tiesiogiai priklauso matomumas, taip pat, dėl savo katalinių savybių, kai ant jų paviršiaus adsorbuojasi dujos, KD gali skatinti kai kuriuos svarbius oksidacijos procesus. Patekusios į orą, stambesnės KD po kelių valandų nusėda netoli šaltinio vietos, tuo tarpu smulkios ($KD_{2,5}$) išlieka ore daug ilgesnį laiką ir gali būti nunešamos vejo toliau nuo emisijos vietos. KD dėl savo gebėjimo prasiskverbti giliai į plaučius ir patekti į kraują, priskiriamos prie pirmos grupės kancerogeninių medžiagų [27].

Vandenilio sulfidas (H_2S) – tai bespalvės, labai nuodingos, degios dujos. Šis junginys susidaro yrant organiniams junginiams be deguonies (puvimo, rugimo metu) kartu su metanu (CH_4), anglies dvideginiu (CO_2) bei amoniaku (NH_3). Dėl nuolatinio arba dažno poveikio H_2S koncentracijomis, sutrikdomas deguonies perdavimas gyvoje ląstelėje, todėl šios dujos yra labai pavojingos žmonių sveikatai [28].

Azoto oksidai - azoto oksidas (NO) ir azoto dioksidas (NO_2) formuojasi degimo procesu metu (vidaus degimo varikliuose, elektrinėse, pramoniniuose procesuose), azotui oksiduojantis ore arba kure. Azoto monoksidas (NO) - labai reakcingos dujos, su deguonimi formuojančios azoto dioksidą (NO_2). Azoto dioksidas (NO_2) – rausvai rudos toksiškos dujos. NO_2 sugeria ultravioletinius saulės spindulius ir dalyvauja antrino teršalo - troposferos (priežemio) ozono formavimosi procese. Taip pat NO_2 , reaguodamas su aplinkos drėgme, sudaro azoto rūgštis, kas nulemia rūgščiųjų kritulių susidarymą. Nuolatinis arba dažnas poveikis NO_2 koncentracijomis, kurios yra daug didesnės nei aptinkamos normaliai aplinkos ore, sukelia kvėpavimo takų susirgimus [17].

Sieros dioksidas (SO_2) yra aštraus kvapo bespalvės dujos, pagrindinis sieros junginių (sieros turinčio organinio kuro, dažniausiai anglies ir naftos produktų) degimoproduktas. Šios dujos atmosferoje jungiasi su vandens garais ir chemiškai pakinta į rūgštis, formuojant rūgščiuosius lietus, taip pat skatinant eutrofikacijos procesus. SO_2 kartu su NO_x dalyvauja antrino teršalo - troposferos (priežemio) ozono formavimosi procese. Nuolatinis arba dažnas poveikis SO_2 koncentracijomis, kurios yra daug didesnės nei aptinkamos normaliai aplinkos ore, sukelia gyvųjų organizmų plaučių funkcijos pablogėjimą. Esant aplinkos ore didesnėms kietųjų dalelių (KD) ir kitų teršalų koncentracijoms, tarša SO_2 yra žymiai pavojingesnė [16,17].

Apibendrinant informaciją apie BSA tvarkymo metu susidariusių teršalų poveikį aplinkai, galima pasakyti, kad NH_3 , LOJ, NO_x , SO_2 - teršalai, sukeliantys rūgštėjimo, eutrofikacijos procesus. Rūgštieji lietūs, kurių pH gali nukristi iki 4,5, ypač pavojingi jautrioms ekosistemoms. Dėl sumažėjusio pH,

sutrikus vandens ekosistemų pusiausvyrai (fitoplanktono augimo sulėtėjimas, kvėpavimo sąlygų pablogėjimas), daugelis žuvų populiacijų gali žūti. Dėl rūgščių poveikio sulėtėja medžių šaknų augimas, jie tampa jautresni šalčiui, vabzdžiams, susilpnėja fotosintezės vykdymas. Rūgštusis lietus gali smarkiai paveikti dirvožemį. Daugelis mikroorganizmų dėl fermentų denatūravimo neišgyvena. Natūralius eutrofikacijos (ekosistemos kitimo) procesus paspartina antropogeninė veikla. Oro teršalai (SO_2 , NO_x , LOJ) sugrįžta į dirvožemį bei vandenį su krituliais ir nulemia pokyčius ekosistemose - rūšių įvairovės nykimą [29].

NO_x , SO_2 bei LOJ fotocheminių reakcijų metu dalyvauja antrino teršalo - troposferos (priežemio) ozono formavimosi procese. Priežemio ozonas vadinamas „bloguoju“, kadangi jis neigiamai veikia gyvųjų organizmų veiklą, pažeisdamas gyvųjų organizmų audinius, lėtindamas augimo procesus, sutrikdo fotosintezės procesus [15].

1.6 Poveikis klimato kaitai dėl ŠESD susidarymo

Didžioji šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) dalis susidaro natūraliai. Tačiau, prasidėjus industrializacijai, atmosferoje pradėjo kauptis antropogeninės dujos, praleidžiančios saulės spindulius, tačiau sulaikančios šilumą, sklindančią nuo žemės paviršiaus, kas nulėmė temperatūros padidėjimą – klimato kaitą.

Vandens garai (H_2O) - pagrindinės ŠESD, lemiančios apie 2/3 natūralaus šiltnamio efekto. Vandens garai, sugerdami saulės spinduliuojamą bei žemės atspindėtą šilumą, pamažu ją atiduoda į aplinką. Dėl antropogeninės veiklos vandens garų atmosferoje nedaugėja, tačiau šiltėjant orams, didėja drėgmės sulaikymas, kas sustiprina klimato kaitą [20].

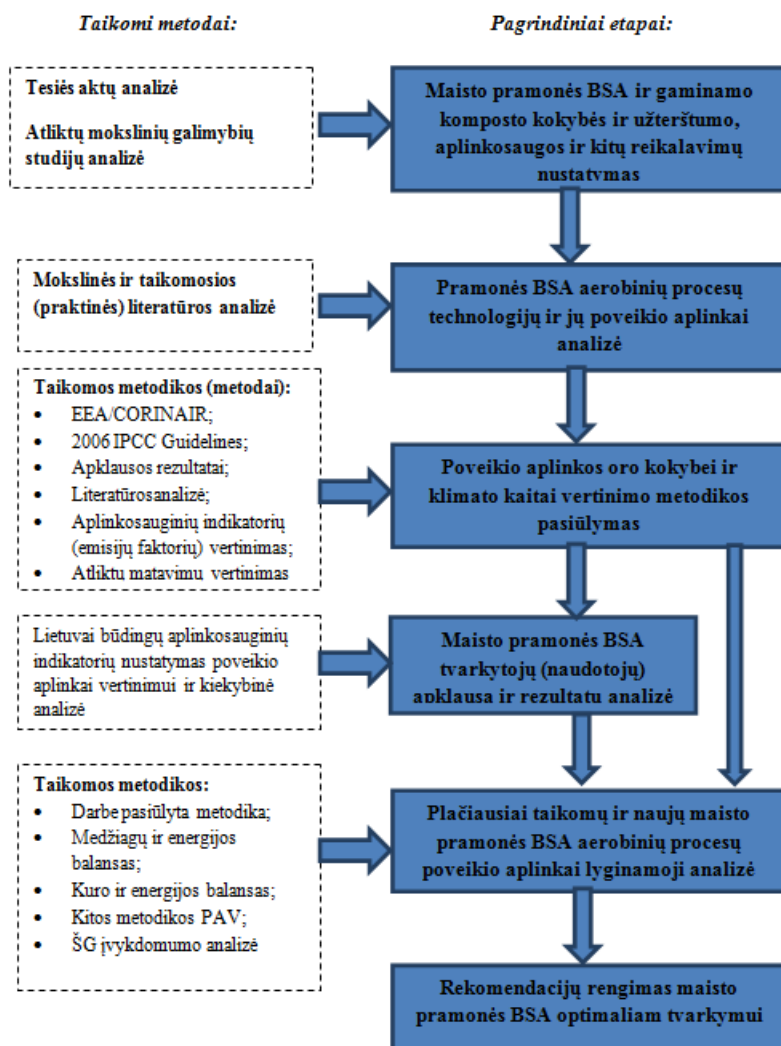
Anglies dioksidas (CO_2) - atmosferos dujos, susidarančios oksiduojantis CO. Visame pasaulyje dėl CO_2 išmetimo į atmosferą sukeliama per 60 % sustiprinto šiltnamio efekto, šalyse, kuriose stipri pramonė - daugiau kaip 80 %. Atmosferoje CO_2 gali išbūti 50–200 metų, priklausomai nuo to, kaip jis pakartotinai grąžinamas į žemę arba į vandenynus [17].

Metanas (CH_4) išsivysčiusiose pramonės šalyse sudaro apie 15% ŠESD emisijų. Šios dujos išsiskiria kaip natūraliai - iš bakterijų, mintančių organinėmis medžiagomis, esant deguonies trūkumui, taip ir dėl antropogeninės veiklos (iškastinių dujų kasimas ir deginimas, organinių atliekų tvarkymas, kt.). Daugiausia metano išskiria atliekos, irdamos sąvartynuose, nuo gyvulininkystės, anglies kasybos, gamtinių dujų ir naftos gavybos veiklų. Metano išlakos įtakoja šiltnamio efektą iki 21 - 25 kartų stipriaupalyginti su CO_2 dujomis, tačiau šios emisijos trumpiau išbūna atmosferoje - iki 10–15 metų [17].

Azoto suboksidas (N_2O) natūraliai išsiskiria iš vandenynų, atogrąžų miškų, dirvoje gyvenančių bakterijų. Pagrindiniai antropogeninės veiklos N_2O šaltiniai: azoto turinčios trąšos, iškastinio kuro deginimas, chemijos pramonė, organinių atliekų tvarkymas. Šios dujos sudaro iki 6% ŠESD emisijų. N_2O įnašas į šiltnamio efektą yra iki 310 kartų didesnis nei CO_2 [17].

2. TYRIMO METODIKA

Magistro baigiamajame darbe atliekamų tyrimų algoritmas pateiktas 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Magistro baigiamajame darbe atliekamų tyrimų algoritmas ir naudojami metodai

2.1 Oro teršalų vertinimas maisto atliekų biologinio apdorojimo metu

Kompostavimo proceso metu į aplinkos orą išsiskiriančių teršalų kiekio vertinimui naudojama formulė, kuri pateikta Europos aplinkos agentūros EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadove (toliau tekste – CORINAIR vadovas) 5.B.1 skyriuje „*Biologinis atliekų apdorojimas – kompostavimas*“.

$$E_{\text{teršalo}} = AR_{\text{gamybos}} \times EF_{\text{teršalo}} \quad [1]$$

čia

$E_{\text{teršalo}}$ - oro teršalų išlakų kiekis, kg;

AR_{gamybos} – sukompostuotų BSA kiekis, t;

$EF_{\text{teršalo}}$ – teršalo emisijų faktorius.

Darbe siūloma nagrinėti ne tik tiesioginį, bet ir netiesioginį poveikį aplinkos oro kokybei dėl papildomų energijos sąnaudų kompostavimo metu (nevertinant maisto atliekų transportavimo iki apdorojimo vietos):

Tiesioginis poveikis:

- Iš stacionarių organizuotų ir neorganizuotų oro taršos šaltinių:
 - atliekas smulkinant (KD),
 - atliekas laikinai saugant (NH₃),
 - atliekas kompostuojant ((NH₃, CO, NMLOJ, H₂S, KD),
 - anaerobinio apdorojimo įrenginiuose deginant pagamintas biodujas KJ (NO_x, CO, NMLOJ, SO_x, KD);
- Iš mobilių oro taršos šaltinių dėl dyzelinio kuro sąnaudų (CO, NO_x, NMLOJ, NH₃, KD, SO₂):
 - BSA pakrovimui,
 - BSA vartymui kaupuose,
 - pagaminto pirminio komposto perkovimui į brandinimo vietą,
 - pagaminto pirminio komposto / komposto siojijimui.

Netiesioginis poveikis:

- dėl papildomų elektros ir/arba šiluminės energijos sąnaudų maisto atliekų apdorojimui:
 - ŠGP atveju, jeigu pasirenkamas atviras kompostavimas, šios maisto atliekos prieš kompostavimą turi būti pasterizuojamos,
 - uždaro intensyvaus kompostavimo atveju – atliekų vartymui, oro paruošimui ir padavimui, kt. (didžiausias energijos kiekis naudojamas tikslu sutrumpinti mezofilinės stadijos trukmę ir greičiau pasiekti termofilinę stadiją).

Teršalo emisijų faktorių ($EF_{\text{teršalo}}$, kg vienai tonai BSA apdoroti (kg/t BSA)) siūloma vertinti pagal šią formulę:

$$EF_{\text{teršalo}} = EF_k + EF_{\text{d.k.}} + EF_{\text{l.}} \pm EF_{\text{el.en.}} \pm EF_{\text{s.en.}} \quad [2]$$

čia

EF_k - teršalo nuo BSA kompostavimo proceso emisijų faktorius, kg/t BSA;

$EF_{\text{d.k.}}$ - teršalo dėl dyzelinio kuro sąnaudų emisijų faktorius, kg/t BSA;

$EF_{\text{l.}}$ - NH₃ nuo BSA (ar raugo) laikino laikymo prieš kompostavimą, kg/t BSA;

$EF_{\text{el.en.}}$ – teršalo dėl papildomos elektros energijos sąnaudų, kg/t BSA;

$EF_{\text{s.en.}}$ – teršalo dėl papildomos šiluminės energijos sąnaudų, kg/t BSA;

$EF_{\text{el.en.}}$ ir $EF_{\text{s.en.}}$ sumuojamas tuo atveju, jeigu naudojama energija, pagaminta iš neatsinaujinančių energijos šaltinių (pvz., Lietuvos atveju – deginant gamtines dujas);

$EF_{\text{el.en.}}$ ir $EF_{\text{s.en.}}$ atimamos dėl poveikio sumažėjimo tuo atveju, jeigu naudojama energija, pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių ir susidaro perteklinės energijos, kuri tiekama kitiems procesams (ne BSA apdorojimui) (BSA fermentavimo įrenginiuose, kuriuose gautas raugas toliau kompostuojamas).

Darbe teršalo nuo BSA kompostavimo proceso emisijų faktoriaus (EF_k , kg/t BSA) vertinimui taikomi 3 metodai:

1 metodas - pagal CORINAIR vadovo 5.B.1 skyriuje pateiktus emisijų faktorius (bendrai visoms BSA) (žr. 2.1.1 lentelę);

2 metodas - pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.3.1 lentelę);

3 metodas - pagal Lietuvoje atliktų matavimų (apklausos) rezultatus (žr. 3.1.1 lentelę).

Analizuojant šalies situaciją, metodų taikymo prioritetas būtų: 3 metodas, 2 metodas ir 1.

Pavyzdžiui, emisijų faktoriai kompostuojant maisto atliekas kartu su žaliosiomis atliekomis po Goretex plėvele:

- apklausos duomenimis: EF_{kNH_3} - iki 0,0041 kg/t BSA, EF_{kKD} - 0,0061kg/t BSA (*krovimo ir kaupimo formavimo metu*);
- iš mokslinės literatūros šaltinių (žr. 1.3.1 lentelę): EF_{kNH_3} – nuo 0,005 iki 0,012 kg/t BSA, EF_{kLOJ} - iki 0,024 kg /t BSA, EF_{kCO} - iki 0,069 kg /t BSA;
- pagal CORINAIR vadovą: EF_{kNH_3} – iki 0,0072 kg/t BSA (vertinant sumažėjimą iki 97 proc.).

Tolimesniam vertinimui parenkami emisijų faktoriai:

- EF_{kNH_3} - iki 0,0041 kg/t BSA,
- EF_{kLOJ} - iki 0,024 kg /t BSA,
- EF_{kCO} - iki 0,069 kg /t BSA,
- EF_{kKD} -iki 0,0061 g/t BSA.

Teršalo, kuris susidaro vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, emisijų faktorius (EF_k , kg/t BSA) vertinamas pagal formulę, pateiktą CORINAIR vadovo 1A4 skyriuje „*Ne kelių mobiliosios mašinos*“:

$$EF_{d.k.} = FC_{kuro} \times EF_{t.k.}, \quad [3]$$

čia

FC_{kuro} – dyzelinio kuro sąnaudos (šiuo darbo atveju – vienai t BSA apdoroti, t/t);

$EF_{t.k.}$ – oro teršalo emisijų faktorius (kg/t kuro); plačiausiai Lietuvoje naudojamo - dyzelinio kuro atveju pateiktas 2.1.1 lentelėje.

Dyzelinio kuro sąnaudos vertinamos naudojant 2 metodus:

- 1 pagal apklausos rezultatus Lietuvoje (žr. 3.1.1 lentelę);
- 2 pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.3.1 lentelę).

Pavyzdžiui, apklausos metu nustatyta, kad dyzelinio kuro sąnaudos kompostuojant maisto atliekas po plėvele – iki 1,5 l/t BSA arba iki 1,26 kg/t (priimant tankį – 0,84 kg/l). Pagal literatūros analizės rezultatus: nuo 0,8 iki 1,7 l/t BSA.

Tolimesniam vertinimui parenkami emisijų faktoriai:

- $EF_{d.k CO} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 7,061 \text{ kg/t kuro} = 0,0089 \text{ kg/t BSA}$;
- $EF_{d.k NH_3} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 0,008 \text{ kg/t kuro} = 0,00001 \text{ kg/t BSA}$;
- $EF_{d.k NMLOJ} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 1,588 \text{ kg/t kuro} = 0,0020 \text{ kg/t BSA}$;
- $EF_{d.k NO_x} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 22,087 \text{ kg/t kuro} = 0,02783 \text{ kg/t BSA}$;
- $EF_{d.k KD} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 1,031 \text{ kg/t kuro} = 0,00130 \text{ kg/t BSA}$.

Teršalo dėl papildomos elektros energijos sąnaudų emisijų faktorius ($EF_{el.en}$, kg/t BSA) (kai energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos šaltinių) vertinamas pagal formulę, pateiktą CORINAIR vadovo 1A1 skyriuje „Energetikos pramonė“:

$$EF_{el.en} = FC_{kuro} \times Q_z \times EF_{t.k.} \times 10^{-3}, \quad [4]$$

čia

FC_{kuro} – elektros energijai pagaminti sunaudoto kuro (šio darbo atveju – gamtinių dujų) sąnaudos tūkst. nm^3 vienai tonai BSA apdoroti, $1000 m^3 / t$ BSA;

Q_z – kuro žemutinė šilumingumo vertė, GJ/t arba gaminių dujų atveju - GJ/1000 m^3 (vertinimui priimama reikšmė – 33,49 GJ/1000 m^3 arba 33,49 MJ/ m^3);

$EF_{t.k.}$ – oro teršalo emisijų faktorius (g/GJ kuro), kuris priklauso nuo naudojamo kuro ir technologijos (gamtinių dujų atveju pateikti 2.1.1 lentelėje).

Energijos sąnaudos vertinamos naudojant 2 metodus:

1 metodas - pagal apklausos rezultatus Lietuvoje (žr. 3.1.1 lentelę);

2 metodas - pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.3.1 lentelę).

Pavyzdžiui, apklausos metu nustatyta, kad kompostuojant maisto atliekas po plėvele papildomai sunaudojama elektros energijos - iki 29 kWh/t BSA. Pagal literatūros analizės rezultatus: nuo 3,3 iki 19,7 kWh/t BSA. Tolimesniam vertinimui naudojamas elektros energijos intensyvumas - iki 29 kWh/t BSA.

Naudojant informacijos šaltinyje (Staniškis ir kt., 2010) 4.2.6 poskyryje pateiktą formulę, vertinamos gamtinių dujų sąnaudos 29 kWh energijos pagaminti DKDĮ:

$$B = Q \times 3,6 / [Q_z \times \eta], \quad [5]$$

čia

B – kuro kiekis, t arba $1000 m^3$;

Q – pagamintas energijos kiekis, MWh (1 MWh = 3,6 GJ);

Q_z – kuro apatinė šilumingumo vertė, gamtinių dujų - 33,49 MJ/ m^3 ;

η – DKDĮ naudingumo koeficientas, priimame – 91 %.

$B = 0,029 \times 3,6 / [33,49 \times 0,91] = 3,426 nm^3$ – gamtinių dujų sąnaudos vienai tonai BSA apdoroti.

Tokiu būdu emisijų faktorius $EF_{el.en}$ lygus

$EF_{el.en.CO} = 0,003426 \text{ tūkst. } m^3 / t \text{ BSA} \times 33,49 \text{ GJ}/1000 m^3 \times 39 \text{ g}/\text{GJ} \times 10^{-3} = 0,00447 \text{ kg}/t \text{ BSA};$

$EF_{el.en.NMLOJ} = 0,003426 \text{ tūkst. } m^3 / t \text{ BSA} \times 33,49 \text{ GJ}/1000 m^3 \times 2,6 \text{ g}/\text{GJ} \times 10^{-3} = 0,0003 \text{ kg}/t \text{ BSA};$

$EF_{el.en.NOx} = 0,003426 \text{ tūkst. } m^3 / t \text{ BSA} \times 33,49 \text{ GJ}/1000 m^3 \times 89 \text{ g}/\text{GJ} \times 10^{-3} = 0,01021 \text{ kg}/t \text{ BSA};$

$EF_{el.en.KD} = 0,003426 \text{ tūkst. } m^3 / t \text{ BSA} \times 33,49 \text{ GJ}/1000 m^3 \times 0,89 \text{ g}/\text{GJ} \times 10^{-3} = 0,0001 \text{ kg}/t \text{ BSA};$

$EF_{el.en.SOx} = 0,003426 \text{ tūkst. } m^3 / t \text{ BSA} \times 33,49 \text{ GJ}/1000 m^3 \times 0,281 \text{ g}/\text{GJ} \times 10^{-3} = 0,00003 \text{ kg}/t \text{ BSA};$

2.1.1 lentelė Oro teršalų emisijų faktoriai pateikti CORINAIR vadove (CORINAIR)

	Oro teršalų emisijų faktoriai					
	CO	NH ₃	LOJ arba NMLOJ	NO _x	KD	SO _x
EF _k - žaliųjų atliekų kompostavimas be biofiltrų, kg/t BSA	0,56 (0,05 – 1)	¹ 0,66 (0,05 – 1)	-	-	-	-
EF _k - kitų BSA kompostavimas be biofiltrų, kg/t BSA	-	¹ 0,24 (0,1 – 0,7)	-	-	-	-
EF _{t,k} - vidaus degimo varikliuose deginant kurą, kg/t dyzelinio kuro	7,061	0,008	1,588	22,087	1,031	-
EF _{t,k} - DKDĮ deginant gamtines dujas, g/GJ kuro	39	-	2,6	89	0,89	0,281
EF _{t,k} - KJ deginant biodujas, g/GJ kuro	43	-	2,1	179	-	-

¹Pastaba: biofiltro arba plėvelės naudojimo efektyvumas: sumažina NH₃ išlakas nuo 70 iki 97 %.

Maisto atliekas kompostuojant po plėvele, kai procesas intensyvus, uždaras ir valdomas, papildomai šiluminės energijos maisto atliekų terminiam apdorojimui (pasterizavimui) nenaudojama, kadangi 70⁰C temperatūra pasiekama kompostavimo proceso termofilnės stadijos metu. Technologiškai turi būti numatyta, kad ši temperatūra yra išlaikoma min. 1 savaitę. Tokiu būdu reikalavimai, pateikti ŠGP reglamente, nepažeidžiami (ŠGP reglamentas).

Pagal CORINAIR vadove 5.B.2 skyriuje „*Biologinis atliekų apdorojimas – anaerobinis apdorojimas biodujų gamybos įrenginiuose*“ pateiktą metodiką, nemažai NH₃ susidaro BSA laikymo metu (prieš apdorojimą), taip pat laikant pagamintą raugą (po fermentavimo), jį sausinant, laikant atskirtą nusaustiną frakciją (prieš kompostavimą). Šiuo atveju NH₃ teršalo vertinimui naudojama formulė:

$$E_{1\text{NH}_3} = AR_{\text{žaliavos}} \times \sum EF_{\text{NH}_3\text{-Ni}} \times 17 / 14, \quad [6]$$

čia

AR_{žaliavos} – bendras N kiekis, kg N/t BSA, pvz. komunaliniuose BSA - 6,8; ŽA – 4,6; maisto atliekose – 5,1; mėšle – nuo 4,8 iki 17,5.

EF_{NH₃-Ni} – NH₃-N emisijų faktorius kiekvienam atviro laikymo technologiniams etapui, kg/kg N (žr. 2.1.2 lentelę).

2.1.2 lentelė NH₃-N emisijų BSA bei raugo apdorojimo metu faktorių priklausomybė nuo N kiekio BSA, kg/kg N (CORINAIR)

Atviro laikymo technologijos	NH ₃
	Numatytas
Žaliavų laikymas	0,0009
Raugo laikymas	0,0266
Raugo sausinimas (drėgnio atskyrimas)	0,0012
Atskirtos skystos masės laikymas	0,0116
Atskirtos sausos masės laikymas	0,0150

Pavyzdžiui, NH₃ kiekis nuo BSA (maisto ir žaliųjų atliekų mišinio) laikino laikymo prieš kompostavimą po Goretex plėvele lygus:

$$E_{\text{NH}_3} = (0,0051 + 0,0046) / 2 \times 0,0009 \times 17 / 14 = 0,00001 \text{ kg/kg BSA}$$

Taikant 2 formulę, randami bendri Lietuvai būdingi oro teršalų emisijų faktoriai maisto atliekas kompostuojant po plėvele, vertinant kaip tiesioginį poveikį aplinkai taip ir netiesioginį dėl energijos naudojimo:

$$EF_{\text{CO}} = 0,069 + 0,0089 + 0,00447 = 0,08237 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{NH}_3} = 0,0041 + 0,00001 + 0,00001 = 0,00412 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{LOJ}} = 0,024 + 0,0003 + 0,0020 = 0,0263 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{KD}} = 0,0061 + 0,0001 + 0,00130 = 0,0075 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{NO}_x} = 0,01021 + 0,02783 = 0,03804 \text{ kg/t BSA}.$$

$$EF_{\text{SO}_x} = 0,00003 \text{ kg/t BSA}.$$

Vertinimo patogumui Excel programoje sukuriama duomenų bazė. Ištraukos iš duomenų bazės pateiktos 5 priede.

Tuo atveju, jeigu energija gaminama pačiame BSA apdorojimo įrenginyje, visų pirmą vertinami emisijų faktoriai $EF_{t,k}$, kurie susidaro kogeneracinėje jėgainėje (KJ) deginant biodujas. Metodika pateikta CORINAIR vadovo 1A.4 skyriuje „*Deginimas nedideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose*“ A-21 lentelėje (žr. 2.1.1 lentelę). Tam naudojama 4 formulė.

Sekantis žingsnis – įvertinti, ar užtenka pagamintos alternatyvios energijos (ir elektros, ir šiluminės) BSA apdorojimui. Tuo atveju, jeigu neužtenka, vertinama, kad likusi papildomai sunaudojama energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos šaltinių (taikomos 4 ir 5 formulės). Jeigu susidaro perteklinės energijos, vertinama, kad šis energijos kiekis nebus pagamintas iš neatsinaujinančių energijos šaltinių, taip mažinant oro teršalų emisijas.

Pavyzdžiui, apklausos metu nustatyta, kad maisto pramonės įmonėse fermentuojant BSA susidaro iki 163 kWh/t BSA perteklinės elektros energijos ir iki 120 kWh/t BSA šiluminės energijos (bendrai – iki 283 kWh/t BSA). Perteklinė alternatyvi energija naudojama kituose maisto gamybos technologiniuose procesuose arba, jeigu tai atskiras maisto pramonės atliekų apdorojimo įrenginys, perteklinė energija perduodama į tinklus.

Jeigu ši energija būtų gaminama, DKDĮ deginant gamtines dujas, reikėtų sudeginti iki 0,0334 tūkst. m^3 gamtinių dujų (taikoma 5 formulė), ir į aplinkos orą patektų teršalų (taikoma 4 formulė):

$$EF_{\text{el.en. CO}} = 0,0334 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 33,49 \text{ GJ/1000 m}^3 \times 39 \text{ g/GJ} \times 10^{-3} = 0,0436 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{el.en. NMLOJ}} = 0,0334 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 33,49 \text{ GJ/1000 m}^3 \times 2,6 \text{ g/GJ} \times 10^{-3} = 0,0029 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{el.en. NO}_x} = 0,0334 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 33,49 \text{ GJ/1000 m}^3 \times 89 \text{ g/GJ} \times 10^{-3} = 0,0996 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{el.en. KD}} = 0,0334 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 33,49 \text{ GJ/1000 m}^3 \times 0,89 \text{ g/GJ} \times 10^{-3} = 0,001 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{\text{el.en. SO}_x} = 0,0334 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 33,49 \text{ GJ/1000 m}^3 \times 0,281 \text{ g/GJ} \times 10^{-3} = 0,0003 \text{ kg/t BSA}.$$

Taikant 2 formulę, šie emisijų faktoriai atimami, taip mažinant poveikį aplinkos orui.

Po BSA anaerobinio pūdymo pagamintas ir nusausintas raugas dažniausiai yra kompostuojamas su žaliosiomis atliekomis. Kompostavimo metu susidaro NH_3 ir CO emisijos, kurių kiekis mažesnis už nepūdytos masės kompostavimą. Šių emisijų vertinimui taip pat naudojama 1 formulė.

2.2 Poveikio oro kokybei vertinimas dėl oro teršalų

Kaip buvo aprašyta darbo 1-me skyriuje, teršalai, kurie tiesiogiai ir netiesiogiai susidaro BSA biologinio apdorojimo metu prisideda prie rūgštėjimo, eutrofikacijos procesų, dalyvauja „blogojo“ ozono (troposferos ozono) formavimosi procese [15]. Pagrindiniuose BSA apdorojimo technologiniuose procesuose susidaro NH₃, LOJ, CO, KD, H₂S, papildomuose – NO_x, SO₂

Poveikio oro kokybei dėl eutrofikacijos procesų vertinimui siūloma formulė:

$$P_{\text{eut.}} = AR_{\text{gamybos}} \times \sum EF_{\text{teršalo}}, \quad [7]$$

čia

AR_{gamybos} – sukompostuotų BSA kiekis, t;

EF_{teršalo} – NH₃, LOJ, NO_x, SO_x, teršalų emisijų faktoriai, įvertinti pagal 2 formulę, kg/t BSA

Pavyzdžiui, poveikis oro kokybei dėl eutrofikacijos procesų maisto atliekas kompostuojant po Goretex plėvele, įvertinamas:

Sukompostuotų BSA kiekis vertinamas pagal gautus apklausos rezultatus Lietuvoje (žr. 3.3.1 lentelę):

UAB „Branda Lt“ į metus po Goretex plėvele kompostuojama iki 24 000 t BSA, tokiu būdu:

$$P_{\text{eut.}} = 24000 \times (0,00412 + 0,0263 + 0,03804 + 0,00003) = 1643,76 \text{ kg}$$

Poveikio oro kokybei dėl troposferos (priežemio) ozono formavimosi vertinimui siūloma formulė:

$$P_{\text{t.o.}} = AR_{\text{gamybos}} \times \sum EF_{\text{teršalo}}, \quad [8]$$

čia

AR_{gamybos} – sukompostuotų BSA kiekis, t;

EF_{teršalo} – NO_x, SO_x bei LOJ teršalų emisijų faktoriai, įvertinti pagal 2 formulę, kg/t BSA

Pavyzdžiui, poveikis oro kokybei dėl del troposferos (priežemio) ozono formavimosi maisto atliekas kompostuojant po Goretex plėvele, įvertinamas:

Sukompostuotų BSA kiekis vertinamas pagal gautus apklausos rezultatus Lietuvoje (žr. 3.1.1 lentelę):

UAB „Branda Lt“ į metus po Goretex plėvele kompostuojama iki 24 000 t BSA, tokiu būdu:

$$P_{\text{t.o.}} = 24\ 000 \times (0,03804 + 0,00003 + 0,0263) = 1\ 544,88 \text{ kg}$$

2.3 ŠESD vertinimas maisto pramonės BSA biologinio apdorojimo metu

Kompostavimo proceso metu į aplinkos orą išsiskiriančių ŠESD (CH₄ ir N₂O) išlakų kiekio vertinimui naudojama formulė, kuri pateikta 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 5 leidinyje „Atliekos“ 4-me skyriuje, kuris buvo papildytas 2015 m.

$$CH_4 = \sum (M_i \cdot EF_i) \cdot 10^{-3} - R, \quad [9]$$

čia:

CH₄ - bendras CH₄ kiekis per ataskaitinį laikotarpį, Gg CH₄;

M_i - organinės kilmės atliekų masė, apdorojama pasirinktu biologiniu būdu i, Gg;

EF - pasirinkto biologinio apdorojimo būdo i emisijų faktorius (2.3.1 lentelė), g CH₄/kg;

i - kompostavimas arba anaerobinis pūdyimas;

R - bendras CH₄ kiekis, rekuperuotas analizuojamais metais, Gg;

1 Gg = 1000 t.

$$N_2O = \Sigma(M_i * EF_i) * 10^{-3}, \quad [10]$$

čia

N_2O - bendras N_2O kiekis per ataskaitinį laikotarpį, Gg N_2O ;

M_i - organinės kilmės atliekų masė, apdorojama pasirinktu biologiniu būdu i , Gg;

EF - pasirinkto biologinio apdorojimo būdo i emisijų faktorius (2.3.1 lentelė), g N_2O /kg;

i - kompostavimas arba anaerobinis pūdyimas;

1 Gg = 1000 t.

Kompostuojant BSA, CH_4 išlakos, formuojamos vidinėse komposto sluoksniuose, sudaro tik iki 4 % nuo bendro išsiskiriančio anglies kiekio kompostuojamoje medžiagoje (Guan & Yusoff, 2015). Kompostuojant taip pat susidaro N_2O : dažniausiai - nuo 0,5 iki 1 % nuo bendro azoto kiekio medžiagoje (Arcadis, 2010), pasitaiko – iki 6,3%, priklausomai nuo kompostuojamų BSA (Guan & Yusoff, 2015).

Anaerobinio apdorojimo metu rekuperuotas CH_4 , kaip dalis gamtinių dujų, sudeginamas KJ, fakele arba KDI.

Pateikti taršos faktoriai apskaičiuoti, nevertinant papildomo valymo (biofiltrų, plėvelės ar kt. būdų). Todėl toliau vertinimui priimama prielaida, kad naudojant biofiltrą arba plėvelę CH_4 išlakų kiekis sumažėja - iki 50 proc., N_2O - iki 90 % (Baky & Eriksson (2003), Eunomia (2007), Gore Cover).

2.3.1 lentelė BSA apdorojimo metu išsiskiriančių CH_4 ir N_2O taršos faktoriai [9]

Biologinio apdorojimo būdas	CH_4 (g/kg apdorojamų atliekų)		N_2O (g/kg apdorojamų atliekų)	
	¹ Sausos masės pagrindu	² Drėgnos masės pagrindu	¹ Sausos masės pagrindu	² Drėgnos masės pagrindu
Kompostavimas	10 (0,08 – 20)	4 (0,03 – 8)	0,6 (0,2 – 1,6)	0,24 (0,06 – 0,6)
Anaerobinis apdorojimas	³ 2 (0-20)	30,8 (0-8)	priskirtas nereikšmingu	priskirtas nereikšmingu

Pastabos:

¹Priimama prielaida, kad apdorojamų BSA sausoje medžiagoje organinės anglies (DOC) dalis sudaro 25 - 50 %, azoto (N) – 2 %.

²Tuo atveju, jeigu apdorojamų atliekų preliminarus drėgnis – apie 60 %.

Darbe siūloma nagrinėti ne tik tiesioginį, bet ir netiesioginį poveikį klimato kaitai (kaip ir poveikio aplinkos oro kokybei vertinimo metu) dėl papildomų energijos sąnaudų kompostavimo metu (nevertinant maisto atliekų transportavimo iki apdorojimo vietos):

Tiesioginis poveikis:

- Iš stacionarių organizuotų ir neorganizuotų oro taršos šaltinių;
- Iš mobilių oro taršos šaltinių dėl dyzelinio kuro sąnaudų;

Netiesioginis poveikis:

- dėl papildomų elektros ir/arba šiluminės energijos sąnaudų maisto atliekų apdorojimui;

- ŠGP atveju, jeigu pasirenkamas atviras kompostavimas, šios maisto atliekos prieš kompostavimą turi būti pasterizuojamos,
- uždaro intensyvaus kompostavimo atveju – atliekų vartymui, oro paruošimui ir padavimui, kt. (didžiausias energijos kiekis naudojamas tikslu sutrumpinti mezofilinės stadijos trukmę ir greičiau pasiekti termofilinę stadiją).

ŠESD emisijų faktorių ($EF_{\text{ŠESD}}$ kg vienai tonai BSA apdoroti (kg/t BSA)) siūloma vertinti pagal šią formulę:

$$EF_{\text{ŠESD}} = EF_k + EF_{d.k.} \pm EF_{el.en.} \pm EF_{s.en.} \quad [11]$$

čia:

- EF_k - ŠESD nuo BSA kompostavimo proceso emisijų faktorius, kg/t BSA;
- $EF_{d.k.}$ - ŠESD dėl dyzelinio kuro sąnaudų emisijų faktorius, kg/t BSA;
- $EF_{el.en.}$ - ŠESD dėl papildomos elektros energijos sąnaudų, kg/t BSA;
- $EF_{el.en.}$ - ŠESD dėl papildomos šiluminės energijos sąnaudų, kg/t BSA;
- $EF_{el.en.}$ ir $EF_{s.en.}$ sumuojamas tuo atveju, jeigu naudojama energija, pagaminta iš neatsinaujinančių energijos šaltinių (pvz., Lietuvos atveju – deginant gamtines dujas);
- $EF_{el.en.}$ ir $EF_{s.en.}$ atimamos dėl poveikio sumažėjimo tuo atveju, jeigu naudojama energija, pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių, ir susidaro perteklinės energijos, kuri tiekama kitiems procesams (ne BSA apdorojimui) (BSA fermentavimo įrenginiuose, kuriuose gautas raugas toliau kompostuojamas).

Darbe ŠESD nuo BSA kompostavimo proceso emisijų faktoriaus (EF_k , kg/t BSA) vertinimui taikomi 2 metodai:

- 1 metodas - pagal 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 5 leidinyje „Atliekos“, 4-me skyriuje pateiktus emisijų faktorius (bendrai visoms BSA) (žr. 3.3.1 lentelę);
- 2 metodas - pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.3.1 lentelę);
Analizuojant šalies situaciją, metodų taikymo prioritetas būtų: 2 metodas ir 1.

Pavyzdžiui, emisijų faktoriai kompostuojant maisto atliekas kartu su žaliosiomis atliekomis po Goretex pievele:

Pagal 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 5 leidinyje „Atliekos“, 4-me skyriuje pateiktus emisijų faktorius: EF_{kCH_4} – iki 2 kg/t BSA, EF_{kN_2O} – iki 0,024 kg/t BSA .

Šioje metodikoje CO_2 emisijos nevertinamos (dėl BSA biogeninės kilmės).

Iš mokslinės literatūros šaltinių (žr. 1.3.1 lentelę): EF_{kCH_4} – nuo 2,7 iki 6,6 kg/t BSA, EF_{kN_2O} - iki 0,0011- 0,07 kg/t BSA.

Tolimesniam vertinimui parenkami emisijų faktoriai:

- EF_{kCH_4} - iki 4,65 kg/t BSA (parenkamas emisijų faktorių, gautų analizuojant mokslinės literatūros šaltinius, vidurkis).

- EF_{kN20} - iki 0,008 kg /t BSA (parenkamas emisijų faktorių, gautų analizuojant mokslinės literatūros šaltinius, vidurkis).

ŠESD emisijų faktorius ($EF_{d,k}$, kg/t BSA), susidarantis vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, vertinamas pagal formulę, pateiktą 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ 3-me skyriuje 3.3 poskyryje.

ŠESD galima vertinti naudojant [12] formulę ir 2.3.2 lentelėje pateiktus ŠESD taršos faktorius.

$$\text{ŠESD} = \text{kuro sąnaudos} \times \text{kuro žemutinė šilumingumo vertė} \times \text{taršos faktorius}, \quad [12]$$

čia:

ŠESD - atitinkamai CO₂, CH₄ ir N₂O dujos, deginant įvairų kurą, kg;

kuro sąnaudos – per atskaitinį laikotarpį sudeginto kuro kiekis, t arba 1000 m³;

kuro žemutinė šilumingumo vertė (TJ/t arba TJ/1000 m³) gali būti nustatoma pagal faktą (atlikus laboratorinius tyrimus, nustatant metano kiekį BSA anaerobinio apdorojimo metu pagamintose biodujose) arba pagal literatūros šaltinius [18];

taršos faktorius - atitinkamai CO₂, CH₄ ir N₂O taršos faktoriai pagal sudeginto kuro tipą (kg/TJ) (2.3.2 lentelė); CO₂ atveju papildomai vertinamas oksidacijos koeficientas, kuris lygus 1.

2.3.2 lentelė. ŠESD, deginant įvairų kurą krovinių bei kitų ne kelių transporto priemonių vidaus degimo varikliuose, kg/TJ [10]

Deginamas kuras	Šilumingumas, TJ/t [10]	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
Dyzelinis kuras	0,043-0,04307	74 100	4,15	28,6
Gamtinės dujos	0,03349-0,048	56 100	1	0,1

Dyzelinio kuro sąnaudos vertinamos naudojant 2 metodus:

- metodas - pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.3.1 lentelę);
- metodas - pagal Lietuvoje atliktų matavimų (BSA tvarkytojų apklausos) rezultatus dėl dyzelinio kuro ir papildomos energijos sąnaudų (žr. 3.3.1 lentelę).

Pavyzdžiui, pagal literatūros analizės rezultatus nustatyta, kad dyzelinio kuro sąnaudos kompostuojant maisto atliekas po plėvele – nuo 0,8 iki 1,7 l/t BSA, pagal apklausos rezultatus - iki 1,5 l/t BSA arba iki 1,26 kg/t BSA (priimant tankį – 0,84 kg/l). Analizuojant šalies situaciją, metodų taikymo prioritetą būtų: 2 metodas ir 1 (t.y. tolimesniam vertinimui dyzeliniokuro sąnaudos - 1,26 kg kuro/t BSA arba 0,00126 t kuro/t BSA).

Tolimesniam vertinimui parenkami emisijų faktoriai:

- $EF_{d,k CH4} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 0,04307 \text{ TJ/t} \times 4,15 \text{ kg/TJ} = 0,0002 \text{ kg/t BSA}$
- $EF_{d,k N20} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 0,04307 \text{ TJ/t} \times 28,6 \text{ kg/TJ} = 0,0016 \text{ kg/t BSA}$
- $EF_{d,k CO2} = 0,00126 \text{ t kuro/t BSA} \times 0,04307 \text{ TJ/t} \times 74100 \text{ kg/TJ} = 4,021 \text{ kg/t BSA}$

ŠESD emisijų faktorius ($EF_{el.en}$, kg/t BSA) dėl papildomos elektros energijos sąnaudų (kai energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos šaltinių, mūsų šalies atveju - gamtinių dujų) vertinamas pagal formulę, pateiktą 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ 3-me skyriuje 3.3 poskyryje.

ŠESD galima vertinti naudojant [12] formulę ir 2.3.2 lentelėje pateiktus ŠESD taršos faktorius.

Energijos sąnaudos vertinamos naudojant 2 metodus:

- 1 metodas - pagal mokslinės ir praktinės literatūros analizės rezultatus (žr. 1.1 lentelę);
- metodas - pagal Lietuvoje atliktų matavimų (BSA tvarkytojų apklausos) rezultatus dėl papildomos energijos sąnaudų (žr. 3.1.1 lentelę).

Pavyzdžiui, apklausos metu nustatyta, kad kompostuojant maisto atliekas po plėvele papildomai sunaudojama elektros energijos - iki 29 kWh/t BSA. Pagal literatūros analizės rezultatus: nuo 3,3 iki 19,7 kWh/t BSA. Tolimesniam vertinimui naudojamas elektros energijos intensyvumas - iki 29 kWh/t BSA. Naudojant 6 formulę vertinamos gamtinių dujų sąnaudos 29 kWh energijos pagaminti DKDĮ:

$$B = 0,029 \times 3,6 / [33,49 \times 0,91] = 3,426 \text{ nm}^3 - \text{gamtinių dujų sąnaudos vienai tonai BSA apdoroti.}$$

Tokiu būdu emisijų faktorius $EF_{el.en.}$ lygus:

$$EF_{el.en. CH_4} = 0,003426 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 0,048 \text{ TJ/t} \times 1 \text{ kg/TJ} = 0,0001 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{el.en. N_2O} = 0,003426 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 0,048 \text{ TJ/t} \times 0,1 \text{ kg/TJ} = 0 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{el.en. CO_2} = 0,003426 \text{ tūkst. m}^3 / \text{t BSA} \times 0,048 \text{ TJ/t} \times 56 \text{ 100 kg/TJ} = 6,436 \text{ kg/t BSA};$$

Taikant 3 formulę, randami bendri Lietuvai būdingi ŠESD emisijų faktoriai maisto atliekas kompostuojant po plėvele, vertinant kaip tiesioginį poveikį aplinkai taip ir netiesioginį dėl energijos naudojimo:

$$EF_{CH_4} = 4,65 + 0,0002 + 0,0001 = 4,6503 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{N_2O} = 0,008 + 0,0016 = 0,0096 \text{ kg/t BSA};$$

$$EF_{CO_2} = 4,021 + 6,4361 = 10,4574 \text{ kg/t BSA}$$

Vertinimo patogumui Excel programoje sukuriama duomenų basė. Ištraukos iš duomenų bazės pateiktos 6 priede.

2.4 Poveikis klimato kaitai dėl ŠESD

Analizuojant ŠESD, susidarančių maisto BSA aerobinio apdoravimo procesų metu, poveikį globaliniam šiltėjimui ir dėl to – klimato kaitai, būtina visus ŠESD (CH_4 , N_2O , CO_2) perskaičiuoti į CO_2 ekvivalentą. ŠESD sukeliama globalinio šiltėjimo potencialas (GWP):

$$GWP = EF_{CO_2} + 25 \times EF_{CH_4} + 298 \times EF_{N_2O}, \quad [13]$$

Vertinimui buvo priimti tokie rodikliai:

- 1 t CO_2 = 1 t CO_2 ekv.;
- 1 t CH_4 = 25 t CO_2 ekv.;
- 1 t N_2O = 298 t CO_2 ekv.

Pavyzdžiui, analizuojamo aerobinio apdoravimo būdo (naudojant Goretex plėvelę) atveju, žinant maisto BSA kompostavimo po plėvele metano (CH_4), azoto suboksido (N_2O), anglies dioksido (CO_2) emisijų faktorius, kurie atitinkamai lygūs 4,6503, 0,0096 bei 10,4574 kg/t BSA, galima įvertinti šių išlakų globalinio šiltėjimo potencialą (kg CO_2 ekv./t BSA):

$$GWP = 10,4574 + 25 \times 4,6503 + 298 \times 0,0096 = 129,57 \approx 130 \text{ kg } CO_2 \text{ ekv./t BSA}$$

3. MAISTO PRAMONĖS BSA TVARKYTOJŲ LIETUVOJE APKLAUSOS REZULTATAI

Tiriamąjį darbą metu atliktama maisto pramonės BSA tvarkytojų Lietuvoje apklausa. Klausimynas pateiktas 7 priede. Apklausos metu buvo siekiama nustatyti:

- taikomas maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijas;
- faktinius emisijų faktorius ;
- degalų (diz.kuro) kieki;
- papildomai sunaudotos elektros energijos kieki;
- papildomai sunaudotos šiluminės energijos kieki;

Apklausoje dalyvavo 8 Lietuvos įmonės, kuriose naudojamos įvairios BSA ir raugo aerobinio apdorojimo technologijos:

- 1 centralizuoto atviro maisto atliekų kompostavimo įmonė (UAB „Biodegra“);
- 1 centralizuoto maisto atliekų kompostavimo, naudojant plėvelę įmonė (UAB „Branda“);
- 1 maisto pramonės įmonė, kurioje BSA (virtų burokėlių lupenos) kompostuojamos uždareame būgnyje kompostavimo įrenginyje (UAB „Mornelis“);
- 1 kavinė, kurioje susidaranti maisto BSA, įsk. ŠGP, apdorojamos jų susidarymo vietoje, intensyvaus kompostavimo įrenginyje („X“ kavinė Palangos m. savivaldybėje);
- 2 maisto pramonės įmonės, kurios kompostuoja raugą (AB „Vilniaus degtinė“, filialas Obelių spirito varykla; UAB „Agaras“ (ŠGP))
- 2 centralizuoto fermentavimo įmonės, kuriose išgaunamos biodujos (fermentuojamas mišinys - įvairių gyvūnų mėšlas su maisto BSA, įsk. ŠGP) ir gaunamas anaerobinis raugas, kuris perduodamas kitai įmonei, kur atliekamas arba frakcionavimas arba kompostavimas (UAB „Menergija“; UAB „Nenergija“)

Maisto pramonės BSA tvarkytojų Lietuvoje apklausos rezultatai susisteminti ir pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė Maisto pramonės BSA tvarkytojų Lietuvoje apklausos rezultatai

Įmonė	BSA tvarkymo būdas	Žaliavos		Naudojama įranga		Oro tarša kompostavimo metu			
		Kompostuojamos BSA	Kiekis t/m.	Įrenginių parametrai	Energijos sąnaudos	Teršalas	Kiekis		
							mg/m ³	t/m.	g/t BSA
UAB „Branda LT“ <i>Pagaminama:</i> ~ 13 000 t/m. komposto.	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) uždaras kompostavimas, naudojant plėvelę (GORE® COVER)	Organinės atliekos (gyvulių audinių, maisto)	iki 3000	Mobilus sijojimo įrenginys „ Komptech Joker “: - našumas: 35 m ³ /h; - variklio galia: 16,5 kW; - darbo laikas: iki 720 val./m. Mobilios smulkinimo mašinos „ Willibalt Minimax 2000 “ : - našumas: 35 m ³ /h; - variklio galia: 130 kW; - darbo laikas: iki 120 val./m.	Dyz. kuras <i>sijojimui</i> : 0,5 kWh/t BSA Dyz. kuras <i>smulkinimui</i> : 0,65 – 1 kWh/t BSA El. energija <i>suspausto oro gamybai</i> – iki 29 kWh/t BSA.	KD	4,775-7,1	0,148	6,175
		Dumblas iš maisto pramonės įmonių	iki 2000						
		Buitinių nuotekų valymo įrenginių dumblas po anaerobinio apdoravimo)	iki 5000			NH₃	3,2-4,8	0,098	4,075
		Struktūrinės BSA	iki 10 000						
		Popieriaus ir kartono	iki 4000						
		<i>Kompostuojama:</i> t/m. BSA							
<i>Viso:</i>	iki 24 000								
Palangos miesto Kavinė „X“ <i>Pagaminama:</i> ~ 2-3 t/m. komposto.	Maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje, naudojant mikroorganizmus ACIDULO™	Kavinės virtuvės atliekos, įsk. virtas bei skystas atliekas	iki 10 t, įsk. iki 7 t ŠGP	Uždaras kompostavimo įrenginys „ GREENGOOD (Oklin) G – 10s “: - našumas: 25-30 kg/d., - pirminio komposto gamybos trukmė – 24 val. <i>Pastabos:</i> - sutaupoma elektros energijos nelaikant ŠGP šaldykliuose – iki 330 kWh/t ŠGP; - bendras maksimalus elektros sąnaudų padidėjimas – iki 186 kWh/t BSA.	Dyz. kuras <i>pirminio komposto transportavimui į ŽAKA</i> : iki 1,6 l/t BSA (maks. atstumas iki ŽAKA– iki 20 km). El. energijos: 516 kWh/t BSA;	NH₃	-	-	12,2-70,9
						H₂S	-	-	0,19 - 0,36
						<i>Pastaba:</i> Tarša į aplinkos orą išmatuota po biofiltro.			
AB „Vilniaus degtinė“ filialas	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš	Žliaugtai	iki 60 000	2 biodujomis kūrenami elektros generatoriai MWMT62016V16	<i>Pastaba:</i> Vertinamas pagamintas kiekis:	CO	3148	19,226	320
		Mėšlas ir kitos BSA (ŠGP) (biodujų išėgai pagerinti)	iki 300			NO_x	804	4,911	80
						LOJ	905	0,578	10

Obelių spirito varykla <i>Pagaminama virš 6 mln. m³/m. biodujų</i>	maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) anaerobinis apdorojimas ir gautos pūdytos masės (įrymo atliekų) kompostavimas	Fermentai	iki 30	energijos gamybai: - elektrinė galia 800 x 2 kW; - šiluminė galia – 426 x 2 kW Garų katilų- utilizatorius, kuriame degimo produktų šiluma panaudojama garų gamybai: - galia – 650 kW	- KJ pagaminta el. energija panaudojama įmonės reikmėms, perteklius parduodamas. - Pagaminta šiluminė energija naudojama gamyboje.				
		<i>Viso:</i>	iki 60 300				SO₂ 253 1,545 26 Pastaba: - Įvertintos išlakos į aplinko orą iš KJ deginant 6,11 mln. m ³ /m. biodujų. - Išlakos, susidaranti kompostavimo metu nebuvo matuojamos.		
UAB „Biodegra“ <i>Pagaminama: ~ 39 090 t/m. komposto</i>	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) kaitinimas bei kompostavimas kartu su kitomis BSA (įsk. mėšlą (ŠGP), struktūrines ŽA, kt.) bei dumblu, naudojant probiotikus	Dumblas	iki 31 000	-	Elektros sąnaudos: 144 MWh arba 1,42 kWh/t BSA; Dyz. kuras: 6,83 t arba 0,07 kg/t BSA arba 0,08 l/t BSA arba 0,8 kWh/t BSA Benzinas <i>surinkimui</i> : 8,48 t BSA (S1)	NH₃	-	18,503	200
		Gyvulių mėšlas	iki 4000						
		Kita	iki 30 151						
		<i>Viso:</i>	iki 65 151						
UAB „Agaras“ <i>Pagaminama iki 2,5 mln. m³/m. biodujų</i>	Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) anaerobinis apdorojimas ir gautos pūdytos masės (įrymo atliekų) kompostavimas	Skerdykloje susidaranti atliekos:	iki 5 340 arba 14,63 t/d	-	KJ deginant biodujas gaminama energija: - šiluminė – iki 6392 MWh/m.; - elektros – iki 6424 MWh/m. <u>Sunaudojama pagaminta energija:</u> - šiluminė – iki 3000 MWh/m. arba 84 kWh/t BSA; - elektros – iki 700 MWh/m. arba 19,61 kWh/t BSA	CO	11196	28,214	791
		- II ir III kategorijų ŠGP, nuotekų priminio valymo dumblas, priešskerdiminių tvartų mėšlas							
		- bandovežių plovimo nuotekos							
		- ŽŪB „Agaro riešutas“ galvijų fermos mėšlas ir kitų gyvulininkystės ūkių mėšlas	iki 18 250 arba 50,0 t/d.						
		<i>Kita:</i> - netinkamas pašarams	iki 12 100 arba						
					SO₂ 1679 4,232 119 Pastaba: - Įvertintos išlakos į aplinko orą iš KJ deginant 2,5 mln. m ³ /m. biodujų.				
					NH₃ - 0,78 22				

		silosas ir kita žalia masė, - atliekos iš kitų maisto perdirbimo, visuomeninio maitinimo įmonių	33,15 t/d.			Pastaba: Įvertintos išlakos į aplinkos orą iš patalpų ventiliacinės sistemos (po bio-filtro):			
				Pastaba: KJpagaminta šiluminė bei el. energija panaudojama įmonės reikmėms, perteklius parduodamas.					
UAB „Mornelis“ <i>Pagaminama:</i> ~ 1275 t/m. komposto.	Virtų burokėlių gamybos atliekų kompostavimas būgniniuose komposteriuose	Virtų burokėlių gamybos atliekos, sumaišytos su durpėmis paukščių mėšlu, dolomitmečiais (iki 20 proc. nuo masės).	70 t/d. arba 2550 t/m.	2 būgniniai komposteriai, kuriuose palaikoma 50-70 °C.					
UAB „Menergija“ <i>Pagaminama:</i> biodujų – 3,8 mln. m ³ /m.; substrato: 46 tūkst. t/m.	Įvairių gyvūnų mėšlo (ŠGP) pūdymas kartu su maisto BSA, įsk. ŠGP, išgaunant – biodujas; anaerobinio raugo (irimo atliekų) perdavimas kitai įmonei, kur atliekamas arba frakcionavimas, arba kompostavimas	Mėšlas ir srutos	iki 40 000	-	<u>KJ deginant biodujas gaminama energija:</u> - šiluminė – iki 8400 MWh/m. arba 172,48 kWh/t BSA; - elektros – iki 8200 MWh/m. arba 168,38 kWh/t BSA. <u>Sunaudojama pagaminta energija:</u> - šiluminė – iki 600 MWh/m. arba 12,32 kWh/t BSA; - elektros – iki 570 MWh/m. arba 11,70 kWh/tBSA.	CO	2155	8,190	168
		Žalioji biomasė, įsk. žaliasias maisto atliekas	iki 8700			NOx	3193	12,133	249
		Viso:	48 700			SO₂	16	0,061	1
						Pastaba: Įvertintos išlakos į aplinko orą iš elektros generatorių deginant 3 800 000 m ³ /m. biodujų.			
UAB „Nenergija“ <i>Pagaminama:</i> biodujų – 3,8 mln. m ³ /m.; anaerobinio raugo (irimo atliekos)- iki 40 tūkst. t/m.	Įvairių gyvūnų mėšlo (ŠGP) pūdymas kartu su maisto BSA, įsk. ŠGP, išgaunant – biodujas; anaerobinio raugo	Kiaulių mėšlas ir srutos	iki 33 000		<u>KJ deginant biodujas gaminama energija:</u> - šiluminė – iki 8400 MWh/m. arba 199 kWh/t BSA - elektros – iki 8200 MWh/m. arba 194,3	CO	5803	22,05	523
						NOx	2902	11,0257	261
						SO₂	0,2	0,0008	0,02
						KD	0,2	0,0008	0,02

	(irimo atliekų) perdavimas kitai įmonei, kur atliekamas arba frakcionavimas arba kompostavimas				kWh/t BSA <u>Sunaudojama pagaminta energija:</u> - šiluminė – iki 600 MWh/m. arba 14,22 kWh/t BSA; - elektros – iki 570 MWh/m. arba 13,51 kWh/t BSA	LOJ	1	0,00398	0,1
						Pastaba: Įvertintos išlajos į aplinko orą iš elektros generatorių deginant 3 800 000 m ³ /m. biudžų.			
		Žalioji biomasė (kukurūzų silosas) .	iki 9200			Pastaba: Dyz. kuras įmonėje nenaudojamas, kadangi mėšlas ir srutos pumpuojamos į talpas ir į bioreaktorių siurbliais.			
		Viso:	42200						

4. MAISTO PRAMONĖS BSA TAIKOMŲ AEROBINIŲ APDOROJIMO PROCESŲ POVEIKIS APLINKAI

Naudojant 2 skyriuje aprašytą metodiką, įvertintas tiesioginis bei netiesioginis poveikis aplinkai dėl oro teršalų ir ŠESD, maisto BSA apdorojant aerobiniu būdu, taikant plačiausiai Lietuvoje ir kt. Europos šalyse naudojamas technologijas bei atlikta aerobinių apdorojimo procesų lyginamoji analizė, vertinant techninius bei aplinkosaugos aspektus.

Plačiausiai Lietuvoje ir kt. Europos šalyse naudojamos technologijos:

- atskirai surinktų maisto BSA atviras kompostavimas (ŠGP prieš kompostavimą termiškai apdorjami; papildomai naudojami probiotikai; naudojama technika: krautuvas, vartytuvas);
- atskirai surinktų maisto BSA, įsk. ŠGP, uždaras kompostavimas, naudojant Goretex plėvelę (su priverstiniu oro padavimu; papildomai naudojamas krautuvas);
- atskirai surinktų maisto BSA, įsk. ŠGP, uždaras intensyvus kompostavimas (su biofiltrais);
- kavinių maisto BSA (įsk. ŠGP) uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje, naudojant Oklin technologiją (su mikroorganizmais);
- raugo, pagaminto maisto BSA anaerobiškai apdorojant, atviras kompostavimas kartu su žaliosiomis atliekomis.

Toliau darbo 4-5 skyriuose naudojami sutrumpinimai:

- MK1- Maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje ir brandinimas;
- MK2 -Maisto / virtuvės atliekų (įsk. ŠGP) uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje, pirminio komposto perdavimas brandinimui į ŽAKA;
- MK3 -Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) atviras kompostavimas (be biofiltrų);
- MK4 – Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) kompostavimas (naudojant plėvelę);
- MK5 - Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) kompostavimas (naudojant biofiltrą);
- MK6 - Atskirai surinktų maisto / virtuvės atliekų, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) fermentavimas ir raugo atviras kompostavimas (be biofiltrų).

4.1 Teršalai ir ŠESD, išsiskiriantys į aplinkos orą aerobiškai apdorojant maisto BSA

Oro teršalų, susidarančių tiesioginio poveikio metu (iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių) įvairiai aerobiškai apdorojant maisto BSA ir gaminant kompostus arba anaerobinius raugus bei biodujas, emisijų (NH₃, LOJ, CO, NO_x, KD, SO₂, H₂S) faktoriai kg/t BSA pateikti 4.1.1 lentelėje ir 4.1.1 paveiksle.

4.1.1 lentelė Tiesioginis poveikis aplinkos orui: oro teršalų, aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA

Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdorojimo metodai	Įvertinti teršalų emisijų faktoriai, kg/t BSA							Teršalų suma, kg/t BSA		
	NH ₃	LOJ	CO	NO _x	KD	SO _x	H ₂ S	¹ Min.	¹ Maks.	² Nustatyta
MK1	0,042						0,0003	0,024	0,071	0,042
MK2	0,042	0,002	0,01	0,02	0,002		0,0003	0,058	0,105	0,076
MK3	0,200	0,026	0,078	0,028	0,007			0,242	1,185	0,339
MK4	0,004	0,026	0,078	0,028	0,007			0,025	0,176	0,143
MK5	0,024	0,014	0,076	0,028	0,001			0,045	0,230	0,143
MK6	0,465	0,028	0,085	0,349	0,006	0,036		0,362	3,059	0,968

Pastabos:

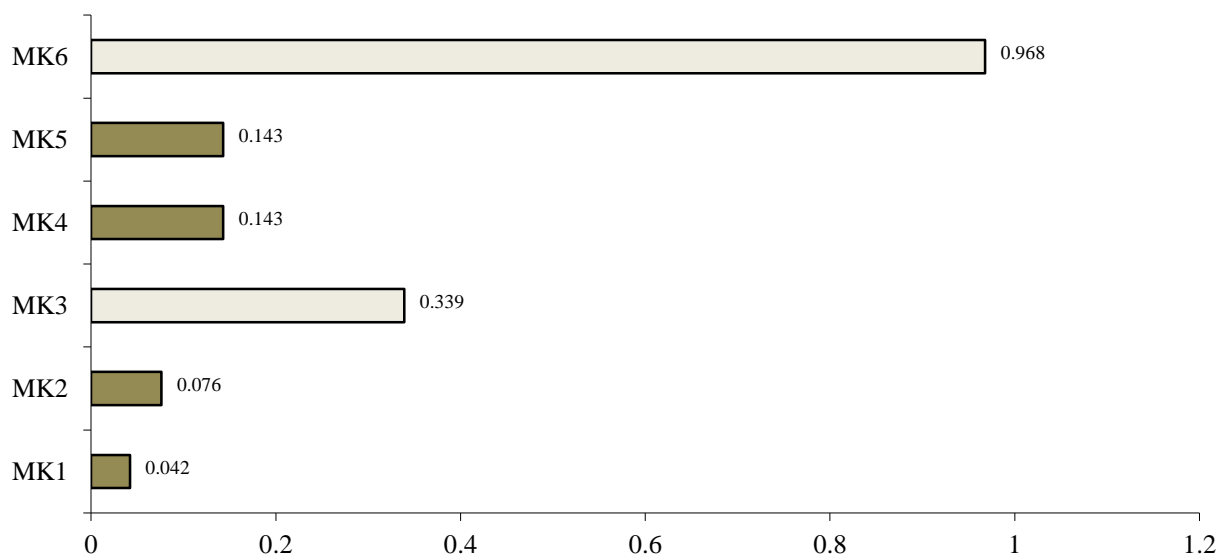
¹Minimalios ir maksimalios vertės, gautos, taikant visus 3 darbo metodikoje aprašytus metodus.

²Lietuvos BSA tvarkytojams nustatyti ir siūlomi taikyti oro teršalų emisijų faktoriai.

Įvertinus oro teršalų kiekius, išsiskiriančius tiesioginio poveikio metu, taikant įvairias gerai žinomas Europos šalyse maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijas, nustatyta, kad didžiausias tiesioginis poveikis daromas naudojant atvirus aerobinio apdorojimo metodus, nenaudojant išvalymo (biofiltrų). Didžiausias oro teršalų kiekis išsiskiria šiuose įrenginiuose:

- atvirai kompostuojant raugą (MK6) (iki 0,968 kg/t BSA);
- atvirai kompostuojant atskirai surinktas maisto / virtuvės BSA, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) (MK3) (iki 0,339 kg/t BSA).

Tuo tarpu mažiausia tarša stebima, maisto / virtuvės atliekas (įsk. ŠGP) apdorojant intensyvaus kompostavimo įrenginiuose atliekų susidarymo vietoje su numatytu tolimesniu brandinimu arba perduodant pirminį kompostą į ŽAKA (MK1 bei MK2) (atitinkamai iki 0,042 bei 0,076 kg/t BSA).



4.1.1 pav. Oro teršalai įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA (vertinamas tik tiesioginis poveikis)

Tyrimo metu taip pat buvo vertinamas netiesioginis poveikis:

- poveikio aplinkai padidėjimas dėl BSA tvarkymui papildomai naudojamos energijos, kuri negaminama vietoje;
- poveikio aplinkai sumažėjimas dėl BSA apdorojimo įrenginiuose gaminamos perteklinės energijos, kuri gali būti atiduota į tinklus arba/ir panaudojama kituose technologiniuose procesuose.

Bendra tiesioginio ir netiesioginio poveikio metu išsiskiriančių oro teršalų suma kiekvienam šiame darbe analizuojamam maisto BSA aerobinio apdorojimo metodui pateikta 4.1.2 lentelėje. Rezultatai apibendrinti 4.1.3 paveiksle.

4.1.2 lentelė Bendras poveikis aplinkos orui: oro teršalų, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA

Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdorojimo metodai	Įvertinti teršalų emisijų faktoriai, kg/t BSA							Oro teršalų suma, kg/t BSA		
	NH ₃	LOJ	CO	NO _x	KD	SO _x	H ₂ S	¹ Min.	¹ Maks.	² Nustatyta
MK1	0,042	0,002	0,029	0,065	0,0007	0,0002	0,000	0,121	0,168	0,139
MK2	0,042	0,004	0,039	0,086	0,00027	0,0004	0,0002	0,155	0,202	0,173
MK3	0,200	0,026	0,083	0,040	0,008			0,260	1,203	0,357
MK4	0,004	0,026	0,082	0,038	0,008			0,041	0,191	0,158
MK5	0,024	0,014	0,082	0,040	0,001	0		0,064	0,249	0,161
³ MK6	0,465	0,025	0,041	0,249	0,005	0,035		0,229	2,897	0,820

Pastabos:

¹Minimalios ir maksimalios vertės, gautos, taikant visus 3 darbo metodikoje aprašytus metodus.

²Lietuvos BSA tvarkytojams nustatyti ir siūlomi taikyti oro teršalų emisijų faktoriai.

³Vertinami oro teršalai fermentuojant maisto BSA, kompostuojant raugą bei deginant pagamintas biodujas kogeneraciniėje jėgainėje.

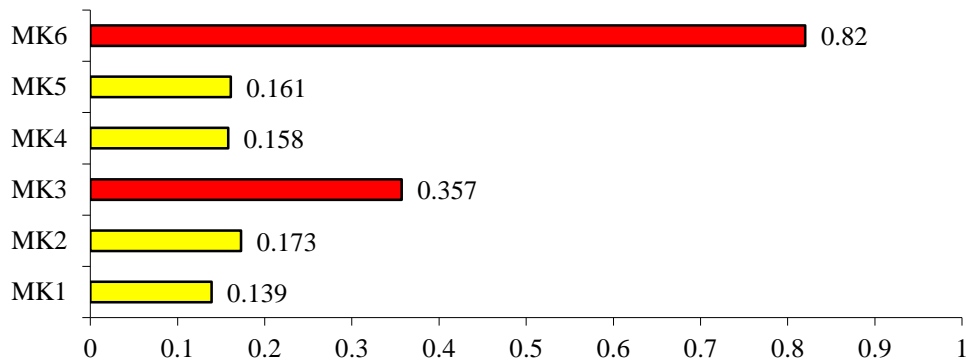
Žymus poveikio aplinkos orui padidėjimas stebimas tik intensyvaus kompostavimo įrenginyje su numatytu tolimesniu brandinimu vietoje arba pirminio komposto perdavimu į ŽAKA (papildomos elektros energijos sąnaudos proceso pagreitinimui iki 516 kWh/t BSA). Oro teršalų kiekis padidėja iki 3 kartų - nuo 0,042 iki 0,139 kg/t BSA arba nuo 0,076 iki 0,173 kg/t BSA.

Nežymus oro teršalų kiekio padidėjimas stebimas ir taikant MK3, MK4 bei MK5 apdorojimo technologijas (atitinkamai nuo 0,339 iki 0,357 kg/t BSA, nuo 0,143 iki 0,158 kg/t BSA bei nuo 0,143 iki 0,161 kg/t BSA).

Oro teršalų kiekis sumažėja tik anaerobinio apdorojimo įrenginiuose (MK6) (nuo 0,968 iki 0,820 kg/t BSA), kuriuose gaminamos biodujos ir susidaro perteklinės energijos, kuri gali būti atiduota į tinklus arba/ir panaudojama kituose technologiniuose procesuose.

Didžiausias kiekis oro teršalų, susidarantis tiesiogiai ir netiesiogiai, išsiskiria BSA apdorojant fermentavimo įrenginiuose ir kompostuojant raugą (MK6). Pagrindinę dalį oro teršalų sudaro NH₃ (kompostuojant raugą ir ŽA) bei NO_x emisijos (KJ deginant pagamintas biodujas).

Mažiausias kiekis teršalų, išsiskiriančių į aplinkos orą tiesiogiai ir netiesiogiai, susidarogaminant vertingą kompostą iš maisto atliekų, įsk. maisto pramonės įmonių, jų susidarymo šaltinyje; taip pat tvarkant centralizuotai uždaroje sistemoje (intensyvus kompostavimas tuneliuose, konteineriuose arba kompostuojant po plėvele). Intensyvių technologijų įrenginiuose esamas teršalų sulaikymo efektyvumas: NH₃ sumažėja iki 97 %, LOJ – iki 50 %, KD – iki 100 % (Eunomia, 2007) (4.1.2 pav.).



4.1.2 pav. Oro teršalai įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA (vertinamas tiesioginis ir netiesioginis poveikis)

Naudojant 2.3 poskyryje pateiktą metodiką, įvertinti ŠESD (CH₄, N₂O, CO₂), susidarantių tiesioginio poveikio metu (iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių), emisijų faktoriai (kg/t BSA) (žr. 4.1.3 lentelę, 4.1.3 pav.).

4.1.3 lentelė ŠESD, išsiskiriančių aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (tiesioginis poveikis)

Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdorojimo metodai	CH ₄	² N ₂ O	² CO ₂	Bendrai		
				¹ Min.	¹ Maks.	² Nustatyta
MK1	0,589	0,055	0,000	0,195	1,093	0,644
MK2	0,589	0,055	4,289	4,485	5,383	4,934
MK3	8,250	0,082	4,021	6,157	27,432	12,354
MK4	4,650	0,010	4,021	4,147	10,133	8,156
MK5	0,589	0,152	3,351	2,365	5,692	4,092
MK6	0,215	0,056	³ 104,219	2,018	111,609	104,490

Pastabos:

¹Minimalios ir maksimalios vertės, gautos, taikant visus 3 darbo metodikoje aprašytus metodus.

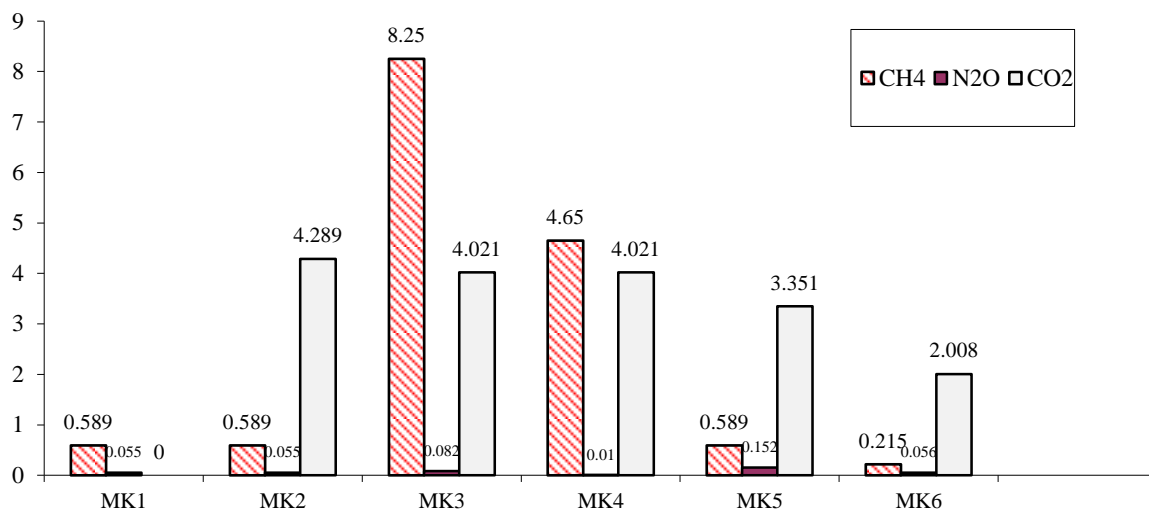
²Lietuvos BSA tvarkytojams nustatyti ir siūlomi taikyti ŠESD emisijų faktoriai.

³Skaičiavimo metu įvertintas bendras CO₂ kiekis, įsk. dujas, išsiskiriančias kogeneracinėje jėgainėje deginant biodujas (iki 98 % nuo bendro CO₂ kiekio).

Remiantis gautais skaičiavimų rezultatais, didžiausias CH₄ išlakų kiekis susidaro atskirai surinktas maisto BSA, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP), kompostuojant atvirai (iki 8,250 kg/t BSA). Maisto atliekas (įsk. ŠGP) apdorojant intensyvaus kompostavimo įrenginiuose su numatytu tolimesniu brandinimu atliekų susidarymo vietoje arba perduodant pirminį kompostą į ŽAKA, CH₄ išlakų kiekis yra iki 14 kartų mažesnis. Mažiausias CH₄ dujų kiekis stebimas kompostuojant raugą, susidaranti po maisto BSA anaerobinio apdorojimo (iki 0,215 kg/t BSA) (žr. 4.1.3 paveikslą).

Didžiausias CO₂ išlakų kiekis gaunamas kompostuojant raugą, kadangi skaičiavimo metu buvo taip pat vertinamos CO₂ išlakos, išsiskiriančios kogeneracinėje jėgainėje deginant biodujas. Jeigu šį kiekį nevertinti, CO₂ emisijų faktorius sumažėtų iki 98 %, t.y. nuo 104,219 kg/t BSA iki 2,008 kg/t BSA (žr. 4.1.3 paveikslą).

Palyginti su atvirąja technologija, plėvelės naudojimas kompostavimo metu sumažina ŠESD kiekį iki 50 %, biofiltro naudojimas – iki 93 %.



4.1.3 pav. ŠESD, susidaranti iš aerobinio būdu apdorojant maisto BSA, taikant įvairias technologijas, kg/t BSA (nevertinant CO₂ dėl biodujų deginimo KJ) (tiesioginis poveikis)

Analizuojant bendrą poveikį aplinkai dėl ŠESD BSA fermentavimo įrenginiuose (tiesioginį ir netiesioginį dėl perteklinės energijos gamybos), dujų kiekiai ženkliai sumažėja (iki 97%).

Maisto atliekas (įsk. ŠGP) kompostuojant uždaro intensyvaus kompostavimo įrenginiuose vietoje (MK1) dėl papildomų energijos sąnaudų suminis ŠESD kiekis ženkliai padidėja (nuo 0,644 iki 41,925 kg/t BSA). Poveikis aplinkai taip pat šiek tiek padidėja taikant MK3, MK4, MK5 apdoravimo technologijas. Tačiau šių BSA apdoravimo technologijų poveikį aplinkai palyginti su BSA šalinimu sąvartyne, jis išlieka mažesnis (Staugaitis ir kt., 2017) (žr. 4.1.4 pav.).

4.1.4 lentelė ŠESD, susidaranti iš įvairių aerobinio būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (vertinamas tiesioginis ir netiesioginis poveikis aplinkai)

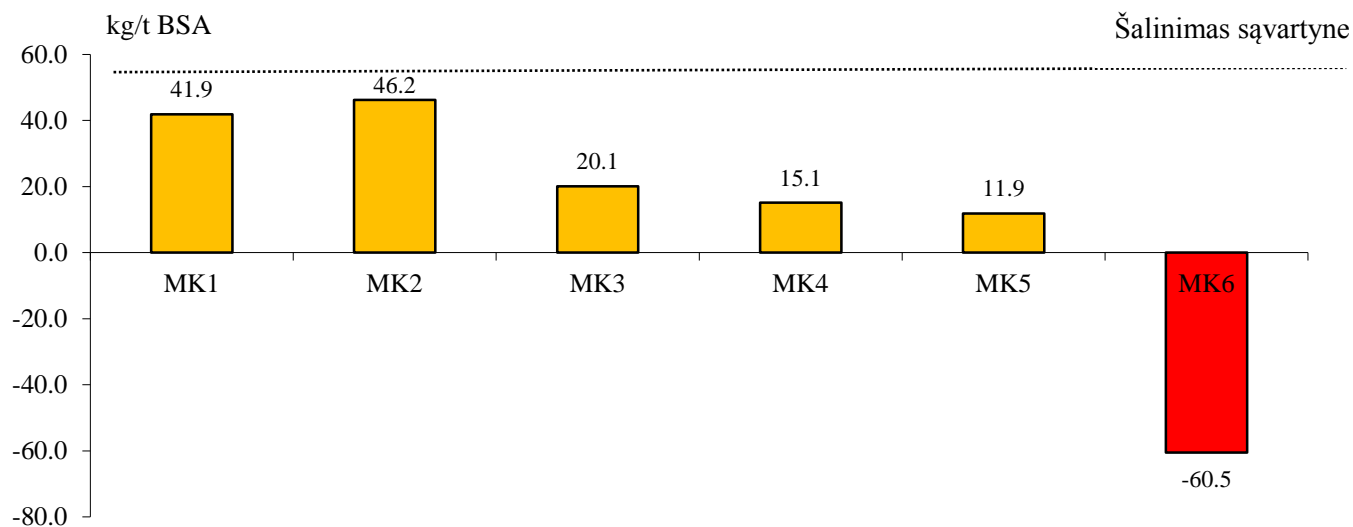
Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdoravimo metodai	CH ₄	² N ₂ O	² CO ₂	Bendrai		
				¹ Min.	¹ Maks.	² Nustatyta
MK1	0,590	0,055	41,280	45,766	46,663	41,925
MK2	0,590	0,055	45,569	45,766	46,663	46,215
MK3	8,250	0,082	11,789	13,924	35,200	20,121
MK4	4,650	0,010	10,457	10,583	17,620	15,117
MK5	0,589	0,152	11,119	10,132	13,460	11,860
³ MK6	0,214	0,056	-60,743	-54,551	-59,403	-60,474

Pastabos:

¹Minimalios ir maksimalios vertės, gautos, taikant visus 3 darbo metodikoje aprašytus metodus.

²Lietuvos BSA tvarkytojams nustatyti ir siūlomi taikyti ŠESD emisijų faktoriai.

³Vertinamos ŠESD fermentuojant maisto BSA, kompostuojant raugą bei deginant pagamintas biodujas kogeneraciniame jėgainėje.



4.1.4 pav. ŠESD, tiesiogiai ir netiesiogiai susidarančių, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, emisijų faktoriai, kg/t BSA (nevertinant CO₂ dėl biudujų deginimo KJ)

4.2 Maisto pramonės BSA taikomų aerobinių apdorojimo procesų poveikis oro kokybei

Naudojant 2.2 poskyryje pateiktos metodikos 7 ir 8 formules, įvertintas plačiausiai taikomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijų poveikis oro kokybei dėl oro teršalais sukeltamų eutrofikacijos ir „blogojo“ ozono formavimosi procesų. Rezultatai pateikti 4.2.1 lentelėje.

Didžiausią įtaką turi MK6 tvarkymo metodas (0,749 bei 0,310 kg/t BSA atitinkamai). Taip pat nemažą poveikį eutrofikacijos procesui daro MK3 technologija – atviras maisto BSA kompostavimas (0,240 kg/t BSA).

4.2.1 lentelė Poveikis aplinkos oro kokybei, įvairiai aerobiniu būdu apdorojant maisto BSA, kg/t BSA

Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdorojimo metodai	Poveikis eutrofikacijai dėl NH ₃ , NO _x , SO ₂ , kg/t BSA	Poveikis „blogojo“ ozono formavimosi procesui dėl LOJ, NO _x , SO ₂ , kg/t BSA
MK1	0,107	0,068
MK2	0,127	0,090
MK3	0,240	0,067
MK4	0,042	0,064
MK5	0,064	0,054
MK6	0,749	0,310

4.3 Maisto BSA aerobinių apdorojimo procesų poveikis klimato kaitai

Tikslu įvertinti ŠESD, susidarantių maisto BSA aerobinio apdorojimo procesų metu, poveikį globaliam šiltėjimui ir dėl to – klimato kaitai, visi susidarantys ŠESD (CH_4 , N_2O , CO_2) pagal darbo metodikos 13 formulę perskaičiuoti į CO_2 ekvivalentą. Vertinimo rezultatai pateikti 4.3.1 lentelėje.

4.3.1 lentelė Poveikis klimato kaitai kompostuojant maisto BSA, kg CO_2 ekv./t BSA

Lietuvoje ir kt. ES šalyse plačiausiai taikomi BSA aerobinio apdorojimo metodai	Globalinio šiltėjimo potencialas (GWP), $^1\text{kg CO}_2$ ekv./t BSA	Globalinio šiltėjimo potencialas (GWP), kg CO_2 ekv./t BSA
	Tiesioginis poveikis (lokaliniu mastu)	Bendras poveikis (regiono mastu)
MK1	31,2	72,5
MK2	35,5	76,9
MK3	234,7	242,5
MK4	123,4	129,6
MK5	63,3	71,1
MK6	126,3	163,5

Pastaba:

1 Vertinant CO_2 ekv. išlankas KJ deginant biodujas.

Lyginant įvairias BSA aerobinio apdorojimo technologijas, vertinant, kiek kg CO_2 ekv. susidaro tvarkant 1 t BSA, nustatyta, kad:

- didžiausias poveikis klimato kaitai daromas atskirai surinktų maisto BSA, įsk. iš maisto pramonės įmonių (įsk. ŠGP) arba raugo atviro kompostavimo metu (atitinkamai 234,7 bei 126,3 kg CO_2 ekv./t BSA). Plėvelės naudojimas kompostavimo metu sumažina šį poveikį iki 50 % (110,0 kg CO_2 ekv./t BSA), biofiltro – iki 70 % (63,3 kg CO_2 ekv./t BSA).
- mažiausias poveikis klimato kaitai daromas kompostuojant maisto / virtuvės atliekas (įsk. ŠGP) uždaro intensyvaus kompostavimo įrenginiuose su numatytu tolimesniu brandinimu atliekų susidarymo vietoje arba perduodant pirminį kompostą į ŽAKA (atitinkamai 31,2 bei 35,5 kg CO_2 ekv./t BSA).

4.4 Plačiausiai taikomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologinių procesų lyginamoji analizė

Lyginamajai analizei parinktas medžiagų ir energijos balansų sudarymo metodas. Medžiagų ir energijos srautų kiekybinės išraiškos pateikiamos pagal apklausos metu gautus rezultatus (žr. 3.1,1 lentelę) ir/arba literatūros analizės metu gautus duomenis (žr. 1.3.1 lentelę).

Be 4.1 – 4.3 poskyriuose pateiktų aplinkosaugos aspektų, šiame poskyryje vertinamos elektros energijos sąnaudos, BSA laikinai laikant šaldytuvuose (šaldikliuose) jų susidarymo vietose ir dizelinio kuro sąnaudos BSA transportuojant iki apdorojimo įrenginių bei reikšmingas poveikis aplinkai dėl šių aspektų (oro teršalai ir ŠESD).

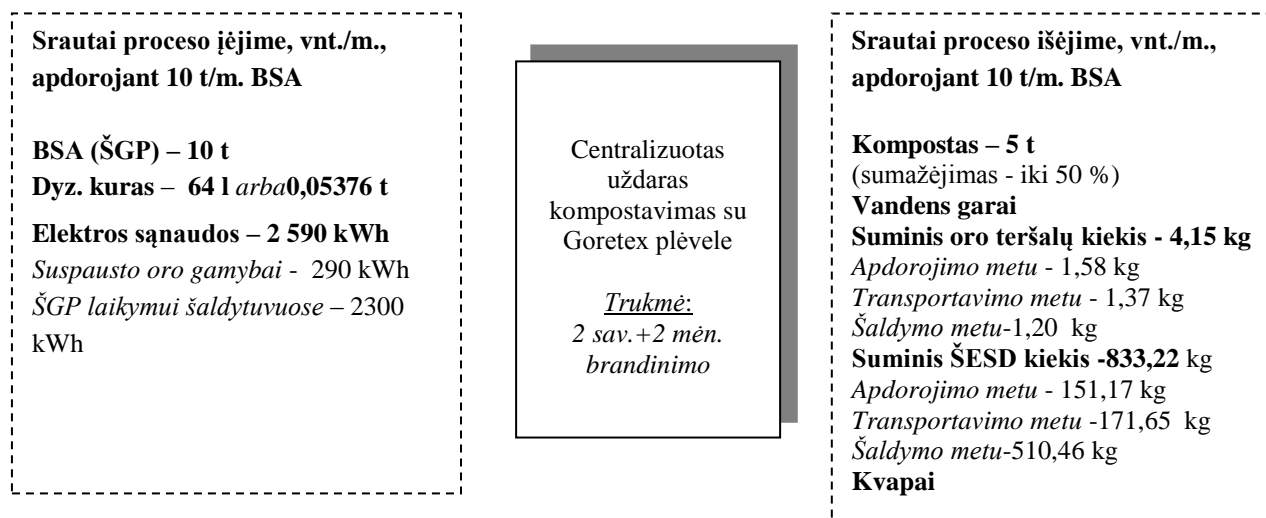
4.4.1 – 4.4.5 paveiksluose pateikti medžiagų ir energijos balansai maitinimų įstaigų BSA aerobiniam apdorojimui, 4.4.5 - 4.4.10 paveiksluose – maisto pramonės įmonių BSA. Detalus skaičiavimai pateikti 1-4 prieduose.

Maisto BSA, įsk. ŠGP, Lietuvoje esamų aerobinio apdorojimo technologijų bei siūlomų alternatyvų lyginamojo aplinkosauginio įvertinimo rezultatai pateikti 4.4.1 ir 4.4.2 lentelėse.

Atliekų srautas - maitinimo įstaigų BSA (įsk. ŠGP)

(vertinimui priimama prielaida, kad maitinimo įstaigoje per metus susidaro iki 10 t BSA)

Esama situacija (Lietuvoje)



4.4.1 pav. Maitinimo įstaigų BSA kompostavimo, naudojant Goretex plėvelę, medžiagų ir energijos balansas

Teršalų ir ŠESD, susidarančių ŠGP transportuojant ir laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 1-me priede.

<p>Srautai proceso įėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>BSA (ŠGP) – 10 t Dyz. kuras – 641 arba 0,05376 t</p> <p>Elektros sąnaudos – 2 650 kWh <i>ŠGP terminiam apdorojimui - 350 kWh</i> <i>ŠGP laikymui šaldytuvuose – 2300 kWh</i></p>	<p>Centralizuotas atviras pramoninis kompostavimas kartu su kitomis BSA (įsk. mėšlą (ŠGP), ŽA, ¹kt.)</p> <p>ŠGP prieš kompostavimą termiškai apdorojamos</p> <p><i>Trukmė:</i> <i>1 mėn.+2 mėn. brandinimo</i></p>	<p>Srautai proceso išėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>Kompostas – 5 t <i>(sumažėjimas -iki 50 %)</i></p> <p>Vandens garai Suminis teršalų kiekis -6,14 kg <i>Apdorojimo metu - 3,57 kg</i> <i>Transportavimo metu - 1,37 kg</i> <i>Šaldymo metu-1,20 kg</i> Suminis ŠESD kiekis -883,32 kg <i>Apdorojimo metu- 201,21 kg</i> <i>Transportavimo metu -171,65 kg</i> <i>Šaldymo metu-510,46 kg</i> Kvapiai</p>
---	--	---

4.4.2 pav. Maitinimo įstaigų BSA centralizuoto atviro pramoninio kompostavimo medžiagų ir energijos balansas

¹Pastaba: dalis BSA tvarkytojų naudoja probiotines medžiagas.

Teršalų, susidarantių ŠGP transportuojanti laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 1-me priede.

Siūlomi tvarkymo būdai

<p>Srautai proceso įėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>BSA (ŠGP) – 10 t</p> <p>Elektros energija- 5160 kWh</p>	<p>Uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje Oklin įrenginyje, naudojant mikroorganizmus ACIDULO™</p> <p><i>Trukmė:</i> <i>24 val.+2 mėn. brandinimo vietoje</i></p>	<p>Srautai proceso išėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>Kompostas – 2 t <i>(sumažėjimas iki 80%)</i></p> <p>Vandens garai Suminis teršalų kiekis - 1,39 kg <i>Apdorojimo metu-1,39 kg</i> Suminis ŠESD kiekis -419,25 kg <i>Apdorojimo metu- 419,25 kg</i></p>
--	---	---

4.4.3 pav. Maitinimo įstaigų BSA intensyvaus kompostavimo ir brandinimo jų susidarymo vietoje medžiagų ir energijos balansas

Gaunamo pirminio komposto brandinimas vykdomas vietoje (šalia apgyvendinimo / maitinimo įstaigos esamame žemės sklypo plote), o periodinis gaminamo komposto maišymas atliekamas rankiniu būdu, šiam tikslui nenaudojant dyzelinio kuro.

<p>Srautai proceso įėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>BSA (ŠGP) -10 t</p> <p>Elektros energija - 5160 kWh</p> <p>Dyz. kuras –12,8 l arba 0,01075 t</p>	<p>Uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje Oklin įrenginyje, naudojant mikroorganizmus ACIDULO™</p> <p><i>Trukmė:</i> 24 val.+2 mėn.brandinimas ŽAKA</p>	<p>Srautai proceso išėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>Kompostas – 2 t (sumažėjimas iki 80%)</p> <p>Vandens garai</p> <p>Suminis teršalų kiekis -1,66 kg Apdorojimo metu-1,39 kg Transportavimo metu- 0,27 kg</p> <p>Suminis ŠESD kiekis - 453,58kg Apdorojimo metu- 419,25 kg</p>
--	--	---

4.4.4 pav. Maitinimo įstaigų BSA uždaro intensyvaus kompostavimo jų susidarymo vietoje su numatytu tolimesniu brandinimu ŽAKA medžiagų ir energijos balansas

Vertinimui priimama, kad Oklin įrenginyje apdorojamų maisto BSA kiekis sumažėja iki 80 proc. (t.y. pirminio komposto pagaminama apie 2 t/m. arba apyt. 5 kg/d.). Gaunamas pirminis kompostas sandėliuojamas uždaroje talpose ir transportuojamas į ŽAKA. Teršalų, susidarančių pirminį kompostą transportuojant į ŽAKA, įvertinimas pateiktas 2-me priede.

<p>Srautai proceso įėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>BSA (ŠGP) – 10 t</p> <p>Dyz. kuras –64 l arba 0,05376 t</p> <p>Elektros sąnaudos – 2 650 kWh ŠGP apdorojimui - 350 kWh ŠGP laikymui šaldytuvuose – 2300 kWh</p>	<p>Centralizuotas uždaras intensyvus kompostavimas (pramoninis: tuneliuose, konteineriuose), naudojant biofiltrus</p> <p><i>Trukmė:</i> 2 sav.+2 mėn. brandinimo</p>	<p>Srautai proceso išėjime, vnt./m., apdorojant 10 t/m. BSA</p> <p>Kompostas – 4 t (sumažėjimas- iki 60 %)</p> <p>Vandens garai</p> <p>Suminis teršalų kiekis - 4,18 kg Apdorojimo metu-1,61kg Transportavimo metu - 1,37 kg Šaldymo metu- 1,20 kg</p> <p>Suminis ŠESD kiekis -800,71kg Apdorojimo metu-118,60 kg Transportavimo metu -171,65 kg Šaldymo metu-510,46 kg</p>
---	--	--

4.4.5 pav. Maitinimo įstaigų BSA intensyvaus kompostavimo tuneliuose arba konteineriuose medžiagų ir energijos balansas

Teršalų, susidarančių ŠGP transportuojant ir laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 2-me priede.

4.4.1 lentelė Viešojo maitinimo įstaigoms siūlomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijų aplinkosauginio įvertinimo rezultatai

Esama BSA apdorojimo technologija	Siūlomos BSA apdorojimo alternatyvos	Sutaupymai, vnt/m.				Oro teršalų ir ŠESD sumažėjimas, kg/m. (%)		¹ Kvapai (siūlomoje alternatyvoje)		Maisto BSA masės sumažėjimas kompostuojant, %
		Dyz. kuras, l	Elektros ir šiluminė energija, kWh			Oro teršalai	ŠESD	Intensyvumas	Periodiškumas	
			BSA laikymui	BSA apdorojimui	Bendras kiekis					
<i>Centralizuotas kompostavimas po Goretex plėvele (BSA - 10 t per metus)</i>	Uždaras intensyvus kompostavimas ir brandinimas BSA susidarymo vietoje (pvz., Oklin)	64	2300	- 4870	-2570	2,76 (~ 67)	413,97 (~50)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Uždaras intensyvus kompostavimas BSA susidarymo vietoje (pvz., Oklin) ir brandinimas ŽAKA	51,2	2300	- 4870	- 2570	2,49 (~60)	379,64 (~46)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Centralizuotas uždaras intensyvus kompostavimas su biofiltrais	0	0	- 60	- 60	-0,03 (~ - 0,7)	32,51 (~ 4)	1	periodiškai, kraunant BSA	Iki 50 - 60
<i>Centralizuotas atviras kompostavimas (BSA - 10 t per metus)</i>	Uždaras intensyvus kompostavimas ir brandinimas BSA susidarymo vietoje (pvz., Oklin)	64	2300	- 4810	- 2510	4,75 (~ 77)	464,07 (~ 53)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Uždaras intensyvus kompostavimas BSA susidarymo vietoje ir brandinimas ŽAKA	51,2	2300	- 4810	- 2510	4,48 (~ 73)	464,07 (~ 49)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Centralizuotas kompostavimas po Goretex plėvele	0	0	60	60	1,99 (~ 32)	50,10 (~ 6)	1	pastoviai, (laikant prieš kompostavimą, formuojant kaupus, kt.)	Iki 40 - 50
	Centralizuotas uždaras intensyvus kompostavimas subiofiltrais	0	0	0	0	1,66 (~ 27)	82,61 (~ 9)	1	periodiškai, kraunant BSA	Iki 50 - 60

¹Pastaba: kvapų intensyvumas vertinamas nuo 0 iki 2 balų: 0 – nėra kvapo, 1 – lengvai jaučiamas, 2 – intensyvus (tik kompostuojant atvirai).

Centralizuoto maitinimo įstaigų maisto BSA tvarkymo palyginimo su tvarkymu kuo arčiau susidarymo šaltinio, naudojant intensyvaus kompostavimo technologijas, rezultatai aprašyti toliau darbo 5.1 skyriuje.

Lyginant maitinimo įstaigų maisto BSA kompostavimą po Goretex plėvele su atviru kompostavimu (įsk. ŠGP terminį apdorojimą – iki 35 kWh/t BSA) (žr. 4.4.1 lentelę),

- analizuojant BSA apdorojimą, gaminant kompostą,
 - papildomos elektros sąnaudos yra iki 20 % mažesnės nei atvirosios technologijos;
 - teršalų kiekis sumažėja iki 56 %, ŠESD - iki 25 %, kadangi kompostuojant po plėvele, išsiskyrusios dujos tirpsta kondensate, kuris formuojasi ant vidinės membranos pusės, kas sumažina išlakų išsiskyrimą į aplinkos orą, ir tuo pačiu ženkliai sumažėja kvapų intensyvumas (žr. 4.1 skyrių);
 - analizuojant bendrą poveikį aplinkai (tiesioginį ir netiesioginį), atviro kompostavimo technologija turi vieną didžiausių įtakų oro kokybei: dėl teršalais sukeltos eutrofikacijos (iki 0,240 kg/ t BSA) bei klimato kaitai dėl ŠESD (iki 234,7 kg CO₂ ekv./t BSA); tuo tarpu plėvelės naudojimas kompostavimo metu sumažina šį poveikį atitinkamai iki 82,5% ir iki 50 % (žr. 4.2 ir 4.3 poskyrius);
- analizuojant ne tik BSA apdorojimą, bet ir laikiną laikymą susidarymo vietoje (šaldytuvuose arba šaldikliuose), taip pat jų transportavimą iki centralizuoto tvarkymo vietos, naudojant Goretex plėvele stebimas teršalų sumažėjimas iki 32 %, ŠESD - iki 6 % (žr. 4.4.1 lentelę).

Lyginant maitinimo įstaigų maisto BSA intensyvių kompostavimą tuneliuose arba konteineriuose su atviru kompostavimu,

- analizuojant tik BSA apdorojimą, gaminant kompostą,
 - procesas pilnai automatizuotas, todėl užtikrinamas jo efektyvumas;
 - prieš kompostavimą tuneliuose nereikia papildomai termiškai apdoroti ŠGP, kadangi juose užtikrinama reikiama higienizavimo temperatūra (iki 70 °C); galiausiai elektros energijos naudojimo intensyvumas abiejų technologijų atveju yra preliminariai vienodas (iki 35 kWh/t BSA);
 - dėl biofiltrų veikimo tuneliuose išsiskiria iki 55 % mažesnis oro teršalų kiekis bei iki 27 % mažesnis ŠESD kiekis (žr. 4.1 skyrių), taip pat mažesnis susidarančių kvapų intensyvumas;
- analizuojant bendrą poveikį aplinkai (tiesioginį ir netiesioginį dėl papildomų energijos sąnaudų), poveikis oro kokybei bei klimato kaitai išlieka iki 73 % mažesnis (žr. 4.2 bei 4.3 poskyrius);
- analizuojant ne tik BSA apdorojimą, bet ir laikiną laikymą susidarymo vietoje, transportavimą iki centralizuoto tvarkymo vietos, oro teršalų kiekis mažesnis iki 32 %, ŠESD - iki 6 % (žr. 4.4.1 lentelę).

Atlieku srautas –atskirai surinktos maisto pramonės atliekos (įsk. ŠGP)*(vertinimui priimama prielaida, kad per metus susidaro ir turi būti sutvarkyta iki 1000 t BSA)***Esama situacija (Lietuvoje)**

**Srautai proceso įėjime, vnt./m.,
apdorojant 1000 t/m. BSA**

BSA (ŠGP) – 1000 t**Dyz. kuras – 288 l arba 0,24t****Elektros sąnaudos – 259 MWh***Suspausto oro gamybai - 29 MWh**ŠGP laikymui šaldytuvuose –**230 MWh*

Centralizuotas
uždaras
kompostavimas
naudojant Goretex
plėvelę

Trukmė:
2 sav.+2 mėn.
brandinimo

**Srautai proceso išėjime, vnt./m.,
apdorojant 1000 t/m. BSA**

Kompostas – 500 t
*(sumažėjimas iki 50 %)***Kvapai****Vandens garai****Suminis teršalų kiekis -284,14 kg***Apdorojimo metu - 158 kg**Transportavimo metu - 6,14 kg**Šaldymo metu – 120 kg***Suminis ŠESD kiekis -66,9 t***Apdorojimo metu – 15,12 t**Transportavimo metu - 0,77 t**Šaldymo metu- 51,5 t*

4.4.6 pav. Maisto pramonės BSA kompostavimo, naudojant Goretex plėvelę, medžiagų ir energijos balansas

Teršalų, susidarančių ŠGP transportuojant ir laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 3-me priede.

**Srautai proceso įėjime, vnt./m.,
apdorojant 1000 t/m. BSA**

BSA (ŠGP) – 1000 t**Dyz. kuras – 288 l arba 0,24192t****Bendros el. en. sąnaudos – 265 MWh***ŠGP terminiam apdorojimui- 35 MWh**ŠGP laikymui šaldytuvuose –**230 MWh*

Centralizuotas atviras
pramoninis
kompostavimas
kartu su kitomis BSA
(įsk. mėsų (ŠGP), ŽA,
¹kt.)

ŠGP prieš
kompostavimą
terminiškai apdorojamos

Trukmė:
1 mėn.+2 mėn.
brandinimo

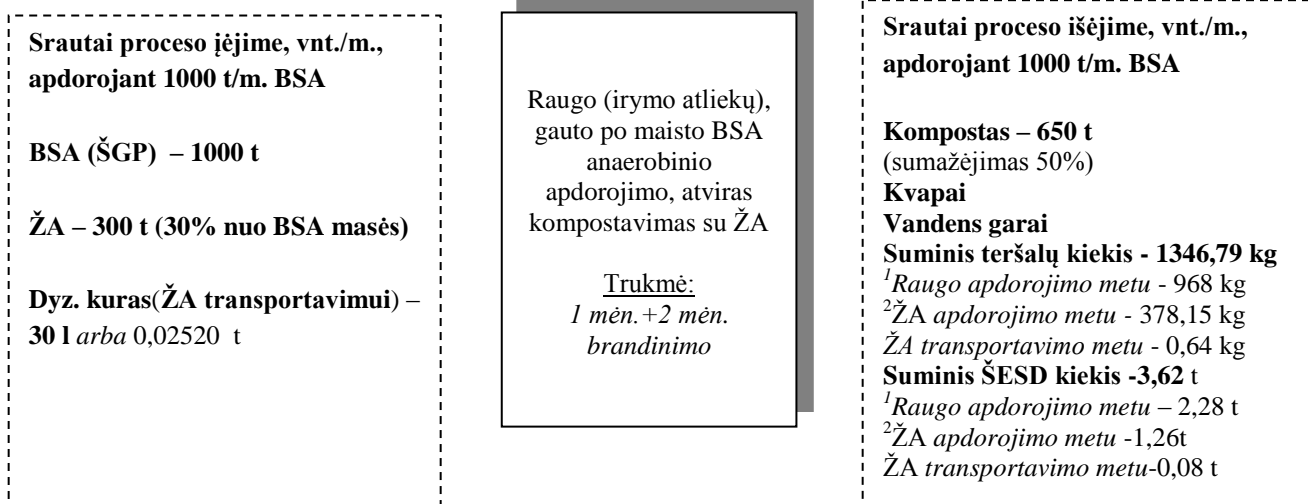
**Srautai proceso išėjime, vnt./m.,
apdorojant 1000 t/m. BSA**

Kompostas – 500 t
*(sumažėjimas iki 50 %)***Kvapai****Vandens garai****Suminis teršalų kiekis -483,14 kg***Apdorojimo metu - 357 kg**Transportavimo metu - 6,14 kg**Šaldymo metu- 120 kg***Suminis ŠESD kiekis -71,94 t***Apdorojimo metu- 20,12 t**Transportavimo metu- 0,77 t**Šaldymo metu- 51,05 t*

4.4.7 pav. Maisto pramonės BSA centralizuoto atviro pramoninio kompostavimo medžiagų ir energijos balansas

¹Pastaba: dalis BSA tvarkytojų naudoja probiotines medžiagas.

Teršalų, susidarančių ŠGP transportuojant ir laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 3-me priede.



4.4.8 pav. Raugo (iryimo atliekų), gauto po maisto BSA anaerobinio apdorojimo, atviro kompostavimo kartu su ŽA medžiagų ir energijos balansas

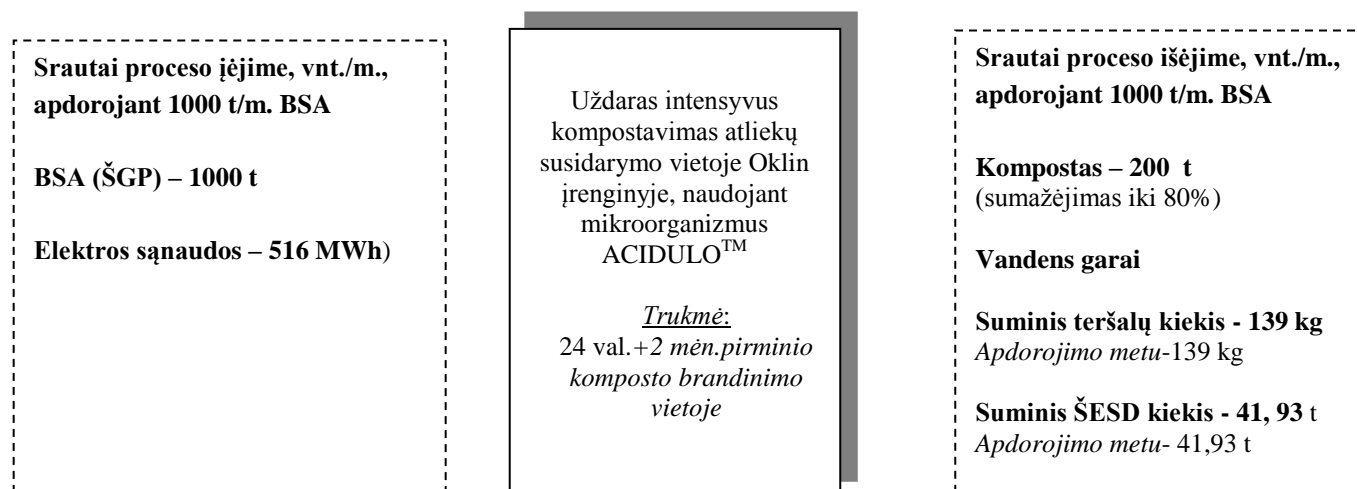
Pastabos:

¹Kadangi darbe analizuojamas tik pagaminto raugo kompostavimo proceso poveikis aplinkos oro kokybei bei klimato kaitai, vertinimui naudojami raugo tiesioginio poveikio metu susidarantys teršalų bei ŠESD kiekiai (nevertinant CO₂ dėl biudujų deginimo KJ).

²Informacijos šaltinis (Staugaitis ir kt., 2016).

Teršalų, susidarantių ŠGP transportuojanti laikant šaldytuvuose, įvertinimas pateiktas 3-me priede.

Sūdomi tvarkymo būdai



4.4.9 pav.Maisto pramonės BSA uždaro intensyvaus kompostavimo ir brandinimojū susidarymo vietoje medžiagų ir energijos balansas

<p>Srautai proceso įėjime, vnt./m., apdorojant 1000 t/m. BSA</p> <p>BSA (ŠGP) – 1000 t</p> <p>Elektros sąnaudos – 265 MWh <i>ŠGP terminiam apdorojimui-35 MWh</i> <i>ŠGP laikymui šaldytuvuose- 230 MWh</i></p>	<p>Uždaras intensyvus kompostavimas (pramoninis) tuneliuose arba konteineriuose, naudojant biofiltrus</p> <p><u>Trukmė:</u> 2 sav.+2 mėn brandinimo</p>	<p>Srautai proceso išėjime, vnt./m., apdorojant 1000 t/m. BSA</p> <p>Kompostas – 400 t (sumazėjimas iki 60 %)</p> <p>Vandens garai</p> <p>Suminis teršalų kiekis -287,14 kg <i>Apdorojimo metu – 161kg</i> <i>Transportavimo metu - 6,14 kg</i> <i>Šaldymo metu-120 kg</i></p> <p>Suminis ŠESD kiekis -63, 68 t <i>Apdorojimo metu-11,86 t</i> <i>Transportavimo metu- 0,77 t</i> <i>Šaldymo metu-51,05 t</i></p>
--	--	---

4.4.10 Maisto pramonės BSA pramoninio intensyvaus kompostavimo (tuneliuose ar konteineriuose), naudojant biofiltrus, medžiagų ir energijos balansas

Centralizuoto maisto pramonės BSA tvarkymo palyginimas su tvarkymu kuo arčiau susidarymo šaltinio, taikant integruotas atliekų vadybos principus, pateiktas toliau darbo 5.2 skyriuje.

Lyginant esamus maisto pramonės BSA centralizuoto tvarkymo metodus, aplinkosauginiu požiūriu pranašesnės uždaro technologijos, naudojant mažiau investicijų reikalaujančią technologiją su kompostavimu po Goretex plėvele arba intensyvų kompostavimą tuneliuose arba konteineriuose. Tuo atveju jeigu generuojamos maisto BSA pasižymi dideliu metano dujų potencialu, jos fermentuojamos, gaminant biodujas (apklausos metu nustatyta, kad vidutinė BSA energetinė vertė yra apie 0,520 MWh/t BSA). Gaminama energija naudojama BSA apdorojimui, perteklinė – maisto apdorojimo technologiniuose procesuose ir/arba perduodama į tinklus.

Analizuojant BSA, įsk. ŠGP, laikiną laikymą susidarymo vietoje (maisto pramonės šaldytuvuose arba šaldikliuose), taip pat jų transportavimą iki centralizuoto tvarkymo vietos, terminį apdorojimą (iki 35 kWh/t BSA) ir atvirą kompostavimą,

- kompostuojant po Goretex plėvele teršalų kiekis sumažėja iki 41 %, ŠESD - iki 7 % (žr. 4.4.2 lentelę);
- naudojant intensyvų kompostavimą tuneliuose arba konteineriuose, teršalų kiekis taip pat sumažėja iki 41 %, ŠESD - dar daugiau - iki 12 % (žr. 4.4.2 lentelę).

4.4.2 lentelė Maisto pramonės įmonėms siūlomų maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijų aplinkosauginio įvertinimo rezultatai

Esama BSA apdorojimo technologija	Siūlomos BSA apdorojimo alternatyvos	Sutaupymai, vnt/m.				Oro teršalų ir ŠESD sumažėjimas, kg/m. (%)		Kvapai (siūlomoje alternatyvoje)		Maisto BSA masės sumažėjimas kompostuojant, %
		Dyz. kuras, l	Elektros ir šiluminė energija, MWh			Oro teršalai	ŠESD	Intensyvumas	Periodiškumas	
			BSA laikymui	BSA apdorojimui	Bendras kiekis					
Centralizuotas kompostavimas po Goretex plėvele (BSA - 1000 t per metus)	Uždaras intensyvus kompostavimas ir brandinimas BSA susidarymo vietoje (pvz., Oklin)	288	230	- 487	- 257	0,145 (~ 51)	24,4 (~ 37)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Centralizuotas uždaras intensyvus kompostavimas su biofiltrais	0	0	- 6	- 6	- 3 (~ -1)	3,3 (~ 5)	1	periodiškai, kraunant BSA	Iki 50 - 60
Centralizuotas atviras kompostavimas (BSA - 1000 t per metus)	Uždaras intensyvus kompostavimas ir brandinimas BSA susidarymo vietoje (pvz., Oklin)	288	230	- 481	- 251	0,344 (~ 71)	29,4 (~ 41)	0	retai, atsitiktinai	Iki 60 - 80
	Centralizuotas uždaras intensyvus kompostavimas su biofiltrais	0	0	0	0	0,196 (~ 41)	8,2 (~ 12)	1	periodiškai, kraunant BSA	Iki 50 - 60
	Centralizuotas kompostavimas po Goretex plėvele	0	0	6	6	0,199 (~ 41)	5,0 (~7)	1	pastoviai, (laikant prieš kompostavimą, formuojant kaupus, kt.)	Iki 40 - 50
Raugo atviras kompostavimas su ŽA	Raugo kompostavimas po Goretex plėvele	288	230	310	828	0,04 (~ 97)	(~ -88)	1	pastoviai, (laikant prieš kompostavimą, formuojant kaupus, kt.)	Iki 40 - 50

¹Pastaba: kvapų intensyvumas vertinamas nuo 0 iki 2 balų: 0 – nėra kvapo, 1 – lengvai jaučiamas, 2 – intensyvus (tik kompostuojant atvirai).

Kompostuojant raugą ir ŽA mišinį, taikant atvirą technologiją, pastebėta, kad dėl ŽA naudojimo ženkliai padidėja oro teršalų (kompostuojant ŽA, oro teršalų emisijų faktorius yra iki 70 % didesnis nei kompostuojant maisto BSA: apdorojant maisto BSA atviruoju būdu, NH₃ emisijų faktorius - 0,200 kg/t BSA, tuo tarpu ŽA NH₃ - 0,66kg/t BSA. Be to, pačio raugo atviro kompostavimo metu išsiskiria nemažas kiekis NH₃ - iki 0,465 kg/t BSA.

Raugo kompostavimo technologija turi vieną didžiausių įtakų oro kokybei: dėl teršalais sukeltos eutrofikacijos (iki 0,749 kg/ t BSA), tačiau iki 51 % mažesnį poveikį klimato kaitai dėl ŠESD (iki 63,5kg CO₂ ekv./t BSA); plėvelės naudojimas kompostavimo metu sumažina poveikį oro kokybei iki 94 %.

Lyginant maisto pramonės įmonių maisto BSA, įsk. ŠGP, kompostavimą po Goretex plėvele su raugo ir žaliųjų atliekų mišinio atviru kompostavimu,

- analizuojant tik kompostavimo procesą, dėl naudojamos uždaros plėvelinės technologijos bendras oro teršalų kiekis sumažėja iki 84%, įsk. NH₃ – 97-98%, (t.y. iki 0,004 kg/t BSA), poveikis dėl teršalais sukeltos eutrofikacijos sumažėja iki 94 % (žr. 4.2 ir 4.3 poskyrius);
- raugo laikymo talpą uždengti Goretex plėvele, laikymo metu išsiskiriančio NH₃ kiekis sumažėja nuo 0,177kg/t iki 0,005kg/t BSA.
- analizuojant ne tik BSA kompostavimo procesą, bet ir laikiną laikymą susidarymo vietoje (maisto pramonės šaldytuvuose arba šaldikliuose), taip pat jų transportavimą iki centralizuoto tvarkymo vietos ir apdorojimą, naudojant Goretex plėvelę stebimas teršalų sumažėjimas iki 79 %, tačiau ŠESD – iki 88% padidėja (žr. 4.4.2 lentelę).

5. REKOMENDACIJOS MAISTO PRAMONĖS ĮMONĖMS IR VIEŠOJO MAITINIMO ĮSTAIGOMS DĖL MAISTO BSA IR PAGAMINTO RAUGO AEROBINIO APDOROJIMO GALIMYBIŲ, MAŽINANT POVEIKĮ APLINKAI

5.1 Rekomendacijos viešojo maitinimo įstaigoms, dėl susidarančių BSA (ŠGP) tvarkymo

Pagal atliekų tvarkymo hierarchiją atliekų tvarkymas jų susidarymo šaltinyje – prioritetinga atliekų tvarkymo veikla, kadangi mažėja poveikis aplinkai dėl atliekų transportavimo, daugumoje atveju gaminami aukštesnės pridėtinės vertės produktai, kt. (Staniškis ir kt., 2017).

Pagal atliekų tvarkymo prioritetiškumą viešojo maitinimo įstaigoms maisto / virtuvės BSA, įsk. ŠGP, siūloma tvarkyti tokiais būdais:

- 1) Taikant įvairius ŠG prevencinius metodus, vengti arba mažinti atliekų susidarymą šaltinyje, pvz., optimizuojant žaliavų planavimą, tobulinant vadybos sistemą, vengiant broko susidarymo dėl pasenusių technologijų, žmogiškojo faktoriaus, kt.
- 2) Tuo atveju, jeigu BSA susidaro (pvz., atliekos maisto mechaninio apdorojimo metu, maisto patiekalų likučiai), esant techninėms galimybėms (atskiroms patalpoms su priverstine ventiliacine sistema, kad išvengti taip vadinamos „kryžminės“ taršos):
 - aerobiškai apdoroti ir brandinti jų susidarymo vietoje intensyvaus kompostavimo įrenginyje (pvz., naudojant Oklin technologiją su mikroorganizmais, kurie pagreitina pirminio komposto gamybą iki 24 val.) *arba*
 - aerobiškai apdoroti jų susidarymo vietoje intensyvaus kompostavimo įrenginyje ir pagamintą pirminį kompostą transportuoti brandinimui į ŽAKA, taip gerinant žaliųjų atliekų komposto vertingumą kaip trąšos (jame didinant organinių medžiagų bei kitų mikroelementų kieki).

Taikant šį apdorojimo metodą, išsiskiriančių oro teršalų kiekis iki 77 %, ŠESD kiekis – iki 53 % mažesnis, palyginti su atviru apdorojimu; palyginti su apdorojimu po Goretex plėvele – atitinkamai iki 67 ir 50 %. Siūlomose intensyvaus apdorojimo įrenginiuose išlakos išvalomos anglies filtru (biofiltru) ir nuvedamos į aplinkos orą per patalpos ventiliacijos sistemą. Pavyzdžiui, Oklin technologijos atveju oro teršalų (LOJ, KD, NH₃) išvalymo efektyvumas siekia nuo 50 iki 100 %.

Kadangi susidariusios maisto BSA iškarto nukreipiamos į uždaro kompostavimo įrenginį, išvengiama kvapų, kurie susidaro atliekų laikymo metu, taip pat visiškai nėra kvapų BSA apdorojimo metu.

Vertinant maisto BSA intensyvaus apdorojimo vietoje netiesioginį poveikį aplinkai dėl papildomų energijos sąnaudų, verta pabrėžti, kad tokio pobūdžio įrenginiuose proceso pagreitinimui sunaudojama žymiai daugiau elektros energijos (iki 516 kWh/t BSA) nei centralizuoto apdorojimo atveju (29-35 kWh/t BSA). Tačiau bendras poveikis aplinkos orui dėl oro teršalų ir ŠESD nepadidėja (žr. 4.4.1 lentelę), kadangi:

- įsigyjant Oklin įrenginį, maitinimo įstaigai nereikės laikinai laikyti BSA, jas šaldant (pvz., Palangos miesto kavinėje elektros energijos sąnaudos ŠGP laikymui šaldiklyje-iki 2300 kWh/m. arba iki 330 kWh/t ŠGP) (žr. 3.1 lentelę);
 - kompostuojant maisto BSA jų susidarymo vietoje, nereikia vežti BSA iki centralizuoto apdorojimo vietos, dėl ko nesunaudojama dyzelinio kuro (įvertinta, kad vidutiniškai Lietuvoje – sunaudojama iki 6 – 7 litrų vienai t BSA transportuoti), ir nesusidaro išlakų iš mobilių taršos šaltinių (oro teršalų – iki 0,137 kg/t BSA, ŠESD – iki 17,2 kg /t BSA) (žr. 4.4.1 ir 4.4.2 pav.);
 - Oklin įrenginyje pagaminto pirminio komposto masė sumažėja nuo 60 iki 80%; tuo atveju, jeigu pagamintas pirminis kompostas transportuojamas tolimesniam brandinimui į ŽAKA dėl sumažėjusių kuro sąnaudų, sumažėja ir poveikis aplinkos orui (oro teršalų kiekis sumažėja nuo 0,14 iki 0,03 kg/t BSA, ŠESD – nuo 17,2 iki 3,4kg/t BSA (iki 80 %)) (žr.4.4.4 pav.).
- 3) Lyginant esamus kavinių maisto BSA centralizuoto aerobinio apdorojimo metodus, aplinkosauginiu požiūriu pranašesnės uždaros technologijos (su Goretex plėvele arba intensyvus kompostavimas tuneliuose arba konteineriuose, kuriuose įrengti bio-filtrai).

5.2 Rekomendacijos maisto pramonės įmonėms, dėl susidarančių BSA (ŠGP) tvarkymo

Pagal atliekų tvarkymo prioretiškumą maisto pramonės įmonėms maisto BSA, įsk. ŠGP, siūloma tvarkyti:

- 1) Taikant įvairius ŠG prevencinius metodus, vengti arba mažinti atliekų susidarymą - mažinti atliekų kiekį produkcijos vienetui (pvz., kg/t) (Staniškis ir kt., 2010).
- 2) Jeigu BSA susidaro (pvz., dėl gaminamo produkto ypatybių), visų pirmą jas rūšiuoti pagal srautus, išskiriant medžiagas, kurios gali būti pritaikomos aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybai (pvz., iš vištienos apdirbimo, skerdyklų šalutinių produktų galima išskirti baltymus, kolageną, iš vaisių ir daržovių atliekų: apelsino žievės - limononą, obuolių išspaudų – polifenolius, pomidorų žievelės – karotenoidus; iš išrūgų - laktalbuminą; javų - netirpias maistines skaidulas; aliejinių augalų - fenolius, fitosterolą ir t.t. (Ravindran, R. ir kt., 2016)).
- 3) Likusius BSA siūloma tvarkyti kuo arčiau susidarymo šaltinio, gaminant biodujas ir/arba aukšto vertingumo kompostą.
- 4) Tuo atveju, jeigu parenkamas BSA aerobinis apdorojimas, siūloma taikyti greitas intensyvaus apdorojimo technologijas, kurios užtikrina procesų parametrų palaikymą ir poveikio aplinkai mažėjimą, įsk. kvapų eliminavimą. Pvz., gaminant kompostą didesnio našumo pramonei pritaikytame Oklin įrenginyje (GG 30S, GG 50S), per 24 val. galima pagaminti geros kokybės pirminį kompostą (organinių medžiagų – virš 77 % SM (Staugaitis ir kt., 2016), kurio kiekis sumažėja nuo 60 iki 80 % palyginti su BSA kiekiu. Kadangi pramonės įmonės turi pakankamai teritorijos, įsk. žaliuosius plotus, siūloma pirminį kompostą brandinti čia pat ir pagamintą kompostą naudoti teritorijos apželdinimui. Tokiu atveju palyginti su centralizuotu atviru

- apdorėjimu, išsiskiriančių oro teršalų kiekis mažėja iki 77 %, ŠESD kiekis – iki 53 %; palyginti su centralizuotu apdorėjimu po Goretex plėvele – atitinkamai iki 67 ir 50 %. Jeigu nėra galimybių brandinti kompostą įmonės teritorijoje, siūloma jį perduoti centralizuoto žaliųjų atliekų tvarkymo įrenginiams ir brandinti su pirminių kompostu, pagamintu iš žaliųjų atliekų, taip didinant pastarojo vertingumą kaip trąšos.
- 5) Tuo atveju jeigu pramonės įmonėje generuojamos drėgnos maisto BSA su dideliu metano dujų potencialu, visų pirma turi būti taikomas jų anaerobinis apdorėjimas (fermentavimas), gaminant biodujas ir gautojo raugo kompostavimas su ŽA. Įvertinta, kad Lietuvos maisto pramonės įmonėse BSA fermentavimo metu vidutiniškai gaminama iki 165 MWh elektros bei iki 145 MWh šiluminės perteklinės energijos, kuri naudojama maisto apdorėjimo procesuose ir/arba perduodama (parduodama) į tinklus.
 - 6) Kompostuojant raugą kartu su ŽA, tikslu sumažinti poveikį aplinkai siūloma diegti uždaras technologijas, pvz., kompostavimą po Goretex plėvele, kurios naudojimas sumažina oro teršalų (ypatingai NH₃) kiekį nuo 0,820 iki 0,563 kg/t BSA, taip pat sumažėja ŠESD: CH₄- iki 50 %, N₂O - 90 %.
 - 7) Įmonėms, kurios kompostuoja maisto pramonės BSA ir raugą, kurios priskiriamos 3-čios kategorijos ŠGP, siūloma atkreipti ypatingą dėmesį į reikalavimus ŠGP tvarkymui: prieš biologinį apdorėjimą - 20 min. sterilizacija slėgiu ($T \geq 133$ °C; $P \geq 3$ barų);
 - 8) Įmonėms, kurios kompostuoja maisto BSA (ŠGP) be išankstinės sterilizacijos turi naudoti tik uždaras kompostavimo technologijas, išlaikant >70 °C temperatūrą minimaliai 60 min.
 - 9) Oro teršalų, ŠESD ir kvapų mažinimui siūloma taikyti šiuos metodus:
 - biologinio apdorėjimo proceso pagerinimui naudoti probiotines medžiagas (pvz., SCD Odor Away) [14];
 - vengti raugo atviro laikymo iki kompostavimo prieš kaupų formavimą;
 - vengti skystos BSA frakcijos atviro nutekėjimo, pvz., talpą uždengiant Goretex plėvele, taip žymiai sumažinant oro teršalų ir ŠESD patekimą į aplinkos orą;
 - kompostuojant, užtikrinti teisingą BSA sumaišymą, išlaikant reikiamą C:N santykį (20-30:1) bei tinkamų technologinių parametrų išlaikymą (drėgnis -50 -60 %, O₂-15-20 %, temperatūra - nuo 15 iki 75 °C, priklausomai nuo kompostavimo stadijos).
 - 10) Verta pabrėžti, kad pastaraisiais metais, investicijos į alternatyvios energijos gamybos kofinansavimą sumažėjo iki 10 kartų. Atsirado galimybių gauti kofinansavimą iš struktūrinių fondų su sąlyga, kad pagaminta alternatyvi energija bus naudojama pačių įmonių technologiniuose procesuose.

IŠVADOS

1. Mokslinės ir praktinės literatūros bei statistinių duomenų analizės rezultatai:
 - tik iš atskirai surinktų maisto pramonės bei viešųjų įstaigų maisto BSA, įsk. ŠGP, jas biologiškai apdorojant, gaminamas aukšto vertingumo (kaip trąšos) kompostas;
 - kompostuojant BSA daromas reikšmingas poveikis oro kokybei dėl oro teršalų (NH_3 , LOJ, CO, KD) ir klimato kaitai dėl ŠESD (CH_4 , N_2O , CO_2);
 - Lietuvoje susidaro apie 130 tūkst. t maisto pramonės BSA, sąvartynuose šalinama iki 13 % (realiai šių atliekų kiekis žymiai didesnis, kadangi maitinimo įstaigų maisto BSA dažniausiai nukreipiamos į komunalinių atliekų srautą; tai visų pirma susiję su didesniais ŠGP tvarkymo kaštais).
2. Darbe pasiūlyta metodika įvertinti maisto BSA aerobinio apdorojimo poveikį aplinkos oro kokybei dėl eutrofikacijos ir troposferos ozono formavimosi bei klimato kaitai dėl ŠESD. Metodikoje įvairioms maisto BSA aerobinio apdorojimo technologijoms nustatyti ir tarpusavyje palyginti aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI) – oro teršalų ir ŠESD emisijų faktoriai (oro teršalo / ŠESD kiekis, kg/t BSA), vertinant tiesioginį (iš stacionarių ir mobilių taršos šaltinių) ir netiesioginį (dėl papildomos energijos sąnaudų arba dėl perteklinės energijos gamybos) poveikį aplinkai.
3. Tiriamojo darbo metu atlikta maisto pramonės BSA tvarkytojų Lietuvoje apžvalga, nustatant faktinius AAI tikslu įvertinti oro teršalų ir ŠESD emisijų faktorius bei poveikį oro kokybei bei klimato kaitai.
4. Pagrindiniai maisto pramonės BSA (įsk. ŠGP) aerobinio apdorojimo bendro poveikio oro kokybei bei klimato kaitai lyginamosios analizės rezultatai:
 - mažiausias poveikis oro kokybei daromas, intensyviai kompostuojant maisto BSA (vietoje ar centralizuotai): oro teršalų, kurie sukelia eutrofikaciją, suminis kiekis – $< 0,11$ kg/t BSA; teršalų, sukeliančių troposferos ozono formavimąsi suminis kiekis – $\leq 0,07$ kg/t BSA;
 - didžiausias poveikis aplinkos oro kokybei daromas, atvirai kompostuojant raugą su žaliosiomis atliekomis: teršalų, kurie sukelia eutrofikaciją suminis kiekis - iki $0,749$ kg/t BSA; teršalų, sukeliančių troposferos ozono formavimąsi - $0,310$ kg/t BSA;
 - didžiausiu poveikiu klimato kaitai dėl ŠESD pasižymi maisto BSA atviro kompostavimo technologijos (iki $242,5$ kg CO_2 ekv./t BSA), mažiausiu poveikiu – apdorojimas fermentavimo būdu, gaminant biodujas ir kompostuojant raugą (iki $63,5$ kg CO_2 ekv./t BSA) (dėl perteklinės energijos gamybos) bei intensyviai kompostuojant maisto BSA (iki 77 kg CO_2 ekv./t BSA);
 - oro teršalų bei ŠESD kiekis maisto pramonės BSA apdorojant vietoje kuo arčiau susidarymo šaltinyje atitinkamai iki 77 bei 53 % mažesni, palyginti su centralizuotu atviru maisto BSA kompostavimu, iki 67 ir 50 % mažesni, palyginti su centralizuotu maisto BSA kompostavimu, naudojant Goretex plėvelę;

- oro teršalų bei ŠESD poveikis oro kokybei bei klimato kaitai maisto BSA centralizuotai apdorojant uždaruose intensyvaus kompostavimo įrenginiuose yra iki 73 % mažesnis, palyginti su centralizuotu atviru BSA kompostavimu;
 - oro teršalų bei ŠESD poveikis oro kokybei bei klimato kaitai maisto BSA centralizuotai apdorojant naudojant Goretex plėvelę yra atitinkamai iki 82,5 % ir 53 % mažesnis, palyginti su centralizuotu atviru BSA kompostavimu;
 - aplinkosauginiu požiūriu pranašesnės yra uždaros ir intensyvios BSA aerobinio apdorojimo technologijos, tvarkant atliekas kuo arčiau susidarymo šaltinio (pvz., esant techninėms galimybėms – maitinimo įstaigose; šalia maisto pramonės įmonių, išlaikant SAZ).
5. Darbe sudaryti plačiausiai taikomų maisto BSA, įsk. ŠGP, aerobinio apdorojimo metodų medžiagų ir energijos balansai, kuriuose papildomai įvertintos energijos sąnaudos, reikalingos BSA laikinam laikymui jų susidarymo šaltinyje ir transportavimui iki atliekų tvarkymo vietos bei dėl to daromo tiesioginio ir netiesioginio poveikio aplinkai.
6. Balansų lyginamosios analizės rezultatai panaudoti, sudarant rekomendacijas dėl integruoto maisto BSA, įsk. ŠGP, tvarkymo, atsižvelgiant į poveikį oro kokybei ir klimato kaitai:
- Viešojo maitinimo įstaigoms pasiūlyta maisto BSA, įsk. ŠGP, tvarkyti pagal tvarkymo prioritetų eiliškumą – nuo prevencinių metodų, vengiant jų susidarymo šaltinyje iki biologinio apdorojimo vietoje, naudojant intensyvias uždaras technologijas (pvz., „Oklin“ komposteriai, kuriuose, pirminis kompostas gaminamas per 24 val.) ir gaminant aukšto vertingumo kompostą. Tuo atveju, jeigu nėra galimybių brandinti pirminį kompostą vietoje, siūloma jį transportuoti į ŽAKA ir brandinti kartu su ŽA, taip didinant ŽA komposto vertingumą. Tokiu būdu poveikis aplinkos oro kokybei mažėja iki 47 %, palyginti su atviru centralizuotu apdorojimu, poveikis klimato kaitai – iki 68 %.
 - Maisto pramonės įmonėms pateikta 10 rekomendacijų, kuriose siūloma visų pirma taikyti ŠG prevencinius metodus, mažinant atliekų kiekį gaminamos produkcijos vienetui; susidarančias maisto BSA - rūšiuoti pagal atskirus srautus, išskiriant medžiagas, kurios gali būti naudojamos aukštesnės pridėtinės vertės produktų gamybai; likusią dalį maisto BSA - biologiškai apdoroti kuo arčiau susidarymo šaltinio: fermentuoti (esant dideliame metano dujų potencialui atliekose) ir /arba kompostuoti, naudojant intensyviuosius įrenginius arba Goretex plėvelę. Tokiu būdu poveikis aplinkos oro kokybei sumažėja iki 82 %, palyginti su centralizuotu neintensyviu apdorojimu, poveikis klimato kaitai – iki 71-74 % mažesnis.
 - Biologinio apdorojimo proceso pagerinimui rekomenduojama naudoti probiotines medžiagas, ypatingą dėmesį atkreipti į teisingą BSA mišinio sudarymą (C:N santykį) bei tinkamų technologinių parametru (drėgnis, O₂, temperatūra) išlaikymą.

LITERATŪROS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

Mokslinės literatūros šaltiniai

- Amlinger, F. Peyr, S. & Cuhls, C., 2008. Greenhouse gas emissions from composting and mechanical biological treatment. *Waste Management and Research*, 26, 47-60;
- Andersen, JK., Boldrin, A., Samuelsson J., Christensen TH., Scheutz, C., 2010. Quantification of Greenhouse Gas Emissions from Windrow composting of Garden Waste. *Journal of Environmental Quality*, 713-724;
- Arcadis (project No. 11/004759), 2010. Assessment of the options to improve the management of bio-waste in the European Union. Prieiga internete: http://ec.europa.eu/environment/waste/compost/pdf/ia_biowaste%20-%20final%20report.pdf;
- Arcadis (project No. ENV.G.4/FRA/2008/0112), 2010. Analysis of the evolution of waste reduction and the scope of waste prevention. Final Report. Prieiga internete: http://ec.europa.eu/environment/waste/prevention/pdf/report_waste.pdf ;
- Baky, A. & Eriksson. O., 2003. Systems Analysis of Organic Waste Management in Denmark, Environmental Project No. 822, Copenhagen: Danish EPA;
- Bogner, J., Ahmed, M.A., Diaz, C., Faaij, A., Gao, Q., Hashimoto, S., Mareckova, K., Pipatti, R., Zhang, T., 2007. Waste management. In: Metz, B., Davidson, O.R., Bosch, P.R., Dave, R., Meyer, L.A. (Eds.), *Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA;
- Boldrin, A., Andersen, J.K., Moller, J., Christensen, T.H., Favoino, E. 2009. Compost and compost utilization: accounting of greenhouse gases and global warming contributions. *Waste Management and Research*. 27, 800-812;
- Brandli R. C., Bucheli T. D., Kupper T., Stadelmann F. X. and Tarradellas J., 2006. Optimized accelerated solvent extraction of PCBs and PAHs from compost. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. 86 (7), 505–525;
- Cepanko, V., 2010. Fermentuotų atliekų tyrimai ir panaudojimo technologijos. Daktaro disertacija. VGTU, P-180;
- Dimitris P. Komilis, Robert K. Ham., 2006. Carbon dioxide and ammonia emissions during composting of mixed paper, yard waste and food waste. *Waste Management*. 26, 62–70;
- Eunomia Research & Consulting, 2007. Managing Biowastes from Households in the UK: Applying Life-cycle Thinking in the Framework of Cost-benefit Analysis. Appendices to the Main Report;
- Haaren, R., Nickolas, J., Themelis, Morton Barlar, 2010. LCA comparison of windrow composting of yard waste with use as alternative daily cover (ADC). *Waste Management*. 30, 2649-2656;
- Gronauer, A. M. Helm, S. Schattner-Schmidt, B. Hellman., 1996. Emissions of greenhouse and environmental relevant gases by the decomposition of organic waste from households. In *The Science of Composting. Proc. European Commission International Symposium*. 1174-1176;
- Gronauer, A., Claassen, N., Ebertseder, T., Fischer, P., Gutser, R., helmet, M., Popp, L. & Schön, H., 1997. *Biowaste composting: operations and recovery*. Bavarian State Office for Environmental Protection, Munich, Germany. P-139;
- Grontmij & IVAM, 2004. A Life Cycle Assessment for Vegetable, Fruit and Garden Waste –Review of the LCA accompanying the 2003 Netherlands National Waste Plan. De Bilt/Amsterdam;
- Gvildienė K. Kompostų kokybė, jų įtaka dirvožemiui ir augalams. 2016. Daktaro disertacija. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centras. P-129;

- Khoo, H.H., Lim, T.Z. & Tan, R.B.H. 2010. Food waste conversion options in Singapore: Environmental impacts based on an LCA perspective. *Science of the Total Environment*. 408(6), 1367-1373;
- Kim, M.H. & Kim, J.W. 2010. Comparison through a LCA evaluation analysis of food waste disposal options from the perspective of global warming and resource recovery. *Science of the Total Environment*. 408(19), 3998-4006;
- 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., K. Makarskienė, K., 2015. Improving material and energy recovery from the sewage sludge and biomass residues. *Waste Management*. 36, 269-276;
- Kliopova, I., Stanevičiūtė, K. 2013. Evaluation of Green waste Composting Possibilities. *Environmental research, Engineering and Management*, 3(65), 6-19;
- Komilis, D., P., Ham, R., K., 2000. A laboratory method to investigate gaseous emissions and solids decomposition during composting of municipal solid wastes. *Compost science & utilization*. 254-265;
- Komilis, D., Ham, R., 2004. Life-Cycle Inventory of Municipal Solid Waste and Yard Waste Windrow Composting in the United States. *Journal of Environmental Engineering*. 130 (11), 1390-1400;
- Komilis, D., Ham, R., Park, J.K., 2004. Emission of volatile organic compounds during composting of municipal solid wastes. *Water Research*. No 38(7), 1707-14;
- Lee, S.H., Choi, K.I., Osako, M. & Dong, J.I. 2007. Evaluation of environmental burdens caused by changes of food waste management systems in Seoul, Korea. *Science of the Total Environment*. 387(1), 42-53;
- Liu, X., Gao, X., Wang, W., Zheng, L., Zhou, Y., Sun, Y., 2012. Pilot-scale anaerobic codigestion of municipal biomass waste: focusing on biogas production and GHG reduction. *Renew. Energy*. 44, 463-468;
- Mangwandi, C., Jiang Tao, L., Albadarin, A.B., Allen, S.J., Walker, G.M., 2013. Alternative method for producing organic fertiliser from anaerobic digestion liquor and limestone powder: high shear wet granulation. *Powder Technol.* 233, 245-254;
- NG Guan, C., Yusoff, S., 2015. Life Cycle Inventory of Institutional Medium-scaled Co-composting of Food Waste and Yard Waste in Tropical Country. *Sains Malaysiana*. 44, 517–527;
- Paavola, T., Rintala, J., 2008. Effects of storage on characteristics and hygienic quality of digestates from four co-digestion concepts of manure and biowaste. *Bioresour. Technol.* 99, 7041-7050;
- Ravindran, R. and Jaiswal, A.K., 2016. A Comprehensive Review on Pre-Treatment Strategy for Lignocellulosic Food Industry Waste: Challenges and Opportunities. *Bioresource Technology*. 1, vol. 199, 92-102
- Sahu S. K., Pattanayak S. K., Mahananda M. R., 2013. Compost quality assessment for successful organic waste recycling. *An International Quarterly Journal of Environmental Sciences*. 3, 199-203;
- Schenk, M. K., 1997. N₂O Emissions during composting of organic waste. *Acta horticulturae*. 450, 253-262;
- Staniškis, J.K. (atsakingas redaktorius), Kliopova I., Kliaugaitė, D., Kruopienė, J., Miliūtė-Plepienė, J., Varžinskas, V., Ūselytė, R., 2017. Darni atliekų vadyba. Monografija. *Technologija*. P-350;
- Staugaitis, G., Kliopova, I., Mažeika, R., Gvildienė, K., Jurovickaja, E., 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;
- Su Lin Lim, Leong Hwee Lee, Ta Yeong Wu, 2016. Sustainability of using composting and vermicomposting technologies for organic solid waste biotransformation: recent overview, greenhouse gases emissions and economic analysis. *Journal of Cleaner Production*. 111, 262-278;
- Williams, P. T., 2005. *Waste Treatment and Disposal*, 2nd Edition, Wiley, Chichester, UK;

- Zhe Ni, Jianguo Liu, Mingying Song, Xiaowei Wang, Lianhai Re, Xin Kong, 2000. Characterization of odorous charge and photochemical reactivity of VOC emissions from a full-scale food waste treatment plant in China. *The Science of the Total Environment*. 254, 65 – 74;
- Zeshan , Visvanathan, C., 2014. Evaluation of anaerobic digestate for greenhouse gas emissions at various stages of its management. *International Biodeterioration & Biodegradation*. 95, 167-175.

Tesiės aktai ir kiti informacijos šaltiniai

1. LR Vyriausybės 2014-04-16 nutarimas Nr. 366 „Dėl Valstybinio atliekų tvarkymo 2014-2020 metų plano patvirtinimo“ (Žin., 2014, Nr.04989). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-15]. Prieiga per :<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/d833b6d0cfa811e3a8ded1a0f5aff0a9>;
2. LR aplinkos ministro 2005-07-15 įsakymas Nr. D1-378 „Dėl į atmosferą išmetamo teršalų kiekio apskaičiavimo metodikų sąrašo patvirtinimo“ (Žin., 2005, Nr. 92-3442; 2009, Nr. 70-2868). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per : <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.210C565F59C2/fOpBbWBgqQ>;
3. LR aplinkos ministro 2007-01-25 įsakymas Nr. D1-57 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų kompostavimo aplinkosauginių reikalavimų patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 23-902; 2009, Nr. 88-3777; TAR 2016, Nr. 04880). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-15]. Prieiga per: <https://www.etar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.CE7691148F1E/ODszZoFfHK;>
4. LR aplinkos ministro 2011-04-18 įsakymas, Nr. D1-327 „Dėl biologiškai skaidžių atliekų naudojimo tręšimui laikinųjų aplinkosauginių reikalavimų aprašo patvirtinimo“ (Žin., 2011, Nr. 47-247; TAR, 2014, Nr. 4243). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-26]. Prieiga per :<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.9CDA491AD5A8>;
5. LR aplinkos ministro 2012-09-26 įsakymas Nr. D1-778 „Dėl reikalavimų techninio komposto, techninio raugo ir stabilato kokybei ir naudojimui patvirtinimo“ (Žin., 2012, Nr. 114-5792). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-15]. Prieiga per ::
6. Komisijos reglamentas (ES) Nr. 142/2011 (2011-02-25), 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 (OL 2011 L 54, p. 1). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-27]. Prieiga per: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX%3A02011R0142-20140715>;
7. 2009-10-21 Europos Parlamento ir Tarybos reglamentas (EB) Nr. 1069/2009, kuriuo nustatomos žmonėms vartoti neskirtų šalutinių gyvūninių produktų ir jų gaminių sveikumo taisyklės ir panaikinamas reglamentas (EB) Nr. 1774/2002 (OL 2009 L 300, p. 1). [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per: <http://publications.europa.eu/lt/publication-detail/-/publication/cd2b6c68-b889-46b0-8edc-5787397a0a40/language-lt>;
8. EEA/CORINAIR Oro teršalų inventORIZacijos vadovas (*Angl.* - Air pollutant emission inventory guidebook), 2016.[interaktyvus] [žiūrėta 2017-05-05]. Prieiga per :<http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook>;
9. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste // 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 5 leidimas. *Atliekos*. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-05]. Prieiga per :<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol5.html>;
10. 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Energy // 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės šiltnamio efektą sukeliančių dujų apskaitos gairės. 2 leidimas. *Energetika*. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-08]. Prieiga per :<http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol2.html>

11. Danish emissions inventory for agriculture, 2014. Scientific report from Danish center for environment and energy for period 1985 - 2011. P-145. (NH₃ emissions – 36-47)[interaktyvus] [žiūrėta 2017-04-15];
12. WRAP - Organization helping businesses and individuals reduce waste, develop sustainable products and use resources in an efficient way. 2011. Compost Production for use in Growing Media – a Good Practice Guide. England, p. 18-25[interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-15];
13. Study report on End-of-waste criteria for Biodegradable waste subjected to biological treatment. 2013. Final Report. European Commission. IPTS. Seville. Spain. 289 p. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-15];
14. VšĮ Aplinkos vadybos ir audito institutas. Biotechnologijos. Probiotiniai preparatai. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-15]. Prieiga per :<http://www.avai.lt/scd-odor-away/>
15. Gedminas, A., Ozolinčius, R., Ozonas – miško draugas ar priešas;
16. Aplinkos oro kokybės vertinimo vadovas. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-10]. Prieiga per :
http://gamta.lt/files/Aplinkos_oro_kokybes_vertinimo_vadovas.pdf
17. AIVIKS.[interaktyvus] [žiūrėta 2017-01-17]. Prieiga per :
<https://aplinka.lt/lakus-organiniai-junginiai;>
<https://aplinka.lt/co2-anglies-dioksidas;>
<https://aplinka.lt/ch4-metanas;>
18. Aplinkos apsaugos agentūra. Klimato kaita. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-15]. Prieiga per :
<http://klimatas.gamta.lt/cms/index?rubricId=f81d7db6-1d15-4aaa-ab05-1fcc9b467ba1>
19. LR aplinkos ministro 2007-05-10 įsakymas Nr. V-362 Dėl Lietuvos higienos normos HN 35:2007 „Didžiausia leidžiama cheminių medžiagų (teršalų) koncentracija gyvenamosios aplinkos ore patvirtinimo“ (Žin., 2007, Nr. 55-2162)[interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-01]. Prieiga per ;
20. Darnus vystymasis. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-10]. Prieiga per :
<http://www.darnusvystymasis.gpf.lt/lt/siltnamio-efekta-sukelianscios-dujos;>
21. Gore Cover kompostavimo sistema. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-10]. Prieiga per :
<http://www.netzerowaste.com/gore-cover.>
22. Oklin International Ltd. Greengood kompostavimo įrenginiai – maisto atliekų mažinimas susidarymo vietoje. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-29]. Prieiga per :[http://oklininternational.com/;](http://oklininternational.com/)
23. Joraform kompostavimo įrenginiai. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-16]. Prieiga per: <http://www.joraform.se/en;>
24. FinEco būgninis kompostavimo įrenginys. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-29]. Prieiga per :<http://fineco.lt/>
25. Staniškis, J.K., Kliopova, I., Miliūtė-Plepienė, J., Kruopienė, J., Kliaugaitė, D., Uselytė, R., Varžinskas, V., 2017. Darni atliekų vadyba. Monografija, P 100-119. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-03-29];
26. 2016 m. Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos projektas „Reikalavimų (kriterijų) iš biologiškai skaidžių atliekų gaminamiems produktams rengimas“ (Nr. VPS-2015-131-KKSP).
27. Kietosios dalelės.[interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-10]. Prieiga per
:https://lt.wikipedia.org/wiki/Kietosios_dalel%C4%97s
28. Vandenilio sulfidas. [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-10].Prieiga per
:https://lt.wikipedia.org/wiki/Vandenilio_sulfidas
29. Rūgštieji lietūs, [interaktyvus] [žiūrėta 2017-02-10]. Prieiga per
:[https://lt.wikipedia.org/wiki/R%C5%ABg%C5%A1tutis_lietus\](https://lt.wikipedia.org/wiki/R%C5%ABg%C5%A1tutis_lietus)

1 PRIEDAS

4.4.1- 4.4.2 paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai

Uždaras pramoninis kompostavimas naudojant plėvelę GORE® COVER	Atviras pramoninis (centralizuotas) kompostavimas
Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų) NH ₃ - 0,004 kg/t BSA LOJ - 0,026 kg/t BSA CO - 0,082 kg/t BSA NO _x - 0,038 kg/t BSA KD - 0,008 kg/t BSA Bendras - 0,158 kg/t BSA arba 1,58 kg/10 t BSA	Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų): NH ₃ - 0,200 kg/t BSA LOJ - 0,026 kg/t BSA CO - 0,083 kg/t BSA NO _x - 0,040 kg/t BSA KD - 0,008 kg/t BSA Bendras - 0,357 kg/t BSA arba 3,57 kg/10 t BSA
ŠESD apdorojimo (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų) metu: CH ₄ - 4,650 kg/t BSA N ₂ O - 0,010 kg/t BSA CO ₂ - 10,457 kg/t BSA Bendras - 15,117 kg/t BSA arba 151,17 kg/10 t BSA	ŠESD apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų): CH ₄ - 8,250 kg/t BSA N ₂ O - 0,082 kg/t BSA CO ₂ - 11,789 kg/t BSA Bendras - 20,121 kg/t BSA arba 201,21 kg/10 t BSA

Teršalų bei ŠESD, susidarantių BSA transportavimo metu, vertinimas

Dyz. kuro vertinimui priimame:

- Nedidelės transporto priemonės dyz. kuro sąnaudos: 8l / 100 km;
- Min. atstumas - 20 km;
- Sunaudojamo dyz. kuro sąnaudos - min.1,6 l / važiavimui *arba* 0,00134 t / važiavimui;
- Vežama 0,25 t BSA /k., t.y.: 40 k./m. (kadangi susidarantių maisto BSA kiekis – 10 t);
- Dyž. kuro tankis – 0,84 kg/l *arba* 0,00084 t/l;
- 1 t dyz. kuro – 0,04307 TJ (ŠESD vertinimui)

Metodika įvertinti teršalų kiekį deginant dyzelinį kurą autotransporto vidaus degimo varikliuose pateikta Europos aplinkos agentūros EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadovo 1A3 skyriuje „Kelių transportas“.

$E_{\text{teršalo}} = FC_{\text{kuro}} \times EF_{\text{teršalo}} \times 10^{-3}$, kur $E_{\text{teršalo}}$ – teršalo kiekis; t, FC_{kuro} – sunaudoto kuro, t $EF_{\text{teršalo}}$ – teršalo emisijų faktorius, kg/t kuro, pateiktas 1.1 lentelėje.

Metodika įvertinti ŠESD, kurios susidaro vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, pateikta 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ (žr. 2.3 poskyriaus 12 formulę).

1.1 lentelė Oro teršalų, deginant dyzelinį kurą kelių transporto priemonių vidaus degimo varikliuose, emisijų faktoriai, kg/t dyzelinio kuro [8]

Deginamas kuras	CO	NH ₃	NMLOJ	NO _x	KD
Dyzelinis kuras	7,40	0,038	1,540	14,91	1,52

1.2 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA transportavimo metu

	1 reisui	40 reisų
Dyz. kuro sąnaudos, l	1,6	84
Dyz. kuro sąnaudos, t	0,00134	0,05376
Oro tarša, kg:		
NH ₃	0	0,002
CO	0,01	0,398
LOJ	0,002	0,083
NO _x	0,02	0,801
KD	0,002	0,082
Viso:	0,034	1,365

ŠESD, kg:		
CH ₄	0,0002	0,0096
N ₂ O	0,0017	0,0662
CO ₂	4,289	171,574
Viso:	4,2913	171,6502

Išlakų bei ŠESD, susidarantių BSA laikymo šaldytuvuose metu, vertinimas

Teršalo bei ŠESD dėl papildomos elektros energijos sąnaudų, susidarantių ŠGP laikymo šaldytuvuose metu, emisijų faktorius ($EF_{el.en}$, kg/t BSA) (kai energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos šaltinių – gamtinių dujų) vertinamas pagal 4 formulę, pateiktą 2.1 skyriuje.

Darbe vertinimui priiimame, kad šaldytuvo energijos sąnaudos – 230kWh/t BSA. Jeigu ši energija būtų gaminama DKDĮ deginant gamtines dujas, reikėtų sudeginti iki 27,169 tūkst. nm³ (FC_{kuro})gamtinių dujų (žr. 2.1 skyriuje pateiktą 5 formulę).

1.2 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA laikymo šaldytuve metu

Oro tarša, kg/t BSA	
NO _x	0.081
CO	0.035
LOJ	0.002
Sox	0
KD	0.001
Viso:	0,120 arba 1,2/10 t BSA
ŠESD, kg/t BSA	
CH ₄	0,0009
N ₂ O	0,0001
CO ₂	51,045
Viso:	51,0458 arba 510, 46/10 t BSA

2 PRIEDAS

4.4.3 - 4.4.5paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai

Uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje	Uždaras intensyvus pramoninis kompostavimas tuneliuose arba konteineriuose, naudojant biofiltrus	
<u>Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų).</u> NH ₃ - 0,042kg/t BSA LOJ - 0,002kg/t BSA CO - 0,029 kg/t BSA NO _x - 0,065kg/t BSA KD - 0,0007 kg/t BSA SO _x - 0,0002 kg/t BSA Viso: 0,139 kg/t BSA arba 1,39 kg/10 t BSA	<u>Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų)</u> NH ₃ - 0,004 kg/t BSA LOJ - 0,0140kg/t BSA CO - 0,082kg/t BSA NO _x - 0,040 kg/t BSA KD - 0,012 kg/t BSA SO _x - 0 kg/t BSA Bendras - 0,161 kg/t BSA arba 1,61 kg/t BSA	
<u>ŠESD apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų):</u> CH ₄ - 0,590kg/t BSA N ₂ O - 0,055kg/t BSA CO ₂ - 41,280kg/t BSA Viso: 41,925 kg/t BSA arba 419,25 kg/10 t BSA	<u>ŠESD apdorojimo (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų) metu:</u> CH ₄ - 0,589 kg/t BSA N ₂ O - 0,152 kg/t BSA CO ₂ - 11,119 kg/t BSA Bendras - 11,86 kg/t BSA arba 118,6 kg/ t BSA	
Teršalų bei ŠESD, susidarančių BSA transportavimo į ŽAKAmetu, vertinimas		
<p>Dyz. kuro vertinimui priimame:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Nedidelės transporto priemonės dyz. kuro sąnaudos: 8l / 100 km; - Min. atstumas - 20 km; - Sunaudojamo dyz. kuro sąnaudos - min.1,6 l / važiavimui <i>arba</i> 0,00134 t / važiavimui; - Vežama 0,25 t pirminio komposto /k., t.y.: 8 k./m. (kadangi susidarančio pirminio komposto kiekis – 2 t); - Dyz. kuro tankis – 0,84 kg/l <i>arba</i> 0,00084 t/l; - 1 t dyz. kuro – 0,04307 TJ (ŠESD vertinimui) <p>Metodika įvertinti teršalų kiekį deginant dyzelinį kurą autotransporto vidaus degimo varikliuose pateikta Europos aplinkos agentūros EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadovo 1A3 skyriuje „<i>Kelių transportas</i>“.</p> <p>$E_{\text{teršalo}} = FC_{\text{kuro}} \times EF_{\text{teršalo}} \times 10^{-3}$, kur $E_{\text{teršalo}}$ – teršalo kiekis; t, FC_{kuro} – sunaudoto kuro, t $EF_{\text{teršalo}}$ – teršalo emisijų faktorius, kg/t kuro, pateiktas 1 priedo 1.1 lentelėje.</p> <p>Metodika įvertinti ŠESD, kurios susidaro vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, pateikta 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ (žr. 2.3 skyriaus 12 formulę).</p>		
2.1 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA transportavimo metu		
	1 reisui	8 reisams
Dyz. kuro sąnaudos, l	1,6	12,8
Dyz. kuro sąnaudos, t	0,00134	0,01075
Oro tarša, kg:		
NH ₃	0	0
CO	0,01	0,080
LOJ	0,002	0,017
NO _x	0,02	0,160
KD	0,002	0, 016
Viso:	0,034	0,273
ŠESD, kg:		
CH ₄	0,0002	0,0019
N ₂ O	0,0017	0,0132
CO ₂	4,289	34,315
Viso:	4,2913	34,3300

3 PRIEDAS

4.4.6 - 4.4.8paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai

Atviras pramoninis (centralizuotas) kompostavimas	Uždaras kompostavimas naudojant plėvelę GORE® COVER	Pūdytos masės (įrymo atliekų), gautos po maisto BSA anaerobinio apdorojimo, atvias kompostavimas su ŽA	
Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog. dėl el. energ. sąnaudų): NH ₃ - 0,200kg/t BSA LOJ - 0,026kg/t BSA CO - 0,083kg/t BSA NO _x - 0,040kg/t BSA KD - 0,008kg/t BSA Bendras - 0,357 kg/t BSA arba 357 kg/1000 t BSA	Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog. dėl el. energ. sąnaudų): NH ₃ - 0,004 kg/t BSA LOJ - 0,026 kg/t BSA CO - 0,082 kg/t BSA NO _x - 0,038 kg/t BSA KD - 0,008 kg/t BSA Bendras - 0,158 kg/t BSA arba 158 kg/1000 t BSA	Teršalai raugo apdorojimo metu (tiesiog.): NH ₃ - 0,465kg/t BSA LOJ - 0,028kg/t BSA CO - 0,085kg/t BSA NO _x - 0,349kg/t BSA KD - 0,006kg/t BSA SO _x - 0,036 kg/t BSA Bendras - 0,968kg/t BSA arba 968 kg/1000 t BSA	Teršalai ŽA apdorojimo metu: NH ₃ - 0,66kg/t BSA LOJ - 0,0248kg/t BSA CO - 0,5637kg/t BSA NO _x - 0,0115kg/t BSA KD - 0,005kg/t BSA Bendras - 1,2605 kg/t BSA arba 378,15 kg/300 t BSA
ŠESD apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog. dėl el. energ. sąnaudų): CH ₄ - 8,250kg/t BSA N ₂ O - 0,082kg/t BSA CO ₂ - 11,789kg/t BSA Bendras - 20,121 kg/t BSA arba 20121 kg/1000 t BSA	ŠESD apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog. dėl el. energ. sąnaudų): CH ₄ - 4,650 kg/t BSA N ₂ O - 0,010 kg/t BSA CO ₂ - 10,457 kg/t BSA Bendras - 15,117 kg/t BSA arba 15117 kg/1000 t BSA	ŠESD raugo apdorojimo metu (tiesiog.): CH ₄ - 0,215kg/t BSA N ₂ O - 0,056kg/t BSA CO ₂ - 2,008 kg/t BSA Bendras - 2,279kg/t BSA arba 2279kg/1000 t BSA	ŠESD ŽA apdorojimo metu []: CH ₄ - 1,475kg/t BSA N ₂ O - 1,05kg/t BSA CO ₂ - 1,662kg/t BSA Bendras - 4,187 kg/t BSA arba 1256,1 kg/1000 t BSA

Teršalų bei ŠESD, susidarantių BSA transportavimo metu, vertinimas

Dyz. kuro vertinimui priimame:

- Didelės transporto priemonės dyz. kuro sąnaudos: 15l / 100 km;
- Min. atstumas - 20 km;
- Sunaudojamo dyz. kuro sąnaudos - min. 3 l / važiavimui arba 0,00252 t / važiavimui;
- Vežama 2k./sav, t.y.: 96 k./m. (transportavimui sunaudojama iki 288 l/m. dyz. kuro);
- Dyz. kuro tankis - 0,84 kg/l arba 0,00084 t/l;
- 1 t dyz. kuro - 0,04307 TJ (ŠESD vertinimui)

Anaerobinio raugo kompostavimo atveju, susidaranti maisto BSA fermentuojamos įmonės teritorijoje, todėl jų vežimui papildomai dyz. kuro nesunaudojama. Tačiau šiuo atveju turi būti įvertinamos dyz. kuro sąnaudos ŽA transportavimui iš aplinkinių teritorijų (min. atstumas - 20 km.). Darbe priimama, kad į metus pūdytos masės papildymui turi būti atvežta iki 300 t ŽA (30 % nuo gaunamo raugo). ŽA atvežamos kartą į mėnesį, t.y. 12 k./m. po 25 t. Tokiu būdu transportavimui sunaudojama iki 30 l/m. dyz. kuro.

Metodika įvertinti teršalų kiekį deginant dyzelinį kurą autotransporto vidaus degimo varikliuose pateikta Europos aplinkos agentūros EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadovo 1A3 skyriuje „Kelių transportas“.

$E_{\text{teršalo}} = FC_{\text{kuro}} \times EF_{\text{teršalo}} \times 10^{-3}$, kur $E_{\text{teršalo}}$ - teršalo kiekis; t, FC_{kuro} - sunaudoto kuro, t $EF_{\text{teršalo}}$ - teršalo emisijų faktorius, kg/t kuro, pateiktas I priedo 1.1 lentelėje.

Metodika įvertinti ŠESD, kurios susidaro vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, pateikta 2006 Tarptautinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ (žr. 2.3 skyriaus 12 formulę).

3.1 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA transportavimo metu

	1 reisui	96 reisams	12 reisų
Dyz. kuro sąnaudos, l	3	288	30
Dyz. kuro sąnaudos, t	0,00252	0,24192	0,02520
Oro tarša, kg:			
NH ₃	0	0,009	0,001
CO	0,019	1,790	0,186
LOJ	0,004	0,373	0,039
NO _x	0,038	3,605	0,375
KD	0,004	0,368	0,038

Viso:	0,064	6,144	0,640
ŠESD, kg:			
CH ₄	0,0005	0,0432	0,0045
N ₂ O	0,0031	0,298	0,0310
CO ₂	8,043	772,085	80,425
Viso:	8,0461	772,4258	80,4610

Išlakų bei ŠESD, susidarantių BSA laikymo šaldytuvuose metu, vertinimas

Teršalo bei ŠESD dėl papildomos elektros energijos sąnaudų, susidarantių ŠGP laikymo šaldytuvuose metu, emisijų faktorius ($EF_{el.en}$, kg/t BSA) (kai energija gaminama iš neatsinaujinančių energijos šaltinių – gamtinių dujų) vertinamas pagal 4 formulę, pateiktą 2.1 skyriuje.

Darbe vertinimui priiimame, kad šaldytuvo energijos sąnaudos - 230 kWh/t BSA. Jeigu ši energija būtų gaminama DKDĮ deginant gamtines dujas, reikėtų sudeginti iki 27,169 tūkst. nm³ (FC_{kuro}) gamtinių dujų (žr. 2.1 skyriuje pateiktą 5 formulę).

3.2 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA laikymo šaldytuve metu

Oro tarša, kg/t BSA	
NO _x	0.081
CO	0.035
LOJ	0.002
SO _x	0
KD	0.001
Viso:	0,120 arba 120/1000 t BSA
ŠESD, kg/t BSA	
CH ₄	0,0009
N ₂ O	0,0001
CO ₂	51,045
Viso:	51,0458 arba 51046/1000 t BSA

4 PRIEDAS.

4.4.9 - 4.4.10paveiksluose pateiktiems medžiagų ir energijos balansams sudaryti atlikti skaičiavimai

Uždaras intensyvus kompostavimas atliekų susidarymo vietoje	Uždaras intensyvus pramoninis kompostavimas tuneliuose arba konteineriuose, naudojant biofiltrus	
<u>Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų).</u> NH ₃ - 0,042kg/t BSA LOJ - 0,002kg/t BSA CO - 0,029 kg/t BSA NO _x - 0,065kg/t BSA KD - 0,0007 kg/t BSA SO _x - 0,0002 kg/t BSA Viso: 0,139 kg/t BSA arba 139 kg/1000 t BSA	<u>Teršalai apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų)</u> NH ₃ - 0,004 kg/t BSA LOJ - 0,0140kg/t BSA CO - 0,082kg/t BSA NO _x - 0,040 kg/t BSA KD - 0,012 kg/t BSA SO _x - 0 kg/t BSA Bendras - 0,161 kg/t BSA arba 161 kg/1000 t BSA	
<u>ŠESD apdorojimo metu (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų):</u> CH ₄ - 0,590kg/t BSA N ₂ O - 0,055kg/t BSA CO ₂ - 41,280kg/t BSA Viso: 41,925 kg/t BSA arba 41925 kg/1000 t BSA	<u>ŠESD apdorojimo (tiesiog. ir netiesiog dėl el. energ. sąnaudų) metu:</u> CH ₄ - 0,589 kg/t BSA N ₂ O - 0,152kg/t BSA CO ₂ - 11,119kg/t BSA Bendras -11,86 kg/t BSA arba 11860 kg/1000 t BSA	
Teršalų bei ŠESD, susidarančių BSA transportavimo metu, vertinimas		
<p>Dyz. kuro vertinimui priimame:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Didelės transporto priemonės dyz. kuro sąnaudos: 151 / 100 km; - Min. atstumas - 20 km; - Sunaudojamo dyz. kuro sąnaudos - min.3 l / važiavimui <i>arba</i> 0,00252 t / važiavimui; - Vežama 2k./sav, t.y.: 96 k./m. (transportavimui sunaudojama iki 288 l/m. dyz. kuro); - Dyž. kuro tankis – 0,84 kg/l <i>arba</i> 0,00084 t/l; - 1 t dyz. kuro – 0,04307 TJ (ŠESD vertinimui). <p>Metodika įvertinti teršalų kiekį deginant dyzelinį kurą autotransporto vidaus degimo varikliuose pateikta Europos aplinkos agentūros EEA/CORINAIR Oro teršalų inventorizacijos vadovo 1A3 skyriuje „Kelių transportas“.</p> <p>$E_{\text{teršalo}} = FC_{\text{kuro}} \times EF_{\text{teršalo}} \times 10^{-3}$, kur $E_{\text{teršalo}}$ – teršalo kiekis; t, FC_{kuro} – sunaudoto kuro, t $EF_{\text{teršalo}}$ - teršalo emisijų faktorius, kg/t kuro, pateiktas 1 priedo 1.1 lentelėje.</p> <p>Metodika įvertinti ŠESD, kurios susidaro vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą, pateikta 2006 Tarpvalstybinio klimato kaitos komiteto Nacionalinės ŠESD apskaitos gairių 2 leidinyje „Energetika“ (žr. 2.3 skyriaus 12 formulę).</p>		
3.1 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA transportavimo metu		
	1 reisui	96 reisams
Dyz. kuro sąnaudos, l	3	288
Dyz. kuro sąnaudos, t	0,00252	0,24192
Oro tarša, kg:		
NH ₃	0	0,009
CO	0,019	1,790
LOJ	0,004	0,373
NO _x	0,038	3,605
KD	0,004	0,368
Viso:	0,064	6,144
ŠESD, kg:		
CH ₄	0,0005	0,0432
N ₂ O	0,0031	0,298
CO ₂	8,043	772,085
Viso:	8,0461	772,4258
Išlakų bei ŠESD, susidarančių BSA laikymo šaldytuvuose metu, vertinimas		

Teršalo bei ŠESD dėl papildomos elektros energijos sąnaudų, susidarančių ŠGP laikymo šaldytuvuose metu, emisijų faktorius ($EF_{el.en}$, kg/t BSA) (kai energija gaminama iš neatsinaujančių energijos šaltinių – gamtinių dujų) vertinamas pagal 4 formulę, pateiktą 2.1 skyriuje.

Darbe vertinimui priimame, kad šaldytuvo energijos sąnaudos - 230 kWh/t BSA. Jeigu ši energija būtų gaminama DKDĮ deginant gamtines dujas, reikėtų sudeginti iki 27,169 tūkst. nm^3 (FC_{kuro}) gamtinių dujų (žr. 2.1 skyriuje pateiktą 5 formulę).

3.2 lentelė Teršalai bei ŠESD, susidarantys BSA laikymo šaldytuve metu

Oro tarša, kg/t BSA	
NO _x	0.081
CO	0.035
LOJ	0.002
SO _x	0
KD	0.001
Viso:	0,120 arba 120/1000 t BSA
ŠESD, kg/t BSA	
CH ₄	0,0009
N ₂ O	0,0001
CO ₂	51,045
Viso:	51,0458 arba 51046/1000 t BSA

5 PRIEDAS

Oro teršalų emisijų faktorių įvertinimas, kompostuojant maisto BSA, taikant įvairias technologijas (ištraukų iš Excel duomenų bazių pavyzdžiai)

Teršalų emisijos faktorių įvertinimas					
Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.24	0.371	1.04	0.2	0.2
NH ₃ , t	0.24	0.371	1.04	0.2	0.2
EF-LOJ, kg/t BSA	0	0.024	0.024	0	0
NMLOJ, t	0	0.024	0.024	0	0
EF-CO, kg/t BSA	0	0.069	0.069	0	0
CO, t	0	0.069	0.069	0	0
EF-KD, kg/t BSA	0	0	0	0.0061	0.0061
KD, t	0	0.000	0.000	0.006	0.006

Pastaba: KD - BSA krovimo metu

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.008	0.008	0.008	0.008	0.008
NH ₃ , t	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
EF-LOJ, kg/t BSA	1.588	1.588	1.588	1.588	1.588
NMLOJ, t	0.001	0.002	0.002	0.002	0.002
EF-CO, kg/t BSA	7.061	7.061	7.061	7.061	7.061
CO, t	0.005	0.010	0.010	0.010	0.010
EF-NO _x , kg/t BSA	22.087	22.087	22.087	22.087	22.087
NO _x , t	0.015	0.032	0.032	0.032	0.032
EF-KD, kg/t BSA	1.031	1.031	1.031	1.031	1.031
KD, t	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001

1 metodas (išlaivų laikymai, raugo saminimai, kt.)
 Eoritas = AR₁ x T₁ EF₁ + AR₂ x T₂ EF₂ + ...
 A₁ - bendras N kiekis BSA, kg (Maisto atliekos - 0,0051 kg N/kg BSA, Ž.A. - 4,6);
 EF₁ - NH₃ emisijos faktorius šilvoms etapai, kg N/kg BSA, kg N/kg BSA
 šilvų laikymai, 0,009 kg NH₃-N/kg N

1 m etoda → EEA/CORINAIR - Oro teršalų inventorizacijos va do va s, 5 B.1 skyrius
 2 m etoda → Mokslo literatūros analizė
 3 m etoda → Lietuvos BSA tvarkytojų apklausa ir dokumentų analizė
 4 m etoda → EEA/CORINAIR - Oro teršalų inventorizacijos va do va s 1.A.4 skyrius
 6 m etoda → EEA/CORINAIR - Oro teršalų inventorizacijos va do va s 1.A.1 skyrius

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Netiesioginio poveikio vertinimas:

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-NO _x , kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NO _x , t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-KD, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KD, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000

Teršalų emisijos faktorius	1 metodas		2 metodas		3 metodas
	min.	maks.	min.	maks.	vid.
EF-NH ₃ , kg/t BSA	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
NH ₃ , t	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001	0.00001
EF-LOJ, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
NMLOJ, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EF-CO, kg/t BSA	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
CO, t	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.000

Tiesioginis poveikis aplinkos orui						Drz. lauro sąnaudos			
BSA kiekis:						2 metodas	2 metodas	3 metodas	
t 1000						1 t BSA	0.8	1.7	0.75
Tvaikymo būdas:						t t BSA	0.00067	0.00143	0.00068
Atliekai surinkti maisto / virtuvės atliekų,									
jšk iš maisto pramonės įmonių (ŠGP) anaerobinis apdorojimas									
ir raugo (pyrimo atliekų) sausėjimas arba kompostavimas									

Teršalai į aplinkos ora	Fermentavimas ir kompostavimas						Teršalai į aplinkos ora	K mobilųjų taršos šaltinių			Oro tarša, t/1000 t BSA				
	1 metodas		2 metodas		3 metodas			2 ir 4 metodai		3 ir 4 metodai	min.		maks.	Lietuvai siūlomas	
	siūlomas		min.		maks.			min.		maks.	vidurkis		min.	maks.	
EF-NH ₃ , g/t BSA	0.4177		0		0.0159		EF-NH ₃ , g/t BSA	0.008		0.008	0.008		0.178	0.194	0.208
NH ₃ , t	0.418		0		0.0159		NH ₃ , t	0.000005		0.000011	0.000005		0.005	0.382	0.028
EF-LOJ, g/t BSA	0		0.022		0.024		EF-LOJ, g/t BSA	1.388		1.388	1.388		0.005	0.382	0.028
LOJ, t	0		0.022		0.024		LOJ, t	0.00107		0.00227	0.00100		0.085	0.801	0.085
EF-NOx, g/t BSA	0		0		0		EF-CO, g/t BSA	7.061		7.061	7.061		0.094	1.042	0.349
NOx, t	0		0		0		CO, t	0.00474		0.01008	0.00445		0.001	0.006	0.006
EF-SO _x , g/t BSA	0		0		0		EF-NO ₂ , g/t BSA	22.087		22.087	22.087		0.000	0.119	0.086
SO _x , t	0		0		0		NO ₂ , t	0.01484		0.03154	0.01391				
EF-H ₂ S, g/t BSA	0		0		0		EF-KD, g/t BSA	1.031		1.031	1.031				
H ₂ S, t	0		0		0		KD, t	0.00069		0.00147	0.00065				
EF-KD, g/t BSA	0		0		0		SO _x , t	0.000		0.119	0.086				
KD, t	0		0		0										

¹ Raugo sausėjimas ir musausinto raugo laikymai ir kompostavimas siūlomas indikatorių

² NH₃ teršalo mažėjimas atlikti tik iš patalpų (po biofiltro), teršalo kiekis sausėjimo bei kompostavimo metu nebuvo vertinamas

Teršalai į aplinkos ora	Biodujų deginimas KJ					
	1 metodas		2 metodas		3 metodas	
	siūlomas		min.		maks.	
NOx, g/t BSA	335.088		1010.880		1010.880	
NOx, t	0.335		1.011		1.011	
CO, g/t BSA	80.496		511.056		511.056	
CO, t	0.080		0.511		0.511	
LOJ, g/t BSA	3.931		26.208		26.208	
LOJ, t	0.004		0.026		0.026	
SOx, g/t BSA	0		35.568		35.568	
SOx, t	0.000		0.036		0.036	
KD, g/t BSA	0.000		4.923		4.923	
KD, t	0.000		0.005		0.005	

5 metodas:

Analizuojamos įmonės BSA energetinė vertė - 0,43 - 0,62 MWh/t BSA, vid. - 0,520 MWh/t BSA arba 1,872 GJ/t BSA. **0.001872 TJ/t BSA**

	Metodas 1		Literatūros šaltiniai (vidurkis)		
	g/GJ	gt BSA	g/GJ	gt BSA	kg t BSA
NOx	179	335.09	540	1010.880	1.011
CO	43	80.50	273	511.056	0.511
LOJ	2.1	3.93	14	26.208	0.026
SOx		0.00	19	35.568	0.036
KD	0	0.00	2.63	4.923	0.005

Pastabos:	
1 metodas	EEA/CORINAIR Oro teršalų inventoriacijos vadovas 5.B.2 skyrius (fermentavimui)
	EEA/CORINAIR Oro teršalų inventoriacijos vadovas 1.A.4 ir A.A.1 (biodujų deginimui)
2 metodas	Mėšlo literatūros analizė
3 metodas	Lietuvos BSA tvaikytojų apklausa ir dokumentų analizė
4 metodas	EEA/CORINAIR Oro teršalų inventoriacijos vadovas 1.A.4 skyrius

Netiesioginis poveikis

	¹ Papildomai sunaudojama elektros energija, MWh/1000 t BSA arba				¹ Papildomai sunaudojama šiluminė energija, MWh/1000 t BSA			
	2 metodas		3 metodas		2 metodas		3 metodas	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
	50	72	19.61	80	86	91	84	145

Pastabos:

n - nėra duomenų

¹ žalios spalvos - energija gaminama KJ arba katilinėje ir oro teršalai jau buvo vertinami, analizuojant tiesioginį poveikį aplinkos orui KJ deginant biodujas

Perteklinės energijos gamyba

	Perteklinė elektros energija, MWh/1000 t BSA arba kWh/t BSA				Perteklinė šiluminė energija, MWh/1000 t BSA arba kWh/t			
	2 metodas		3 metodas		2 metodas		3 metodas	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
			160.39	165			95.1	145

Teršalai, kurie galėjo susidaryti, jeigu perteklinė energija būtų gaminama, deginant gamtines dujas DKD)

	vnt.	min.	maks.
Gamtinių dujų sąnaudos	m ³ /1 MWh pašaminti	118.126	118.126
	m ³	30180.012	36519.06
	GJ	1010.729	1226.372

Teršalai į aplinkos orą	Deginant gamtines dujas 3 ir 6 metodai	
	min.	maks.
NO _x , g/GJ	89	89
NO _x , t	0.090	0.109
CO ₂ , g/GJ	39	39
CO ₂ , t	0.039	0.048
LOJ, g/GJ	2.6	2.6
LOJ, t	0.003	0.003
SO _x , g/GJ	0.281	0.281
SO _x , t	0.0003	0.0003
KD, g/GJ	0.89	0.89
KD, t	0.001	0.001

Šiais dydžiais sumažės teršalų kiekis (vertinant regiono mastu)

6 metodas: EEA/CORINAIR Oro teršalų inventORIZACIJOS vadovas 1.A.1 skyrius (gamtinių dujų dezinimis)

BSA: BSA ū maisto pramonės

Tvarkymo būdas: Atskirai surinktu maisto / virtuvės atliekų, jeik iš maisto pramonės įmonų (SGP) anaerobinis apdorojimas ir raugo (irimo atliekų) sausinimas arba kompostavimas

Tiesioginis poveikis:

Teršalai	kg/t BSA
NH ₃	0.2077
LOJ	0.0279
CO	0.0849
NO _x	0.3490
KD	0.0056
SO _x	0.0356

Teršalų sumažėjimas dėl perteklinės energijos:

Teršalai	kg/t BSA
NH ₃	0.0000
LOJ	0.0029
CO	0.0436
NO _x	0.0996
KD	0.0010
SO _x	0.0003

Suminis poveikis, iverčius sumažėjimą

dėl perteklinės energijos gaminimo

Teršalai	kg/t BSA
NH ₃	0.2077
LOJ	0.0250
CO	0.0413
NO _x	0.2495
KD	0.0046
SO _x	0.0353

6 PRIEDAS

ŠESD emisijų faktorių įvertinimas, kompostuojant maisto BSA, taikant įvairias technologijas (ištraukų iš Excel duomenų bazių pavyzdžiai)

Tiesioginis poveikis				Dyz. kuro sąnaudos				3 metodas			
BSA kiekis:		Maisto atliekos (ŠCP)		1/t BSA		1.6		t/t BSA		0.00134	
Tvarymo būdas:		intensyvus kompostavimas su biofiltru atliekų susidarymo vietoje		TJ/t		0.000058					
ŠESD	Kompostavimas (pilnas)			ŠESD	Iš mobiliųjų taršos šaltinių		ŠESD, t/1000 t BSA				
	1 metodas	2 metodas			3 ir 4 metodai		min	maks.	Lietuvai		
	siūlomas	min.	maks.		vidurkis				siūlomas		
EF-CH ₄ , kg/BSA	0.72	0.195	0.983	EF-CH ₄ , kg/TJ dyz. kuro	3.9						
CH ₄ , t	0.72	0.195	0.983	CH ₄ , t	0.0002	CH ₄ , t	0.195	0.983	0.5892		
EF-N ₂ O, kg/BSA	0.024	0.00036	0.11	EF-N ₂ O, kg/TJ dyz. kuro	3.9						
N ₂ O, t	0.024	0.00036	0.11	N ₂ O, t	0.0002	N ₂ O, t	0.001	0.110	0.0554		
EF-CO ₂ , kg/BSA	0	0	0	EF-CO ₂ , kg/TJ dyz. kuro	74100						
CO ₂ , t	0	0	0	CO ₂ , t	4.289	CO ₂ , t	4.289	4.289	4.2894		

Pastabos:
 ↑ CH₄ sumažėjimas iki 82 proc., N₂O- 90 proc.

Pastabos:	
1 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste
2 metodas	Moksl. literatūros analizė
3 metodas	Lietuvos BSA tvarkytojų apklausa dėl dyz. kuro ir papildomos energijos sąnaudų
4 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy

Netiesioginis poveikis dėl elektros energijos sąnaudų

Papildomai sunaudojama elektros energija, MWh/1000 t BSA				Papildomai sunaudojama šiluminė energija, MWh/1000 t BSA arba			
2 metodas		3 metodas		2 metodas		3 metodas	
Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
n	n	186	186	n	n	0	0

Pastabos: n- nėra duomenų

ŠESD, gaminant energiją DKDĮ:			
	vn.t.	min.	maks.
Gamintų dujų sąnaudos	m ³ /1 MWh pagamin.	118.126	118.126
	m ³	21971.459	21971.46
	TJ	0.736	0.736

0.118 rūkšt. m³
 118.126 m³/1MWh pagaminti

ŠESD t/1000 t BSA	Deginant gamtines dujas 3 ir 4 metodai	
	min.	maks.
EF-CH ₄ , kg/TJ	1	1
CH ₄ , t	0.0007	0.0007
EF-N ₂ O, kg/TJ	0.1	0.1
N ₂ O, t	0.0001	0.0001
EF-CO ₂ , kg/TJ	56100	56100
CO ₂ , t	41.28	41.28

BSA:		Maisto atliekos (ŠCP)	
Tvarymo būdas:		intensyvus kompostavimas su biofiltru atliekų susidarymo vietoje	
Tiesioginis poveikis		ŠESD,	kg/t BSA
		CH ₄	0.5892
		N ₂ O	0.0554
		CO ₂	4.2894
Netiesioginis poveikis		ŠESD,	kg/t BSA
		CH ₄	0.0007
		N ₂ O	0.0001
		CO ₂	41.2797
Suminis poveikis:		ŠESD,	kg/t BSA
		CH ₄	0.5900
		N ₂ O	0.0555
		CO ₂	45.5691

Tiesioginis poveikis				Dyz. kuro sąnaudos			2 metodas			2 metodas			3 metodas					
BSA kiekiai:				Maisto atliekos (ŠGP)			1 t BSA			0.8			6			1.5		
t 1000				0.00067			0.00029			0.00054			0.00126			0.00054		
Tvarkymo būdas:				atviras pramoninis (centralizuotas) kompostavimas			t/t BSA			0.00067			0.00054			0.00126		
(be biofilto; ŠGP prieš kompostavimą termiškai apdorojamas)				TJ/t			0.00029			0.000217			0.00054					
ŠESD	Kompostavimas (pilnas)			ŠESD	Iš mobiliu taršos šaltinių			ŠESD, t/1000 t BSA			Lietuvai							
	1 metodas	2 metodas			2 ir 4 metodai		3 ir 4 metodai		min.	maks.		siūlomas						
	siūlomas	min.	maks.		min.	maks.	vid.											
EF-CH ₄ , kg/t BSA	4	5.4	11.1	EF-CH ₄ , kg/TJ dyz. kuro	4.15	4.15	4.15	CH ₄ , t	4.000	11.101	8.250							
CH ₄ , t	4.000	5.4	11.1	CH ₄ , t	0.0001	0.0009	0.0002	N ₂ O, t	0.012	0.246	0.082							
EF-N ₂ O, kg/t BSA	0.24	0.011	0.15	EF-N ₂ O, kg/TJ dyz. kuro	28.6	28.6	28.6	CO ₂ , t	2.145	16.085	4.021							
N ₂ O, t	0.24	0.011	0.15	N ₂ O, t	0.0008	0.0062	0.0016											
EF-CO ₂ , kg/t BSA	0	0	0	EF-CO ₂ , kg/TJ dyz. kuro	74100	74100	74100											
CO ₂ , t	0	0	0	CO ₂ , t	2.145	16.085	4.021											

Netiesioginis poveikis dėl elektros energijos sąnaudos			
Papildomai sunaudojama elektros energijos, MWh/1000 t BSA arba kWh/t			
2 metodas		3 metodas	
8.41	19.7	35	35

Pastabos:			
1 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 5 Waste		
2 metodas	Mokslinės literatūros analizė		
3 metodas	Lietuvos BSA tvarkytojų apkaua dėl dyzelinio kuro ir papildomos energijos sąnaudos		
4 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Volume 2 Energy		

ŠESD, gaminant energiją DKDĮ:			
	vnt.	min.	maks.
Gamtinių dujų sąnaudos 1	m ³ /1 MWh pagaminti	118.126	118.126
	m ³	4134.410	4134.410
	TJ	0.138	0.138

ŠESD t/1000 t BSA	Deginant gamtines dujas 3 ir 4 metodai	
	min.	maks.
EF-CH ₄ , kg/TJ	1	1
CH ₄ , t	0.0001	0.0001
EF-N ₂ O, kg/TJ	0.1	0.1
N ₂ O, t	0.0000	0.0000
EF-CO ₂ , kg/TJ	56100	56100
CO ₂ , t	7.768	7.768

BSA :		Maisto atliekos (ŠGP)	
Tvarkymo būdas:		atviras pramoninis (centralizuotas) kompostavimas	
(be biofilto; ŠGP prieš kompostavimą termiškai apdorojamas)			
Tiesioginis poveikis			
	ŠESD	kg/t BSA	
	CH ₄	8.2502	
	N ₂ O	0.0821	
	CO ₂	4.0213	
Netiesioginis poveikis			
	ŠESD,	kg/t BSA	
	CH ₄	0.0001	
	N ₂ O	0.0000	
	CO ₂	7.7677	
Suminis poveikis:			
	ŠESD,	kg/t BSA	
	CH ₄	8.2504	
	N ₂ O	0.0821	
	CO ₂	11.7890	

Tiesioginis poveikis aplinkos orui				Dyz. kuro sąnaudos							
BSA kiekis: maisto BSA (įsk. ŠGP)				1/t BSA	2 metodas	2 metodas	3 metodas				
t 1000				t/t BSA	0.8	1.7	0.75				
Tvarkymo būdas: anaerobinis apdorojimas + ir raugio (irymo atliekų) nuvandeninimas ir kompostavimas				TJ/t	0.00067	0.00143	0.00063				
					0.000029	0.000061	0.000027				
ŠESD	Fermentavimas ir kompostavimas			ŠESD	Iš mobiliųjų šaltinių			ŠESD, t/1000 t BSA			
	1 metodas	2 metodas			2 ir 4 metodai	3 ir 4 metodai		Lietuvai			
	siūlomas	min.	maks.	min.	maks.	vidurkis	min.	maks.	siūlomas		
EF-CH ₄ , kg/t BSA	4	0	0.411	EF-CH ₄ , kg/TJ dyz. kuro	4.15	4.15	4.15				
CH ₄ , t	4.000	0	0.411	CH ₄ , t	0.0001	0.0003	0.0001	CH ₄ , t	0.009	4.605	0.215
EF-N ₂ O, kg/t BSA	0.24	0	0.11	EF-N ₂ O, kg/TJ dyz. kuro	28.6	28.6	28.6	N ₂ O, t	0.001	0.243	0.056
N ₂ O, t	0.24	0	0.11	N ₂ O, t	0.0008	0.0018	0.0008	CO ₂ , t	2.007	106.761	104.219
EF-CO ₂ , kg/t BSA	0	0	0	EF-CO ₂ , kg/TJ dyz. kuro	74100	74100	74100				
CO ₂ , t	0	0	0	CO ₂ , t	2.141	4.550	2.007				
Pastaba: vertinamos išlaidos tik kompostavimo metu											
ŠESD	Biodujų deginimas KJ										
	4 metodas	2 metodas									
	siūlomas	min.	maks.								
EF-CH ₄ , kg/t BSA	0.009	0.60	0.60								
CH ₄ , t	0.009	0.605	0.605								
EF-N ₂ O, kg/t BSA	0.0002	0.00	0.00								
N ₂ O, t	0.000	0.001	0.001								
EF-CO ₂ , kg/t BSA	102.21	0.00	0.00								
CO ₂ , t	102.211	0.000	0.000								
Analizuojamos įmonės BSA energetinė vertė - 0.42 - 0.62 MWh/t BSA, vid. - 0.520 MWh/t BSA arba 1.872 GJ/t BSA.				0.001872 TJ/t BSA							
ŠESD	Metodas 4		Metodas 2 - literatūros šaltinių (vidurkis)								
	kg/TJ	kg/t BSA	g/GJ	g/t BSA	kg/t BSA						
CH ₄	5	0.009	323	604.66	0.605						
N ₂ O	0.1	0.0002	0.5	0.936	0.001						
CO ₂	54600	102.211	0	0.000	0.000						
Pastabos:											
1 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 5 Waste										
2 metodas	Mokslinės literatūros analizė										
3 metodas	Lietuvos BSA tvarkytojų apklausa dėl dyzelinio kuro ir papildomos energijos sąnaudų										
4 metodas	2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Volume 2 Energy										

Netiesioginis poveikis dėl perteklinės energijos gamybos

¹ Papildomai sunaudojama elektros energijos, MWh/1000 t BSA arba				¹ Papildomai sunaudojama šiluminės energijos, MWh/1000 t			
2 metodas		3 metodas		2 metodas		3 metodas	
Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
50	72	19.61	80	86	91	84	145

Pastabos:

n- nėra duomenų

¹žalios spalvos - energija gaminama KJ arba katilinėje ir oro teršalai jau buvo vertinami, analizuojant tiesioginį poveikį aplinkos orui, KJ deginant biogujas

Perteklinė elektros energija, MWh/1000 t BSA arba kWh/t BSA				Perteklinė šiluminė energija, MWh/1000 t BSA arba kWh/t			
2 metodas		3 metodas		2 metodas		3 metodas	
Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
		160.39	165			95.1	145

ŠESD, kurios galėjo susidaryti,

jeigu perteklinis energijos kiekis būtų gaminamas, deginant gamtines dujas DKDI

	vnt.	min.	maks.
Gamtinių dujų sąnaudos	m ³ /1 MWh pagaminti	118.126	118.126
	m ³	30180.012	36619.06
	TJ	1.011	1.226

ŠESD t/1000 t BSA	Deginant gamtines dujas 3 ir 4 metodai	
	min.	maks.
EF-CH ₄ , kg/TJ	1	1
CH ₄ , t	0.0010	0.0012
EF-N ₂ O, kg/TJ	0.1	0.1
N ₂ O, t	0.0001	0.0001
EF-CO ₂ , kg/TJ	56100	56100
CO ₂ , t	56.702	68.799

Šiais dydžiais sumažės ŠESD kiekis

BSA: maisto BSA (isk. ŠGP)

Tvarkymo būdas: anaerobinis apdorojimas +
ir raugo (rymo atlieku) nuvandeninimas ir kompostavimas

Tiesioginis poveikis:

ŠESD	kg/t BSA
CH ₄	0.2150
N ₂ O	0.0560
CO ₂	104.2186

ŠESD sumažėjimas dėl perteklinės energijos

ŠESD,	kg/t BSA
CH ₄	0.0011
N ₂ O	0.0001
CO ₂	62.7507

Suminis poveikis, įvertinus sumažėjimą dėl perteklinės energijos gamybos

ŠESD,	kg/t BSA
CH ₄	0.2139
N ₂ O	0.0559
CO ₂	41.4679

7 PRIEDAS

Klausimynas pateiktas BSA tvarkytojams

Įrenginio / įmonės pavadinimas				Naudojama įranga (<i>pabraukti ir / arba įrašyti trūkstamus</i>)	- Smulkintuvas - Vartytuvas - Krautuvas - Uždara kompostavimo įranga (<i>patikslinti</i>) - Pūdytuvas - Termolizė - Nusausinimo įranga - Džiovinimo įranga - Kita (<i>patikslinti</i>): - - - - -
BSA tvarkymo vieta	Adresas: Kontaktinė informacija: - Vardas, Pavardė, - Pareigos - Telefonas - El. paštas			Produkto gamybos trukmė (<i>įrašyti</i>)	
BSA tvarkymo būdas (<i>pabraukti ir / arba įrašyti trūkstamus</i>)	<ul style="list-style-type: none"> - BSA išskyrimas iš mišriųjų komunalinių atliekų (KA) srauto; - Aerobinis apdorojimas (kompostavimas): <ul style="list-style-type: none"> - atviras (naudojant vartytuvus); - atviras su priverstiniu oro padavimu; - intensyvus (uždaras): <ul style="list-style-type: none"> - tunelinis; - konteinerinis; - su plėvele; - kt. (<i>patikslinti</i>) - Termolizė - Pūdymas (anaerobinis apdorojimas), išgaunant biodujas - Nusausinimas; - Džiovinimas; - Kt. (<i>patikslinti</i>) - - - - 			Proceso metu stebimi parametrai (<i>pabraukti ir / arba įrašyti trūkstamus</i>)	- BSA rūšys; - BSA kiekis; - temperatūra; - drėgnis; - kvapas; - išlakos į aplinkos orą; - - - -
Žaliavos (BSA) (<i>pabraukti ir / arba įrašyti trūkstamus</i>)	ŽAKA: - lapai; - nupjauta žolė; - smulkios šakos; - medžio pelenai; - kartono atliekos; - popieriaus atliekos; - tekstilės atliekos; - ravėjimo atliekos; - seni šiaudai, šienas; - vaisių ir daržovių atliekos; - kankorėžiai; - pjuvenos; - kt. (<i>patikslinti</i>)	BA arba MBA įrenginiuose - BSA iš KA srauto; - atskirai surinktų BSA (maisto / virtuvės) (ŠGP) - BSA iš maisto pramonės įmonės (ŠGP) (<i>patikslinti</i>); - - - - -	Mėšlo tvarkymo įrenginiuose: Mėšlas (ŠGP) Dumblo tvarkymo įrenginiuose: - komunalinių nuotekų dumbblas; - pelenai; - inertinės medžiagos (<i>patikslinti</i>);	Tikrinami produkto parametrai (<i>pabraukti ir / arba įrašyti trūkstamus</i>)	- tankis; - SM kiekis, - OM kiekis, - mikrobiologiniai rodikliai; - pH, - bendrojo azoto (N) kiekis; - bendrojo fosforo (P) kiekis, - bendrojo kalio (K) kiekis; - organinė anglis (C); - N, P, K tirpus vandenyje; - sunkieji metalai sausoje medžiagoje (Cd, Cr, Ni, Pb, Cu, Zn, Hg)

8 PRIEDAS

Lietuvos maisto pramonėje maisto BSA susidarymas ir tvarkymas 2015 m. (t/m.)

Atliekų kodas	Maisto pramonės BSA pavadinimas pagal Atlieku tvarkymo taisykles	Surinkta, t	Surinkta, %	R2-R9	R10-R11	R1	D1, D5	S4
				Perdirbimas	Kt. naudojimas	Naudojimas kaip kura	Šalinimas savartyne	Išvežimas, eksportas
				t/m.	t/m.	t/m.	t/m.	t/m.
02 02	Mėsos, žuvis ir kitų gyvulinės kilmės maisto produktų gamybos ir apdirbimo atliekos							
02 02 01	plovimo ir valymo dumblas	69600			69600			
02 02 02	gyvūnų gyvulių audinių atliekos	990.022		990.022				
02 02 04	nuotekų valymo jų susidarymo vietoje dumblas	777.5			777.5			
	Σ	71367.522	55.19	990.02	70377.50			
02 03	Vaisių, daržovių, grūdinių kultūrų, maistinių aliejų, kakavos, kavos ir tabako gamybos ir apdirbimo; konservų gamybos							
02 03 01	plovimo, valymo, lupimo, centrifugavimo ir separavimo dumblas	941.29			941.29			
02 03 04	medžiagos, netinkamos vartoti ar perdirbti	12654.911		8312.237	230.78	1372.937	218.2	2125.62
	Σ	13596.201	10.52	8312.237	1172.07	1372.937	218.2	2125.62
02 04	Cukraus gamybos atliekos							
02 04 01	purvas, likės nuvalius ir nuplovus runkelius	16409.8					16409.8	
	Σ	16409.8	12.69				16409.8	
02 05	Pieno pramonės atliekos							
02 05 01	medžiagos, netinkamos vartoti ar perdirbti	15909.993		15439.439				
02 05 02	nuotekų valymo jų susidarymo vietoje dumblas	8356.222		401	6834.222			
	Σ	24266.215	18.77	15840.439	6834.222			
02 06	Kepimo ir konditerijos pramonės atliekos							
02 06 01	medžiagos, netinkamos vartoti ar perdirbti	899.37					117.4	607.644
	Σ	899.37	0.70				117.4	607.644
02 07	Alkoholinių ir nealkoholinių gėrimų (išskyrus kavą, arbatą ir kakavą) gamybos atliekos							
02 07 01	žaliavų plovimo, valymo ir mechaninio smulkinimo atliekos	2384.246		2384.246				
02 07 02	spirito distiliavimo atliekos	219.000		219.000				
02 07 05	nuotekų valymo jų susidarymo vietoje dumblas	158.775		128.56	30.215			
	Σ	2762.021	2.14	2731.806	30.215			
	Iš viso maisto pramonėje:	129301.13		27874.50	78414.01	1372.94	16745.40	2733.26
	% nuo bendro susidarymo	100.00	100.00	21.56	60.64	1.06	12.95	2.11

Informacijos šaltinis: Aplinkos apsaugos agentūra: <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=01f545a1-ebed-4f2d-b05a-2b1bf5e7494b>

