



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Produktų iš putų polistirolo gamybos inovacijos įgyvendinant žiedinės ekonomikos principus

Baigiamasis magistro projektas

Jurgita Cvetkoviėnė

Projekto autorė

Doc. dr. Visvaldas Varžinskas

Vadovas

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Produktų iš putų polistirolu gamybos inovacijos įgyvendinant žiedinės ekonomikos principus

Baigiamasis magistro projektas

Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Jurgita Cvetkoviėnė

Projekto autorė

Doc. dr. Visvaldas Varžinskas

Vadovas

Doc. dr. Irina Kliopova

Recenzentė

Kaunas, 2021



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Produktų iš putų polistirolu gamybos inovacijos įgyvendinant žiedinės ekonomikos principus

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

1. baigiamąjį projektą parengiau savarankiškai ir sąžiningai, nepažeisdama(s) kitų asmenų autoriaus ar kitų teisių, laikydamasi(s) Lietuvos Respublikos autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymo nuostatų, Kauno technologijos universiteto (toliau – Universitetas) intelektinės nuosavybės valdymo ir perdavimo nuostatų bei Universiteto akademinės etikos kodekse nustatytų etikos reikalavimų;
2. baigiamajame projekte visi pateikti duomenys ir tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti teisėtai, nei viena šio projekto dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar elektroninių šaltinių, visos baigiamojo projekto tekste pateiktos citatos ir nuorodos yra nurodytos literatūros sąrašė;
3. įstatymų nenumatytų piniginių sumų už baigiamąjį projektą ar jo dalis niekam nesu mokėjęs (-usi);
4. suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo ar kitų asmenų teisių pažeidimo faktui, man bus taikomos akademinės nuobaudos pagal Universitete galiojančią tvarką ir būsiu pašalinta(s) iš Universiteto, o baigiamasis projektas gali būti pateiktas Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnybai nagrinėjant galimą akademinės etikos pažeidimą.

Jurgita Cvetkoviėnė

Patvirtinta elektroniniu būdu

Cvetkovienė, Jurgita. Produktų iš putų polistirolo gamybos inovacijos įgyvendinant žiedinės ekonomikos principus. Magistro baigiamasis projektas / vadovas / Doc. dr. Visvaldas Varžinskas; Kauno technologijos universitetas, Aplinkos inžinerijos institutas; Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L01), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: polistirenas, polistirolas, perdirbimas, švaresnė gamyba, BCĮ, pakartotinis panaudojimas.

Kaunas, 2021. 59 p.

Santrauka

Putų polistirolas – viena iš labiausiai paplitusių plastiko rūšių, žinomas kaip lengva, bet standi medžiaga, kuri pasižymi puikiais termoizoliacinėmis savybėmis. Tai polimeras, gaunamas suspensinės stireno polimerizacijos būdu, o jo granulių išpūtimo procesui naudojamas plėtiklis – pentanas. Putų polistirolas pasižymi tuo, kad yra labai stabilus ir sunkiai suyrantis aplinkoje, todėl didžiausi polistireno produktų trūkumai pasireiškia jų gyvavimo ciklo pabaigoje, kai jie tampa atliekomis. Todėl esminis klausimas EPS produktų gamintojams – kaip pritaikyti žiedinės ekonomikos principus savo veikloje, kad po polistireno produktų naudojimo susidaranti atliekos nepatektų į sąvartynus, o būtų regeneruojamos ir panaudojamos kaip antrinė žaliava. Todėl vienas iš geriausių sprendimų – EPS atliekų surinkimas, perdirbimas ir pakartotinis panaudojimas EPS produkcijos gamyboje. Atlikti tyrimai parodė, kad maišant pirminę polistireno žaliavą su perdirbta antrine, galima gauti pakankamai geros kokybės naujus produktus. Pastaraisiais metais tokių perdirbtų plastikų panaudojimas įgauna pagreitį. Taip pat tinkamai perdirbus putų polistireno atliekas galima gauti GPPS – bendrosios paskirties polistireno dervą, t.y. skaidrius polimerus, iš kurių gaminami EPS ir XPS gaminiai. Polistireną galima perdirbti mechaniniu arba cheminiu metodu.

Šiame projekte buvo atlikta mokslinės literatūros analizė, apimanti putų polistirolo produktų panaudojimą bei gamybos ir perdirbimo technologijas. Įvertinta esama putų polistirolo produktų gamybos įmonės veikla ir jos poveikis aplinkai bei atliktas tyrimas siekiant įdiegti prevencinės ir integruotos aplinkos apsaugos vadybos strategijos sprendimus, kurie darytų teigiamą įtaką putų polistirolo produktų bei susidarantių atliekų taršos poveikio žmonėms ir aplinkai mažinimui. Tyrimui buvo pasirinktas mechaninis perdirbimas, kuris dar vadinamas tiesioginiu perdirbimu, kadangi šiame procese nedalyvauja modifikuoti polimerai. Taikant švaresnės gamybos (ŠG) koncepciją bei būvio ciklo įvertinimą (BCĮ) buvo palyginta poveikis aplinkai gamyboje naudojant tik pirminę EPS žaliavą ir kai naudojamos perdirbtos EPS atliekos. Gauti rezultatai akivaizdžiai įrodo, kad produktų su antrine žaliava poveikis aplinkai mažesnis, nei pirminės žaliavos daromas poveikis aplinkai. Tai leidžia teigti, kad tai būtų tinkamas prevencinės ir integruotos aplinkos apsaugos vadybos strategijos projektas polistireninio putplasčio produktų gamybos įmonei, siekiančiai savo gamybinėje veikloje vadovautis žiedinės ekonomikos principais. Šie gauti rezultatai parodo, kad verta toliau analizuoti ir atlikti išsamesnius tyrimus putų polistirolo atliekų perdirbimo ir pakartotinio panaudojimo technologijų pritaikyme.

Cvetkovienė Jurgita. Author's surname, name. Innovations of Expanded Polystyrene Products by Implementing the Principles of Circular Economy. Master's Final Degree Project / supervisor associate professor Visvaldas Varžinskas; Institute of Environmental Engineering; Faculty of Mechanical Engineering and Design, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Environmental Engineering (E03) – main study field, Production and Manufacturing Engineering (E10), Business (L01), Engineering Sciences.

Keywords: polystyrene, recycle, cleaner production, LCA, reuse.

Kaunas, 2021. 59 p.

Summary

EPS foam is one of the most common types of plastic, known as light but rigid material, which has excellent thermal insulation properties. It is a polymer obtained by suspension polymerization of styrene and pentane is used as its blowing agent. EPS foam is characterized as very stable and difficult to decompose in the environment, therefore the greatest shortcomings of polystyrene products occur at the end of their life cycle when they become waste. Therefore, an essential question for EPS producers is how to apply the principles of the circular economy in their production to ensure that EPS waste after the usage does not end up in landfills and would be recovered and reused as a secondary raw material. One of the best solutions is the collection, recycling and reuse of EPS waste in the production of new EPS products. Studies have shown that mixing the primary EPS raw material with the recycled secondary, new products of sufficiently good quality can be obtained. The use of such recycled plastics in the construction industry has gained acceleration in recent years. Also it is important to mention that after proper recycling of EPS waste can also be obtained GPPS – general purpose polystyrene (transparent polymers from which EPS and XPS products are made). Polystyrene can be recycled by mechanical or chemical methods.

In this project was carried out an analysis of the scientific literature, covering the use of expanded polystyrene products, production and recycling technologies. It was assessed the existing activities of the production of expanded polystyrene and its impact on the environment and a study was carried out in order to implement preventive and integrated environmental management strategy solutions that would have a positive impact on reducing pollution of humans and the environment. In this project was chosen mechanical recycling which also called direct recycling because there are not involved modified polymers in this process. After applying the Cleaner Production methodology for calculation of material flow analysis in newly designed recycled EPS line in the company and application of life cycle assessment (LCA) methodology for environmental impact evaluation, it was compared the environmental impact of production by using primary EPS raw material and using recycled EPS waste.

The obtained quantitative results proven that products with a secondary raw material have a lower environmental impact in several environmental impact categories than the primary raw material. These results suggest that it is worth for further analysis and research on the recycling and reuse of expanded polystyrene waste in technology adaptation.

Turinys

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Santrumpų sąrašas	9
Įvadas.....	10
1. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ PANAUDOJIMO BEI GAMYBOS IR PERDIRBIMO TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ.....	11
1.1. Plastikų svarba, nauda ir žala Europoje	11
1.2. Putų polistirolas ir jo panaudojimas.....	12
1.3. Teisinio reglamentavimo apžvalga.....	16
1.4. Atskirai surenkamų putų polistirolas atliekų kiekiai Lietuvos mastu	17
1.5. EPS ir XPS palyginimas. Esminiai skirtumai	18
1.6. Plastikų perdirbimo planas Europoje	19
1.7. Putų polistirolas perdirbimo technologinės galimybės.....	20
1.8. Putų polistirolas perdirbimo sąsaja su darnaus vystymosi tikslais	26
2. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ GAMYBOS PROCESŲ ANALIZĖS IR POVEIKIO APLINKAI VERTINIMO METODIKA	28
2.1. Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcija.....	28
2.2. Būvio ciklo įvertinimas (BCĮ).....	30
2.3. Programinės įrangos taikymas	32
3. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ GAMYBOS TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS	33
3.1. Įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ Kauno padalinio esama veikla	33
3.2. Putų polistirolas gamybos technologinių procesų aprašymas.....	35
3.3. Įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ planuojama ūkinė veikla	37
3.4. Planuojamos ūkinės veiklos teritorija	37
3.5. Planuojamo pastato charakteristika	38
3.6. Atliekų tvarkymo taisyklėse pateikti reikalavimai PŪV	38
3.7. Įmonės pirminis aplinkosauginis įvertinimas	38
3.7.1. Įmonėje pagaminamos šiluminės energijos kiekis ir nuostoliai	39
3.7.2. Esamos išlankos į aplinkos orą iš mobilių taršos šaltinių	40
3.7.3. Esamos išlankos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių	41
3.8. PŪV pirminis aplinkosauginis įvertinimas	43
3.8.1. PŪV dyzelinio kuro sąnaudų ir mobilios taršos vertinimas	44
3.8.2. PŪV ŠESD kiekio iš mobilių taršos šaltinių ir GŠP vertinimas.....	45
3.8.3. PŪV išlankos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių	46
3.8.4. PŪV žaliavų ir pakuotės sąnaudos.....	46
3.8.5. PŪV gaminamos produkcijos masės nustatymas	47
3.8.6. PŪV vandens sąnaudos ir buitinių nuotekų kiekis.....	47
3.8.7. PŪV elektros energijos sąnaudų vertinimas	47
3.8.8. PŪV netiesioginis poveikis aplinkos orui dėl elektros energijos naudojimo.....	48
3.9. Būvio ciklo įvertinimo metodikos taikymas	48
3.9.1. EPS gamybos poveikio aplinkai vertinimas	50
3.9.2. Poveikio aplinkai vertinimo palyginimas	51
Išvados ir rekomendacijos	55
Literatūros sąrašas	57

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Putų polistirolo perdirbimo indėlis įgyvendinant DVT Lietuvoje	27
2 lentelė. Esamos veiklos mobilių taršos šaltinių išmetamųjų teršalų kiekiai.....	41
3 lentelė. Esamos veiklos stacionarių taršos šaltinių išmetamųjų teršalų kiekiai (be KDI).....	42
4 lentelė. Žaliavų ir pakuotės sąnaudos EPS mechaninio perdirbimo ir antrinio panaudojimo veikloje.....	46
5 lentelė. EPS gamybos procesų inventorinė analizė gaminant iš pirminės ir iš antrinės EPS žaliavos.....	49
6 lentelė. Putų polistirolo produkcijos 1 tonos gamybos iš pirminės EPS poveikis aplinkai skirtingose poveikio aplinkai kategorijose visame būvio cikle (CCaLC).....	50
7 lentelė. Putų polistirolo produkcijos 1 tonos gamybos iš antrinės EPS poveikis aplinkai skirtingose poveikio aplinkai kategorijose visame būvio cikle (CCaLC).....	51
8 lentelė. Būvio ciklo įvertinimo rezultatų apibendrinimas.....	51

Paveikslų sąrašas

1 pav. Putų polistirolo granulių nuotraukos 50-100 μm mikroskopu.....	12
2 pav. Pastato pamato su EPS granulių priedu pavyzdys.....	13
3 pav. Linijinis EPS gamybos ciklas.....	14
4 pav. Žiedinis EPS gamybos ciklas.....	15
5 pav. Mechaninio putų polistirolo perdirbimo proceso etapai.....	21
6 pav. Bendroji cheminio perdirbimo schema.....	23
7 pav. Cheminio perdirbimo sudedamosios dalys.....	23
8 pav. Cheminio putų polistirolo perdirbimo proceso produktų išeiga.....	24
9 pav. Padavimo skyrius.....	25
10 pav. Pirolizės skyrius.....	25
11 pav. Rafinavimo skyrius.....	26
12 pav. 17 darnaus vystymosi tikslų.....	27
13 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas.....	28
14 pav. Būvio ciklo įvertinimą sudarantys etapai.....	30
15 pav. Bendra technologinių procesų srautų diagrama.....	34
16 pav. Katilinės technologinių procesų srautų diagrama.....	36
17 pav. Planuojamos ūkinės veiklos teritorijos schema.....	37
18 pav. Bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas.....	43
19 pav. Putų polistirolo atliekų perdirbimo medžiagų ir energijos srautų diagrama.....	44
20 pav. Putų polistirolo atliekų perdirbimo medžiagų ir energijos balansas.....	48
21 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai globalinio šiltėjimo potencialo kategorijoje palyginimas.....	52
22 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai rūgštėjimo kategorijoje palyginimas.....	52
23 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai eutrofikacijos kategorijoje palyginimas.....	53
24 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai ozono sluoksnio ardymo kategorijoje palyginimas.....	53
25 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai fotocheminio smogo kategorijoje palyginimas.....	54
26 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai toksiškumo kategorijoje palyginimas.....	54

Santrumpų sąrašas

ATVR – Atliekų tvarkytojų valstybės registras;

BCĮ – būvio ciklo įvertinimas;

EPS – plėtrusis putų polistirenas;

ES – Europos Sąjunga;

EUMEPS – Europos putų polistirolo gamintojų asociacija;

GŠP – globalinio šiltėjimo potencialas;

HBCD – heksabromciklododekanas;

HDPE – didelio tankio polietilenas;

JT – Jungtinės Tautos;

KD – kietosios dalelės;

LDPE – mažo tankio polietilenas;

PET – polietileno tereftalatas;

PP – polipropilenas;

PS – polistirenas;

PŪV – Planuojama ūkinė veikla;

PVC – polivinilchloridas;

SAZ – Sanitarinė apsaugos zona;

ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;

ŠG – Švaresnė gamyba;

XPS – ekstrudinis putų polistirenas.

Įvadas

Temos aktualumas. Putų polistirolas – plačiai paplitusi plastiko rūšis, naudojama tiek pakuočių gamybai, tiek pastatų apšiltinimui. Pati medžiaga yra biologiškai neutrali – netirpsta vandenyje ir neišskiria produktų galinčių užteršti gruntinį vandenį. Taip pat nepūva ir neyra, todėl neužteršia dirvožemio. O pentanas, kuris naudojamas kaip plėtiklis, aplinkoje greitai išsiskaido į anglies dioksidą ir vandenį. Taigi aplinkosauginė problema – ne žaliavos kilmė, o tai kas vyksta produkto gyvavimo ciklo eigoje. Putų polistirolu produktų gamybai naudojamos tik pirminės EPS žaliavos, o didžioji dalis susidarančių putų polistirolu atliekų nepanaudojamos kaip antrinė žaliava, ko pasekoje milžiniški šių atliekų kiekiai patenka į sąvartynus ir taip teršia aplinką. Putų polistirolu gamybos pramonės atstovai skatinami savo verslo modeliuose naudoti žiedinės ekonomikos principus, bei taikyti švaresnės gamybos modelius, kurie mažintų aplinkos taršą polistirolu atliekomis bei skatintų susidarančias atliekas regeneruoti kaip antrinę žaliavą pakartotiniam naudojimui.

Mokslinis naujumas. Šiame moksliniame darbe nagrinėjami prevencinės ir integruotos aplinkos apsaugos vadybos strategijos galimi įdiegimai putų polistirolu produkcijos gamybiniame procese, kurie darytų teigiamą įtaką putų polistirolu produktų bei susidarančių atliekų taršos poveikio žmonėms ir aplinkai mažinimui. Vienas iš efektyviausių metodų – putų polistirolu gamybos technologijos papildymas mechaninio atliekų perdirbimo ir antrinio panaudojimo technologija.

Teorinė ir praktinė reikšmė. Sukuriama putų polistirolu atliekų perdirbimo ir antrinio panaudojimo technologija įmonės lygmenyje, kuri būtų tinkamas pavyzdys kitoms panašaus pobūdžio įmonėms. Analizuojama galimybė pakeisti pirminę EPS žaliavą alternatyvia žaliava, pagaminta iš perdirbtų EPS atliekų.

Darbo objektas. Putų polistirolu produkcijos gamybos įmonė UAB „Baltijos polistirenas“.

Darbo tikslas. Išanalizuoti hipotezę, kad putų polistirolas yra ne tik ekonomiškai naudingas ir efektyvus, bet ir gali prisidėti prie aplinkos taršos mažinimo, jeigu jo gyvavimo ciklas bus sėkmingai suderintas su žiedinės ekonomikos principais.

Uždaviniai:

1. Atlikti mokslinės literatūros analizę, kuri apimtų putų polistirolu produktų panaudojimą bei gamybos ir perdirbimo technologijas.
2. Įvertinti įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ esamą veiklą ir jos daromą poveikį aplinkai.
3. Pateikti esminę informaciją apie planuojamą ūkinę veiklą.
4. Atlikti PŪV pirminį aplinkosauginį įvertinimą.
5. Atlikti būvio ciklo įvertinimą ir palyginimą, kai gamybai naudojama pirminė EPS ir antrinė EPS žaliava (iš perdirbtų atliekų).

1. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ PANAUDOJIMO BEI GAMYBOS IR PERDIRBIMO TECHNOLOGIJŲ ANALIZĖ

1.1. Plastikų svarba, nauda ir žala Europoje

Žodis „plastikas“ kilęs iš medžiagos gebėjimo tekėti ir deformuotis esant tam tikrai temperatūrai ir slėgiui. Tai angliavandenilių polimerai, sudaryti iš ilgesnių grandinių monomerų struktūros, kuri deformuojasi gamybos proceso metu. Labiausiai žinomos šios plastikų rūšys: didelio tankio polietilenas (HDPE), mažo tankio polietilenas (LDPE), polipropilenas (PP), polistirenas (PS), polietileno tereftalatas (PET), polivinilchloridas (PVC) ir kt.[6].

XX a. laikomas naftos pagrindu pagamintų plastikų klestėjimo era. Per pastaruosius 50 metų plastikų svarba ekonomikoje nuolat augo. Tai itin funkcionali medžiaga, dėl įvairių perspektyvių savybių, pvz.: mažo tankio, ilgaamžiškumo, žemos kainos, lengvo liejimo technologijos ir kt. [7]. Paradoksas, kad plastikas labiausiai vertinamas dėl savo ilgaamžiškumo ir atsparumo natūraliam skaidymui, bet būtent šios plastiko savybės kelia didžiausią grėsmę biosferai [6].

Plastikų panaudojimo spektras labai platus – nuo automobilių pramonės iki medicinos. Daugiau nei 80 % plastikų Europoje pagaminti iš putų polistirolo, polietileno, poliuretano, polivinilchlorido, polipropileno bei polietileno tereftalato, kurių atliekos yra pasaulinio lygio problema [7]. Didžiausią dalį plastikų rinkos sudaro plastikas pakuotėms, kur viena populiariausių pakuočių rūšių – putų polistireno pakuotės. Pasak Filho W. L. ir kt., net 40 % plastiko poreikio tenka pakuotėms, o 61 % visų plastikinių atliekų, surinktų po vartojimo, susidaro iš pakuočių [8]. Pakuočių nauda nenuginčijama – jose supakuoti gaminiai apsaugojami nuo neigiamo aplinkos poveikio, o aplinka apsaugota nuo gaminių patekimo į aplinką dar prieš jiems tampant atliekomis. Kita vertus, pakuotės daro neigiamą poveikį aplinkai, nes jų gyvavimo ciklo metu į atmosferą, vandenį ir dirvožemį patenka teršalų bei susidaro kietų atliekų. Be to, pakuočių atliekos sudaro didelę komunalinių atliekų dalį. Lietuvoje net 30 % komunalinių atliekų masės sudaro pakuočių atliekos [9]. Todėl labai svarbus vartotojų suvokimas apie pakavimo medžiagas ir jų daromą poveikį aplinkai, nes iki šiol vartotojams svarbesni kriterijai buvo kaina, prekės ženklas ir kt. [8].

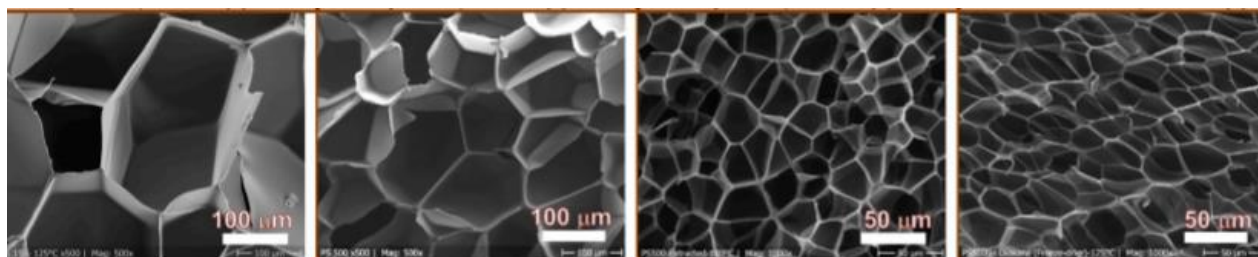
Dar vienas, tiek Lietuvoje, tiek visame pasaulyje plačiai paplitęs plastiko gaminių panaudojimas, kur putų polistirenas itin populiarus jau daugybę metų – tai statybų pramonė. Tiek putų polistireno, tiek visų kitų plastiko rūšių poreikis šiuose sektoriuose auga ir toliau, tačiau reikalingas veiksmų planas, norint užkirsti kelią plastiko sukeliamai žalai. Kaip teigia Filho W. L. ir kt. [8], yra daugybė plastiko panaudojimo ir šalinimo problemų keliančių grėsmę tiek aplinkai, tiek žmonių sveikatai, o kadangi pagrindinis vaidmuo naudojant plastiką tenka visuomenei, tai pokyčius reikia pradėti nuo teisingo visuomenės požiūrio formavimo į plastikų panaudojimą, šalinimą, perdirbimą bei antrinį panaudojimą, nes Filho W. L. ir kt. [8] atlikta visuomenės apklausa atskleidė, kad yra didelės informacijos spragos visuomenės švietime šiais klausimais, kurias reiktų pašalinti siekiant paskatinti racialesnį plastikų naudojimą Europoje. Remiantis ES strategija dėl plastikų naudojimo, dėl didelės paklausos, nuo 1960 m. plastiko poreikis išaugo 20 kartų. Vien Europos plastikų gamybos sektoriuje sukurta 1,5 milijono darbo vietų. Tačiau plastiko perdirbimo galimybės tebėra labai ribotos, lyginant su kitomis medžiagomis. Todėl kasmet Europoje susidaro apie 25,8 milijonų tonų plastikų atliekų, iš kurių daugiau nei 30 % patenka į sąvartynus arba yra deginamos, o į aplinką išskiriami dideli CO₂ kiekiai [10]. Robaina M. ir kt. atliktas tyrimas taip pat patvirtina, kad gausus plastikų atliekų kiekis ne tik užima didelius plotus, bet ir blogina oro kokybę ir skatina klimato kaitą [11]. Dėl biologiškai

neskaidaus plastiko pobūdžio daromas neigiamas poveikis aplinkai, pvz., plastiko atliekose esančios pavojingos cheminės medžiagos patenka į požeminius vandenis ir juos užteršia [7]. Todėl Europoje buvo nustatyti ilgalaikiai tikslai mažinti pagrindinių atliekų srautą, t. y. komunalinių ir pakuočių atliekų šalinimą sąvartynuose ir kuo didesnę jų kiekį paruošti pakartotiniam naudojimui bei perdirbimui [12]. Tikimasi, kad iki 2030 m. visi plastiko gaminiai bus tinkami perdirbimui [11]. Todėl pagrindinis tikslas – ne pašalinti plastiko gaminius iš rinkos, bet juos išlaikyti, kadangi dėl savo funkcionalumo jie itin naudingi daugelyje sričių. Vienas svarbiausių uždavinių šiuo metu, pasitelkus žiedinę ekonomiką, plastiką paversti „draugiškais“ aplinkai per visą jų gyvavimo ciklą.

1.2. Putų polistirolas ir jo panaudojimas

Putų polistirolas dar žinomas kaip plėtrusis putų polistirenas arba polistireninis putplastis, buvo sukurtas vokiečių mokslininko F. Stastny 1951 m. užsandarinus orą ir suvaržius jo judėjimą, taip neleidžiant prasiskverbti vandeniui ar teršalams [13]. Tai polimeras, gaunamas suspensinės stireno polimerizacijos būdu [1]. Polimero putojimo procesas susideda iš polimero matricos prisotinimo tam tikru skysčiu ir lakumo proceso didinant temperatūrą. Lakumo proceso metu atsiranda fazių atskyrimas ir vyksta porų augimas polimero matricoje [14]. Polistirolų granulių išpūtimo procesui naudojamas plėtiklis – pentanas.

Kiekviena polistirolų granulė išpūtimo metu tampa tarsi uždara kamera, pripildyta oro [15]. Putų polistirolų gaminiai pasižymi unikalia sudėtimi, kadangi tik 2 % produktų sudėties sudaro polistirolas, o likusieji 98 % – oras [16]. Mikroskopu atliktas vaizdas geriausiai perteikia šią unikalią putų polistirolų struktūrą (žr. 1 pav.).



1 pav. Putų polistirolų granulių nuotraukos 50–100 μm mikroskopu [17]

Tokių uždarytų porų kiekis ir tankumas priklauso nuo naudojamos žaliavos ir technologinių gamybos proceso parametrų. Jei norima gauti tankesnę produktą – granulės išpučiamos mažiau [3]. Plėtrusis putų polistirolas (skirtingai nuo kristalinio PS) neperdirbamas ekstrudieruose į granules, o naudojamas tiesiog norimos formos gaminiams formuoti karšto liejimo būdu [1].

Putų polistirolas itin paplitęs plastikų rinkoje. Visame pasaulyje plastikų pramonė nuolat auga, o 2014-2018 m. laikotarpiu fiksuojamas apie 9 % išaugęs plastikų pardavimas pasauliniu mastu [3]. Jei 2010 m. pasaulinė polistireno gaminių paklausa buvo apie 14,9 mln. tonų, tai iki 2020 m. buvo prognozuojamas 5,5 % paklausos augimas [2]. EPS laikomas labai gera pakavimo medžiaga, nes jis minkštas, lengvai perdirbamas bei pigus. Jo gamybai reikia beveik dvigubai mažiau energijos nei gofruoto kartono gamybai [1]. Dėl savo cheminio inertiškumo jis plačiai naudojamas maisto pakavimui, ypač tinkamas karštiesiems ir šaltiems maisto produktams [18]. Būtent dėl gebėjimo išlaikyti produktus šviežius – putų polistirolas itin populiarus Norvegijoje, kur kasmet importuojama arba pagaminama apie 35 tūkst. tonų putų polistirolų dėžučių, skirtų žuvų ir jų produktų laikymui ir transportavimui [16]. Ši pastovios temperatūros išlaikymo savybė itin vertinama ir farmacijos

kompanijų, kadangi vaistai turi būti gabenami išlaikant tam tikrą temperatūrą, o putų polistirolu pakuotės gali tai užtikrinti [18].

Putų polistirenas plačiai žinomas kaip lengva, bet standi medžiaga, kuri pasižymi geromis termoizoliacinėmis savybėmis ir tapo itin populiaru statybų pramonėje [19]. Putų polistirolu termoizoliaciniai gaminiai daro įtaką pastatų bei statinių kokybei, kainai bei tolimesnėms eksploatacijos išlaidoms [13]. Norvegijoje putų polistireno panaudojimas statybų sektoriuje užima antrą vietą po panaudojimo pakuotėms. Jis plačiai naudojamas pastatų izoliacijai ir pamatų liejimui [16]. Formuojant pamatus į betono skiedinio mišinį įmaišomos EPS granulės, kaip lengvas užpildas, kuris pakeičia dalį betono masės (žr. 2 pav.) [20].



2 pav. Pastato pamato su EPS granulių priedu pavyzdys [20]

Pastaruosius 20 metų polistirenas paplitęs ir kelių infrastruktūros plėtroje bei tiltų atramų gamyboje, nes tai puiki alternatyva kitų natūralių išteklių tausojimui [19]. Polistireno produktai plačiai naudojami kaip maisto ir elektronikos pakuotės, lėktuvų ir automobilių dalys, sporto įranga. Tokių EPS gaminių privalumai – lengvi, lengvai formuojami, pasižymi geromis akustinėmis ir šilumos izoliacijos savybėmis, nebrangia gamyba, amortizacija, stabiliais matmenimis bei atsparumu drėgmei [15]. Putų polistirolu medžiagos plačiai paplitusios kaip pakavimo užpildas, kadangi liejimo technologija leidžia pagaminti tokias formas, kurios idealiai atitinka gaminio matmenis ir tvirtai jį prilaiko transportavimo metu. Tokios pakuotės dažniausiai naudojamos dideliems ir sunkiems daiktams, o smulkus, palaidas putų polistirenas naudojamas nedidelių produktų pakavimui, taip apsaugant nuo pažeidimų [18]. Būtent elektrinei įrangai pakuoti naudojamas putų polistirolas ir sudaro 30 – 50 % visų plastiko atliekų [7].

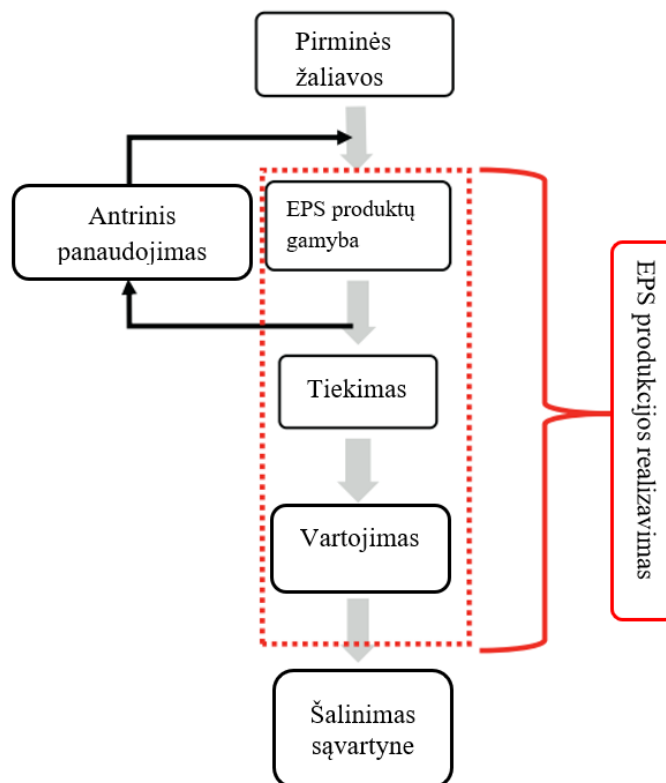
Putų polistirolu produktai skirstomi į trumpo ir ilgo gyvavimo ciklo produktus. Statybinės izoliacijos sistemos priskiriamos ilgo gyvavimo ciklo produktams ir jų daromas neigiamas poveikis aplinkai mažesnis, tačiau trumpo gyvavimo ciklo produktai tokie kaip pakuotės greitai tampa atlieka ir patenka į sąvartynus [15]. Didžiausi polistireno produktų trūkumai pasireiškia būtent jų gyvavimo ciklo pabaigoje, kai jie tampa atliekomis. Putų polistirenas priskiriamas naftos chemijos plastiko polimerams ir pasižymi tuo, kad yra labai stabilus ir sunkiai suyantis aplinkoje [2]. Prireiktų apie 500 metų tokių produktų irimui [3]. Šiuo metu dedamos didelės pastangos tarptautiniu mastu, siekiant sumažinti neigiamą plastinės taršos poveikį. Tai turėtų sujungti visas suinteresuotas šalis – gamintojus, vartotojus ir perdirbėjus [2].

Esminis klausimas visiems EPS produktų gamintojams – kokią strategiją pasirinkti, norint išlikti rinkoje, kai akcentuojama, kad gaminiai privalo tapti „draugiški“ aplinkai. Vienas iš sprendimų – pereiti nuo tiesinės ekonomikos prie žiedinės. Riboti gamtos išteklių bei auganti žmonių populiacija paskatino pasaulio politiką ir pramonę orientuotis į žiedinės ekonomikos augimą, kuriant novatoriškus ir tvarius verslo modelius [3]. Tai perspektyvi ekonominė sistema, kur produktai, medžiagos ir išteklių ekonomikoje išlaikomi kiek įmanoma ilgiau, o atliekų susidarymas mažinamas kuo daugiau [11]. Žiedinės ekonomikos koncepcija suteikia galimybę spręsti išteklių stygiaus problemą tiek politikos formuotojams, tiek pramonės įmonėms. Įmonės vis labiau skatinamos į savo verslą integruoti žiedinę ekonomiką [21].

Pagal fizines savybes, ne visi plastikai yra tinkami norint taikyti žiedinės ekonomikos koncepciją. Plastikai gali būti trijų kategorijų: 1) termoreaktyvieji plastikai – tai kietieji plastikai, kurių negalima iš naujo ištirpdyti ir pakeisti; 2) termoplastikai – kuriuos galima ištirpinti iki skystosios fazės, pakeisti ir perdirbti; 3) elastomerai – minkšti, elastingi plastikai. Kadangi putų polistirolas priskiriamas antriesiems plastikams, jis yra tinkamas perdirbimui, pritaikius tam tikras technologijas, todėl žiedinės ekonomikos koncepcija gali būti puikiai įgyvendinama [8].

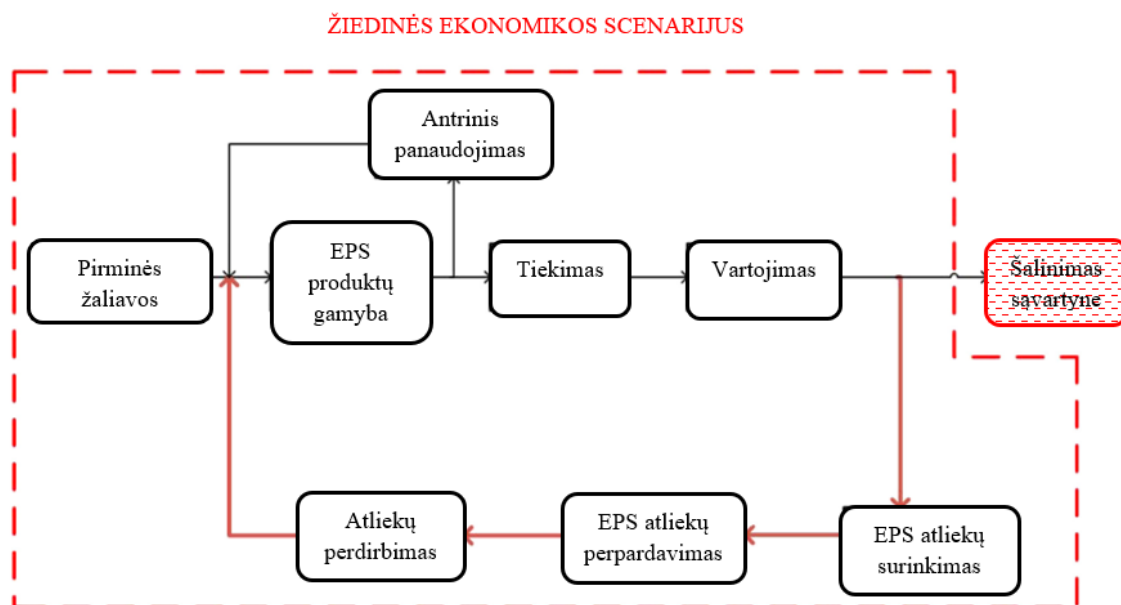
Taikant žiedinės ekonomikos principus vienkartinę EPS produktų gamybą, reikėtų naudoti perdirbtą putų polistireną. Atlikti tyrimai parodė, kad maišant pirminę polistireno žaliavą su perdirbta antrine, galima gauti pakankamai geros kokybės naujus produktus [3]. Be to, svarbu paminėti tai, kad naudojant daugiau stireno gauto iš perdirbtų žaliavų mažinamas naftos ir gamtinių dujų eikvojimas pirminiam stireno išgavimui [22].

Perdirbtų plastikų panaudojimas statybų pramonėje pastaraisiais metais įgauna pagreitį [4]. Putų polistireno gamintojai visuomet gamybos technologijoje gaunamas atraižas smulkina ir naudoja gamyboje (žr. 3 pav.) [3].



3 pav. Linijinis EPS gamybos ciklas [3]

Tačiau toks gamybos ciklas negali būti ilgaamžis, nes jis paremtas išteklių eikvojimu bei dideliu atliekų kiekiu susidarymu. Žiedinė ekonomikos samprata siūlo alternatyvą – regeneruoti pramonės sistemą [21]. Atliekos, kurios susidaro po produktų vartojimo, neturėtų patekti į sąvartynus, o galėtų būti naudojamos pakartotinai, taikant žiedinės ekonomikos principus (žr. 4 pav.) [3].



4 pav. Žiedinis EPS gamybos ciklas [3]

Tuomet žaliavą produktų gamybai sudarytų dalis pirminės žaliavos, ir dalis perdirbtų polistireno atliekų (tokių kaip indai, lėkštės, gėrimų tara ir kt.). Taip galima būtų pasiekti, kad EPS produktai būtų gaminami iš ne mažiau kaip 70 % perdirbtų žaliavų [3]. Perdirbto ir sutankinto EPS neleidžiama naudoti tik maisto produktų pakuotėms. Jis naudojamas šukoms, pakaboms, paveikslų rėmams, vazonams, padėklams, betonui, ar net kaip priedas dirvos purumui pagerinti. O putų polistirolu galima naudoti gruntiniams vandenims drenuoti [1].

Remiantis Dissanayake ir kt. [23] atliktu tyrimu, betoninės sienų plokštės gali būti gaminamos panaudojant 50 % perdirbto polistireno. Tokios plokštės pasižymi geresnėmis savybėmis nei degto molio plytos, nes į aplinką išskiria mažiau anglies dioksido, o statybų procesas vyksta greičiau.

Perdirbtas polistirenas taip pat tiktų kelių tiesimo pramonėje. Pasak Vila-Cortavitarte M. ir kt. [24], asfalto mišiniuose 1 % masės dalį bitumo pakeitus į perdirbtą putų polistireną, šis užtikrintų keliams būtiną tvirtumą ir šiluminį stabilumą, o masės deformacijas sumažintų net 50 %. Tačiau įmaišius 2 % pastebimas nepakankamas masės vientisumas. Tai dar vienas puikus sprendimas, kaip prisidėti prie perdirbtų polimerų panaudojimo.

Ši praktika turėtų paskatinti tvaresnę polistireno produktų gamybos pramonę. Puikus pavyzdys jungtinis putų polistirolu gamintojų projektas atliktas Kanadoje 2012 m., kur per metus buvo perdirbta 50 000 t EPS atliekų ir to rezultate išgelbėta daugiau nei 4 mln. medžių, o CO₂ emisijos sumažintos 100 000 tonų [22].

1.3. Teisinio reglamentavimo apžvalga

Siekiant mažinti tiek viso plastiko, tiek putų polistireno atliekų patekimą į sąvartynus, Europos Sąjungoje ir Lietuvoje priimta nemažai teisės aktų, reglamentuojančių šių atliekų tvarkymą. Vienas pagrindinių teisės aktų – Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 94/62/EB dėl pakuočių ir pakuočių atliekų [9]. Šios direktyvos tikslas – suderinti pakuočių ir pakuočių atliekų tvarkymo nacionalines priemones, kad būtų užkirstas kelias daryti neigiamą poveikį aplinkai arba daromas poveikis būtų kiek įmanoma sumažintas, bet nebūtų sutrikdytas vidaus rinkos funkcionavimas ir išvengta prekybos kliūčių bei konkurencijos iškraipymo ar suvaržymo. Direktyvos prioritetasis – pakuočių atliekų prevencija, nes laikoma, kad geriausias būdas neleisti gaminti pakuočių atliekų – tai mažinti bendrą pakuočių apimtį, o papildomi principai – pakartotinis naudojimas, perdirbimas ir kitos pakuočių atliekų naudojimo funkcijos. Visoms šalims narėms, įskaitant ir Lietuvą, svarbu laikytis bendros nuostatos – vienoje valstybėje narėje taikomos aplinkosaugos priemonės neturi trukdyti kitai valstybei narei siekti šioje direktyvoje numatytų tikslų [25]. Šis dokumentas sujungia pakuočių atliekų perdirbimo tikslus su nustatytais reikalavimais, kuriais siekiama mažinti neigiamą pakuočių atliekų poveikį aplinkai. Lietuva įsipareigojusi vykdyti šios direktyvos reikalavimus, kaip ES narė. Remiantis šia direktyva įteisinama gamintojo atsakomybė ir „teršėjas moka“ principai [9].

2018 m. Europoje buvo priimta Pakuočių atliekų direktyva 2018/852, kurioje akcentuojama, kad pakuočių atliekos, tarp jų ir putų polistirolo pakuotės, sudaro didelę dalį paplūdimiuose randamų daiktų, o patekusios į jūros aplinką pakeičia prioritetinę atliekų hierarchijos tvarką, taip sukeldamos ilgalaikį poveikį aplinkai [26]. Tai pat šioje direktyvoje skatinama ekologiško pakuočių dizaino plėtra: „Pakuotės turi būti projektuojamos, gaminamos ir parduodamos taip, kad būtų galima jas pakartotinai ar kitaip panaudoti, taip pat perdirbti, vadovaujantis atliekų hierarchija, ir kuo labiau sumažinti jų poveikį aplinkai, kai pakuočių atliekos ar pakuočių atliekų tvarkymo operacijų liekanos yra šalinamos“ [26]. Taikant ekologinio projektavimo metodą suteikiama pridėtinė socialinė vertė plastikiniams gaminiams. Informavimas apie pakuotės kokybę yra ne tik gera rinkodaros strategija, bet ir veiksmingas būdas skatinti vartotoją pasirinkti tvaresnę pakuotę [8].

Ši direktyva skatina padidinti pakuočių perdirbimo tikslą, kad jis labiau derėtų su ES siekiu pereiti prie žiedinės ekonomikos. Direktyvoje nustatyti tokie reikalavimai, kurie aktualūs putų polistirolo gaminiams [26]:

- ne vėliau kaip 2025 m. gruodžio 31 d. mažiausiai 65 % visų pakuočių atliekų (pagal svorį) turi būti perdirbama;
- ne vėliau kaip 2025 m. gruodžio 31 d. turi būti pasiekti šie minimalūs pakuočių atliekose esančių medžiagų perdirbimo tikslai (pagal svorį): 50 % plastiko;
- ne vėliau kaip 2030 m. gruodžio 31 d. mažiausiai 70 % visų pakuočių atliekų (pagal svorį) turi būti perdirbama;
- ne vėliau kaip 2030 m. gruodžio 31 d. turi būti pasiekti šie minimalūs pakuočių atliekose esančių medžiagų perdirbimo tikslai (pagal svorį): 55 % plastiko.

Akivaizdu, kad putų polistirolo gaminiai rinkoje išliks tik tuo atveju, jei pirkėjui bus suteiktos galimybės pasirinkti ekologiškai suprojektuotus putų polistirolo gaminius, kurie atitiks Pakuočių atliekų direktyvos 2018/852 reikalavimus bei bus sudarytos tinkamos sąlygos šių produktų perdirbimui.

Stokholmo konvencija taip pat svarbus teisinis reglamentas putų polistirolo gamintojams, kadangi šia visuotine sutartimi siekiama apsaugoti žmonių sveikatą ir aplinką nuo kenksmingų patvarių organinių teršalų (POT) poveikio. Ji įpareigojo EPS ir XPS gamintojus atsisakyti HBCD priedo šių gaminių sudėtyje dėl jo neigiamo poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai. Ši medžiaga priskiriama prie POT, todėl turi būti pakeista kitu, saugesniu antipireno junginiu, pvz: FR polimeru, t.y. bromintas kopolimeras iš stireno ir butadieno, kuris yra potencialiai patvarus, bet nėra bioakumuliacinis ar toksiškas, arba kitu - tetrabrombisfenoliu A, kuris tinkamas tiek EPS, tiek XPS gamybai ir užtikrina liepsnos slopinimą gaminiuose [27]. Remiantis šiuo dokumentu, putų polistirolo gamintojams buvo nurodytas 5 metų terminas, per kurį alternatyvios medžiagos turi visiškai išstumti HBCD priedą iš putų polistirolo gamybos. Tai dar vienas svarbus žingsnis siekiant sumažinti putų polistirolo gaminių daromą poveikį aplinkai.

Dar vienas svarbus dokumentas – Europos Sąjungos vienkartinių plastikų direktyva, kuri vienu iš tikslų numatė vienkartinių EPS produktų atsisakymą. Atsižvelgiant į tai, kad jūrose didžioji dalis šiukšlių yra polistireninis putplastis, ir į tai, kad esama jo alternatyvų, siekiama apriboti iš šios medžiagos pagamintos vienkartinės maisto ir gėrimų taros naudojimą [30]. Remiantis šia direktyva, turėtų stipriai išaugti medžiagų perdirbimas ir pakartotinis panaudojimas, o atliekų kiekis kuo labiau mažinamas, taikant žiedinės ekonomikos principus. Taip ši direktyva padės pasiekti 12 – ajį JT darnaus vystymosi tikslą – užtikrinti tvaraus vartojimo ir gamybos modelius. Taip bus kuo ilgiau išsaugoma medžiagų ir gaminių vertė ir pagaminama mažiau atliekų, tuo pačiu metu mažinant brangių išteklių poreikį ir jų poveikį aplinkai [30].

Lietuvoje vienas svarbiausių atliekų tvarkymo sektoriaus dokumentų – Lietuvos valstybinis atliekų tvarkymo planas [28], kuriuo remiantis nuo 2016 m. įsigaliojo pakuočių atliekų naudojimo ir (ar) perdirbimo užduotys, kur paminėta, kad plastiko pakuočių perdirbimas turi būti ne mažesnis kaip 45 %. Norint pakuotes tinkamai perdirbti jos turi būti ženklinamos ir taip identifikuojama jų prigimtis. Pavyzdžiui, polistireno pakuotėms ženklinti naudojami simboliai – PS. Taip pat visoms medžiagoms, nepriklausomai nuo jų prigimties, gali būti naudojamas bendras ženklinimo simbolis – Mobijaus kilpa, kuris nurodo perdirbimo galimybę [9]. Ši pakuočių ženklinimą Lietuvoje reglamentuoja Pakuočių ir pakuočių atliekų tvarkymo taisyklės, kurios nurodo ir dar vieną prievolę pakuočių gamintojams – teikti ataskaitas apie pagamintas pakuotes, tarp jų ir putų polistirolo pakuotes [29]. Ne mažiau svarbūs teisės aktai Lietuvoje, nurodantys kaip tinkamai tvarkyti putų polistirolo atliekas – Atliekų tvarkymo taisyklės [28] ir Statybinių atliekų tvarkymo taisyklės [31]. Remiantis šiais dokumentais, putų polistirolo atliekos turi būti rūšiuojamos, tinkamai laikomos, surenkamos ir apdorojamos. Kiekvienai iš šių veiklų reikalingas veiklos kodas ir atliekos kodas pagal ATT.

1.4. Atskirai surenkamų putų polistirolo atliekų kiekiai Lietuvos mastu

Remiantis vienkartinių plastikų direktyva [30], Lietuva kasmet privalo ES pateikti duomenis apie atskirai surinkto putų polistireno atliekas, siekiant įrodyti, kad pasiekti atskiro surinkimo tikslai, nustatyti šioje direktyvoje. Kasmet Lietuvoje į sąvartynus patenka apie 40 tūkst. tonų polistireninio putplasčio atliekų, o tai prilygsta 16 olimpinių baseinų užimamam plotui. Putų polistirolo atliekos priskiriamos polimerinėms atliekoms, todėl būtina jas eliminuoti iš sąvartynų ir perdirbti. Norint sėkmingai organizuoti jų perdirbimą, reikia šias atliekas surinkti, išvalyti, išrūšiuoti ir parduoti perdirbimo gamykloms [1].

Labai svarbu atskirti EPS atliekas ne tik iš bendro atliekų srauto, bet ir nuo kitų plastikų. Remiantis Europos Parlamento ir Tarybos direktyva 94/62/EB dėl pakuočių ir pakuočių atliekų, norint, kad būtų pasiektas aukštas perdirbimo lygis ir išvengta sveikatos ir saugos problemų, tiems, kurie surenka ir apdoroja pakuočių atliekas, labai svarbu, kad tokios atliekos būtų rūšiuojamos jų susidarymo vietose. Svarbiausias vaidmuo, tvarkant pakuotes ir pakuočių atliekas, tenka vartotojams, todėl jie turi būti tinkamai informuoti, kad atitinkamai keistų savo elgesį ir požiūrį [25]. Akivaizdu, kad jau nuo namų ūkių turėtų prasidėti EPS atliekų atskyrimas. Gyventojai turėtų būti sąmoningi šiuo klausimu ir suprasti, kad EPS atliekos turėtų būti atskirai rūšiuojamos jau pačiame namų ūkyje, kad būtų tinkamos perdirbimui. Tam puikiai tiktų atskirų, polistireno atliekoms skirtų, konteinerių įvedimas į atliekų surinkimo sistemą. Dar vienas paskatinimas tinkamam rūšiavimui – atliekų perdirbimo įmonės turėtų pasiūlyti konkurencingus įkainius tokių atliekų surinkėjams [3]. Taip pat labai svarbu, kad vartotojai suprastų, jog užterštos polistireno atliekos, pvz.: maisto pakuotės, apsunkina perdirbimo procesą ir padidina jo kaštus, todėl jau namų ūkiuose prieš išmetant putų polistirolu pakuotes jos turėtų būti be pašalinių priemonių [22].

Lietuva turi siekti, kad visa atliekų surinkimo sistema, įtraukiant ir putų polistirolu atliekas, būtų kuo paprastesnė, tuomet vis didesnis žmonių skaičius joje dalyvaus ir vis daugiau polimerinių atliekų bus surenkama ir perdirbama [1]. Kolkas putų polistirolu gaminių surenkamų atliekų kiekiai nėra itin gausūs.

1.5. EPS ir XPS palyginimas. Esminiai skirtumai

Putų polistirenas gali būti dviejų tipų – EPS ir XPS. EPS – tai plėtrusis polistirenas, kuriam būdinga uždara porėta struktūra ir didesnis poringumas, o XPS – ekstrudinis putų polistirenas gaunamas liejimo būdu ir pasižymi mažesniu poringumu [32].

Gaminant EPS – plėtrųjį putų polistirolą, granulės išpūtimo proceso metu padidėja iki 25 – 40 kartų, lyginant su pradiniu granuliu dydžiu. Tuomet veikiant granules karščiu ir slėgiu jos „suklijuojamos“ tarpusavyje ir taip susidaro vientisa uždarytų porų sistema. Taip gali būti iš karto pagaminamas norimos formos EPS gaminytis, arba suformuojamas blokas, kuris vėliau pjaustomas į plokštes. O štai gaminant XPS, taikoma kiek kitokia technologija, vadinama ekstruzija [18]. Ekstruduojant didelės vidutinės santykinės molekulinės masės kristalinį PS pridedama nukleacijos agento ir putinimo agento [1].

Proceso eiga: PS derva ištirpinama ekstruderyje, įmaišomi nukleacijos bei pūtimo agentai ir mišinys išspaudžiamas pro tam tikrą formą. Tokio formavimo būdu gaunamų porų skersmuo 0,1 – 0,2 mm. Kaip ir formuojant EPS, gamybos proceso panašumas tas, kad pūtimo priemonė garuodama sukuria uždarytas poras. Tačiau rezultate gaunami ne įvairių formų gaminiai, o vientisi lakštai, kurie vėliau pjaustomi [18].

Šios abi medžiagos panašios tuo, kad yra lengvos, bet tvirtos ir plačiai naudojamos šilumos bei garso izoliacijai [33]. Jų panaudojimas apima įvairias sritis – vienkartinės pakuotes, statybines medžiagas, jūroje dislokuotus plūdurus ir kt.[2]. Dar vienas svarbus šių produktų panašumas tas, kad ilgą laiką tiek EPS, tiek XPS produktų gamybai buvo naudojamas HBCD (heksabromciklododekanas) liepsnos slopinimo priedas, siekiant, kad gaminiai atitiktų atsparumo ugniai reikalavimus. Į gaminių sudėtį būdavo dedama nuo 0,7 iki 2 % HBCD [34]. Tačiau nustačius šio priedo neigiamą poveikį aplinkai buvo iškeltas reikalavimas pašalinti jį iš šių gaminių sudėties. Remiantis Stokholmo konvencija [27], ši medžiaga pasižymi patvarumu, bioakumuliacinėmis bei toksinėmis savybėmis, todėl priskiriama

patvarių organinių teršalų sąrašui. Todėl EPS ir XPS gamintojai buvo priversti ieškoti alternatyvų šiam priedui pakeisti.

Pagrindiniai skirtumai tokie, kad XPS pasižymi šiek tiek mažesniu šilumos laidumu, dideliu atsparumu šilumos poveikiui, bei mažu išsiplėtimu. Taigi, norint pasiekti tą patį šilumos išsaugojimo efektą, XPS izoliacinės medžiagos storis gali būti 30 % mažesnis, nei EPS, tačiau jo kaina dvigubai didesnė, todėl ekonomiškai naudingiau naudoti EPS produktus. Pagal nacionalinį bandymų standartą EPS buitinė deformacija yra 0,5 %, o XPS 1,2 %, todėl norint išvengti įtrūkimų išorinėje pastatų izoliacijoje geriau rinktis EPS plokštes [32].

Platus EPS ir XPS panaudojimas sąlygoja gausų jų atliekų susidarymą, ypač jūrinių atliekų tarpe. Europos jūrose plastikinės šiukšlės yra viena iš sparčiausiai augančių grėsmių, apimanti ekologines, socialines ir ekonomines pasekmes jūrų aplinkai. O putų polistirenas viena iš labiausiai žinomų jūrų šiukšlių rūšių [2]. Pagrindinis putų polistireno atliekų šaltinis jūrose – komunalinės atliekos, taip pat valčių stovai, plūdurai, pontonai, plaukiojantys dokai [33]. Įveikus šią opią taršos problemą būtų prisidėta prie 14 – ojo JT darnaus vystymosi tikslo įgyvendinimo – išsaugoti ir tausiai naudoti vandenynus, jūras, ir jūrų išteklius [30].

XRF spektrinė analizė atliekama norint pamatyti esminius skirtumus tarp medžiagų dalelių erdvinio išsidėstymo. 2015 m. Anglijoje iš trijų paplūdimių buvo surinkti EPS ir XPS atliekų pavyzdžiai ir atliktas XRF tyrimas. EPS atliekų pavyzdžiai buvo suapvalintų formų, be paviršinių įtrūkimų, spalva balta arba beveik balta. Vidinė struktūra švari, be priemaišų. XPS atliekų pavyzdžiai labiau susidėvėję, nuskilę ir įgavę įvairių atspalvių, bei labiau pastebimas cheminės taršos poveikis. Daroma prielaida, kad Fe ir Ti priemaišos, aptiktos abejose medžiagose – patekė iš aplinkos. Remiantis šiuo tyrimu, galima daryti išvadą, kad abi šios medžiagos pasižymi geocheminiu reaktyvumu ir biologine sąveika [33].

1.6. Plastikų perdirbimo planas Europoje

Plastikų pramonė labai svarbi Europos ekonomikai, tačiau labai svarbu didinti jos tvarumą. Remiantis šiuo tikslu, jau 2015 m. Europos Komisija priėmė žiedinės ekonomikos veiksmų planą, kuriame nustatė plastiką kaip pagrindinį prioritetą ir įsipareigojo parengti strategiją sprendžiant plastiko keliamus iššūkius visoje jo vertės grandinėje, atsižvelgiant į visą jų gyvavimo ciklą. 2017 m. Europos Komisija patvirtino, kad sutelks dėmesį į plastikų gamybą ir naudojimą, bei sieks užtikrinti, kad iki 2030 m. visos plastikinės pakuotės būtų perdirbamos, vienkartinį plastikų naudojimas mažinamas ir ribojamas tyčinis mikroplastikų naudojimas. Ši strategija paremta tuo, kad naujų plastikų dizainas ir gamyba būtų paremti pakartotiniu panaudojimu, perdirbimu ir tvaresnių medžiagų kūrimu [10][35].

Pasak Europos Komisijos pirmininko pavaduotojo F. Timmermans'o : „[...] jei nepakeisime plastikų gamybos ir naudojimo būdų, 2050 m. vandenynuose bus daugiau plastikų nei žuvų. Nebegalime leisti plastikams patekti į mūsų vandenį, maistą ir organizmus. Vienintelis ilgalaikis plastiko atliekų mažinimo būdas – daugiau jų perdirbti ir pakartotinai naudoti [...]“ [35].

Žiedinė ekonomika puikus orientyras siekiant tvaresnės gamybos visoje Europoje. Remiantis Europos Komisijos priimta plastikų strategija, Europos žiedinės plastikos ekonomikos aljansas [36] paskelbė visuotinį plastiko gamintojų įsipareigojimą – iki 2025 m. naujų produktų gamybai panaudoti 10 milijonų tonų perdirbto plastiko, nes iki 2016 m. šis perdirbimas nesiekė net 4 milijonų tonų. Šis aljansas skatina savanoriškus veiksmus, siekiant, kad perdirbtų plastikų gaminiai suklestėtų Europos

rinkoje. Jis apima smulkų ir vidutinį verslą, stambias kompanijas, verslo asociacijas, standartizatorius, mokslinių tyrimų organizacijas, bei skirtingų šalių valdžios institucijas. Viena iš svarbiausių šiam aljansui priklausančių suinteresuotų šalių – putų polistireno gamintojai.

Šis tikslas apima tokį veiksmų planą:

Surinkimui ir rūšiovimui:

- atnaujinti ir apibrėžti perdirbimo parametrus polimerinėms medžiagoms atsižvelgiant į vykstančias naujoves;
- suderinti bendrą perdirbamumo apibrėžimą;
- įvertinti faktinę perdirbto plastiko gamybą;
- nustatyti augimo potencialą;
- bendraujant su valstybiniais ir privačiais sektoriais visos Europos mastu, sukurti efektyvią atliekų surinkimo sistemą, kad būtų optimizuota perdirbimo kokybė;
- surinkti būtinas investicijas.

Dizainui:

- tobulinti plastikų gamybą, kad jie būtų labiau perdirbami, o į gaminių sudėtį įvesti daugiau perdirbto plastiko.

Perdirbtų medžiagų kiekiui:

- skatinti perdirbto plastiko panaudojimą gaminant naujus plastikus;
- garantuoti produktų saugumą ir kokybę;
- remti šios programos plėtrą.

Tyrimų investicijoms:

- apibrėžti investicijas, būtinas tikslui pasiekti;
- patenkinti rinkos poreikius.

Stebėjimui:

- sukurti skaidrią, užtikrintą ir atsekamą sistemą iki 2021 m., siekiant kontroliuoti visus plastiko atliekų srautus Europoje.

Valdymui:

- sukurti komitetą, kuris koordinuotų vykdomą veiklą, sukurtų naujus veiksmus ir užduotis, parengtų metines ataskaitas, kuriose būtų matoma padaryta pažanga ir informuotų aljanso narius, bei visuomenę apie tikslus ir atliktus veiksmus.

Jei bus laikomasi nustatyto tvarumo plano, o plastikų aljansas vykdys savo įsipareigojimus – tikimasi sėkmingai apriboti plastiko taršą ir neigiamą jos poveikį mūsų gyvenimui ir aplinkai [36]. Ši plastikų strategija paskatins verslo atstovus, valdžios institucijas bei piliečius mobilizuotis siekiant tvaresnės aplinkos bei bus pavyzdys kitoms pasaulio šalims [10]. Europa turi geriausias galimybes pirmauti šioje pertvarkoje. Pagal naująją strategiją ES sieks [35]:

- užtikrinti, kad perdirbimas būtų pelningas įmonėms;
- pažaboti plastiko atliekų susidarymą;
- stabdyti jūrų šiukšlinimą;
- skatinti investicijas ir inovacijas;
- skatinti pokyčius visame pasaulyje.

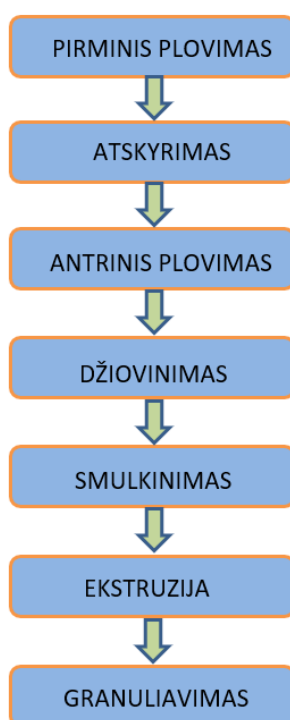
1.7. Putų polistirolu perdirbimo technologinės galimybės

Polistireno perdirbimas galėtų tapti išeitimi siekiant sumažinti aplinkai daromą poveikį dėl atliekų susidarymo. Taip pat perdirbimas ir pakartotinis naudojimas padėtų tausoti gamtos išteklius, tokius

kaip nafta ir dujos. Bėgant laikui taip susiformuotų ir tvaresnė statybų pramonė [15]. Remiantis šiais tikslais, Europos putų polistireno gamintojų asociacija (EUMEPS) sukūrė bendrą projektą pavadinimu „Polystyrene Loop“, kurio pagrindinis tikslas – įkurti putų polistireno perdirbimo gamyklą Nyderlanduose. Šios gamyklos veikla bus paremta žiedinės ekonomikos principais. Per metus joje turėtų būti perdirbama virš 3000 tonų statybinio putų polistireno atliekų, o iš gautos žaliavos gaminamos naujos putų polistireno termoizoliacinės medžiagos. Ši gamykla turėtų pradėti veikti jau 2021 m. birželio mėn.[37].

Tinkamai perdirbus putų polistireno atliekas galima gauti GPPS – bendrosios paskirties polistireno dervą, t.y. skaidrius polimerus, iš kurių gaminami EPS ir XPS gaminiai. Polistireną galima perdirbti mechaniniu arba cheminiu metodu. Mechaninis perdirbimas dar vadinamas tiesioginiu perdirbimu, kadangi šiame procese nedalyvauja modifikuoti polimerai [5]. Plastikų atliekos perdirbamos į norimos formos gaminius pirminio ir antrinio perdirbimo metu [1]. Šis perdirbimo metodas leidžia iš antrinių žaliavų pagaminti ypač švairius naujus produktus nenaudojant cheminio apdorojimo. Mechaninis perdirbimas jau įsitvirtinęs rinkoje, kaip didelis ir pelningas verslas, daugelyje išsivysčiusių pasaulio šalių. Perdirbant šiuo būdu išvengiama ne tik plastiko patekimo į sąvartynus bei deginimo, bet ir sukuriamas nemažas pelnas [11].

Mechaninio perdirbimo etapai (žr. 5 pav.) [11].



5 pav. Mechaninio putų polistirolo perdirbimo proceso etapai [11]

Šie perdirbimo etapai nors ir reikalauja mažiau energijos sąnaudų nei cheminis perdirbimas, bet lyginant su perdirbto plastiko kiekiu verte vistiek sukelia dideles energijos sąnaudas, o pagrindinė problema – išorinių šaltinių priemaišos, kurios užteršia plastiką ir taip blogina jo kokybę [6]. Mechaniskai perdirbtos atliekos gali būti naudojamos vienos arba kaip naujai susintetintų polimerų priedai įvairiomis proporcijomis. Gauti plastikai pasižymi prastesnėmis mechaninėmis savybėmis,

yra mažiau chemiškai atsparūs, bei prastesnės išvaizdos, nei gaminiai gauti iš naujai susintetintų polimerų, todėl tokių gaminių kokybei keliami mažesni reikalavimai [1].

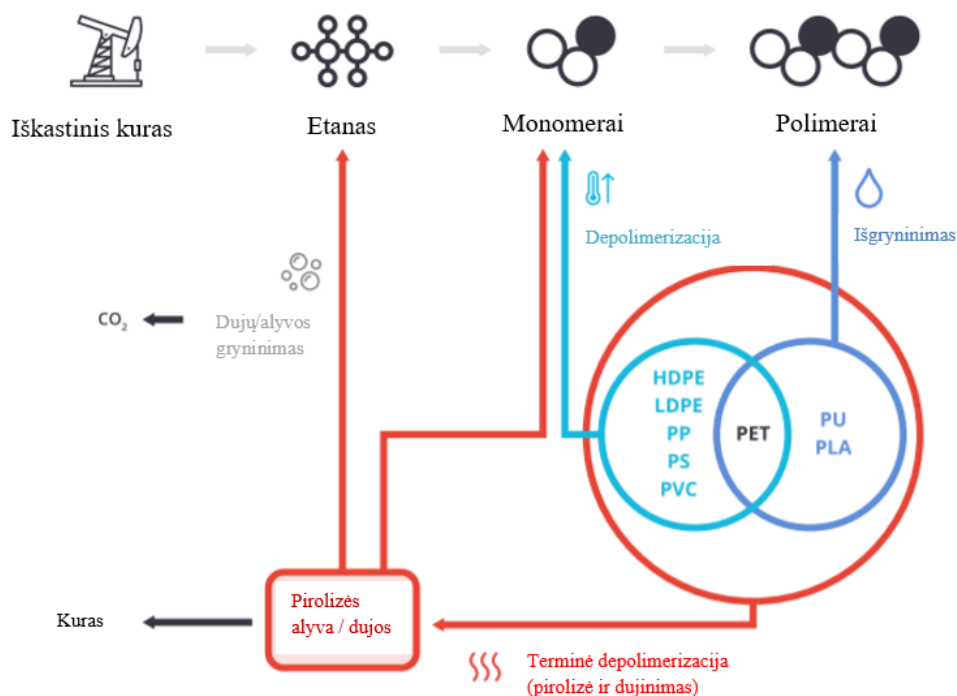
Ir vistiek buvo pastebėta, kad putų polistirenas itin tinkamas mechaniniam perdirbimui, nes jo savybės nėra stipriai paveikiamos net iki devynių perdirbimo ciklų. Pirmi keturi mechaninio perdirbimo etapai apima putų polistirolu atliekų valymą. Norint, kad surinktos atliekos būtų tinkamos antriniam panaudojimui, vandeniui, riebalų plovikliams bei skystu chloru turi būti pašalinamos visos jose esančios organinių medžiagų liekanos. Plovimo procesas trunka apie 25 min, džiovinimo – 20 min. Po to seka malimas, po kurio naudojant šilumą ir slėgį žaliava perduodama ekstruzijai (tirpinimui), o gauta masė granuliuojama ir atvėsinama vandens vonioje kambario temperatūroje [3].

Kolumbijoje buvo atliktas bandymas, taikant mechaninį perdirbimą. Jo metu panaudotos polistireno dėžutės buvo susmulkintos iki <5 mm granuliu ir vėl panaudotos EPS produktų gamybai. Gautų bandinių kokybė buvo tikrinama taikant infraraudonųjų spindulių spektrofotometrijos metodą, atliekant mechaninius bandymus (atsparumą gniuždymui, lenkimui ir tempimui), šilumos laidumą bei gravimetrinę analizę. IR spektrofotometrija parodė, kad antrinio polistireno panaudojimas EPS granuliu gamyboje kokybiškai atitinka pradinio EPS polimerą ir nėra aptinkama jokių šalutinių medžiagų, kurios būtų susiformavę perdirbimo proceso metu. Atsparumas tempimui ir lenkimui užfiksuotas mažesnis, o tai rodo, kad naudojant perdirbtą polistireną ryšiai tarp molekulių nutraukiami greičiau, t.y. elastingumas mažesnis. Atsparumas gniuždymui išlieka panašus kaip ir pradinio EPS. Šilumos laidumas šiek tiek padidėja (galimai dėl pentano nuostolių) [15].

Ekvadore taikant mechaninį EPS perdirbimą buvo pagamintos maisto pakuotės ir atlikti bandymai. Panaudojus 30 % antrinės žaliavos buvo gautos pakuotės, kurių masė 6 % mažesnė, nei tų kurios gaminamos iš pirminės žaliavos. Taip pat atlikti mikrobiologiniai tyrimai, išsiaiškinti, ar su antrine žaliava į pakuotes nepatenka mikroorganizmai, kurie sukeltų neigiamą poveikį sveikatai. Tokių mikroorganizmų aptikta nebuvo, ir tai paaiškinama tuo, kad ekstruzija vyksta esant daugiau nei 200 °C temperatūrai, todėl visi mikroorganizmai žūsta. Taip pat atliktas migracijos testas, siekiant išsiaiškinti ar iš tokių pakuočių jokios medžiagos nepatektų į maistą. Dalelių migracijos bandymo rezultatai didesni, nei naudojant tik pirmines žaliavas, tačiau neviršija nustatytų normų [3].

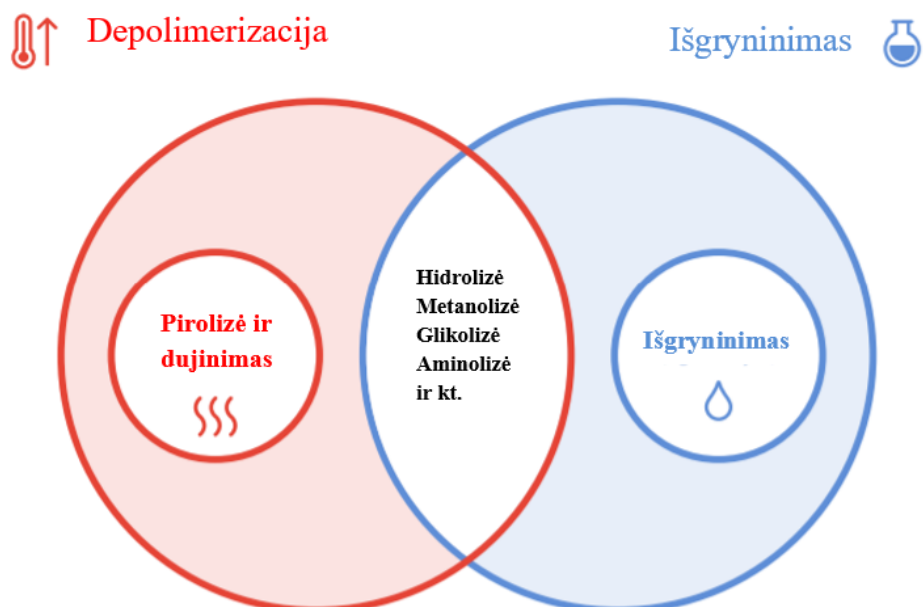
Nors mechaninis perdirbimas turi ribotas galimybes, tačiau vis dar manoma, kad ekologiniu požiūriu tai geresnis perdirbimo būdas, nei taikant cheminius procesus. Kadangi jis reikalauja mažesnių energijos sąnaudų, tai savaime suprantama, kad ir anglies pėdsakas mažesnis bei rezultate išgaunama mažiau šalutinių toksiškų produktų [6].

Dar vienas perdirbimo būdas – cheminis perdirbimas. Jis neturi oficialaus apibrėžimo, tačiau nurodomas kaip chemijos inžinerijos technologijų rinkinys [6]. Jį galima vadinti tretiniu perdirbimu. Cheminio perdirbimo produktai naudojami kaip cheminės žaliavos naujų polimerinių gaminių gamybai. Tam chemiškai skaidomi polimerai mažos santykinės molekulinės masės produktams gauti [1]. Dažnai cheminis perdirbimas įvardinamas kaip sprendimas „plastinės taršos krizei“, tačiau yra manančių, kad kolkas jis turi daugiau neigiamų aspektų. Priklausomai nuo taikomos technologijos, cheminio perdirbimo proceso metu galima iš naujo pagaminti plastiko žaliavą ar tam tikros rūšies kurą. Iš esmės, plastiko pavertimas kuru neturėtų būti laikomas siektinu perdirbimo sprendimu, nes jis nekompensuoja pirminio plastiko poreikio [6]. Apibendrintai cheminį perdirbimą galima pateikti tokia schema (žr. 6 pav.) [6].



6 pav. Bendroji cheminio perdirbimo schema [6]

Cheminis perdirbimas gali būti vadinamas depolimerizavimu. Ši technologija laikoma sudėtingesniu procesu nei mechaninis perdirbimas, kadangi plastikas grąžinamas į naftos chemijos produkto būseną ar net iki pradinio monomero [5]. Depolimerizavimas - pagrindinis cheminio perdirbimo procesas, tačiau ne mažiau svarbus ir gryninimo procesas, kurio metu gauti produktai paruošiami tolimesniam naudojimui ar pardavimui. Iš esmės, cheminį perdirbimą galima apibendrinti kaip šių dviejų procesų junginį (žr. 7 pav.) [6].

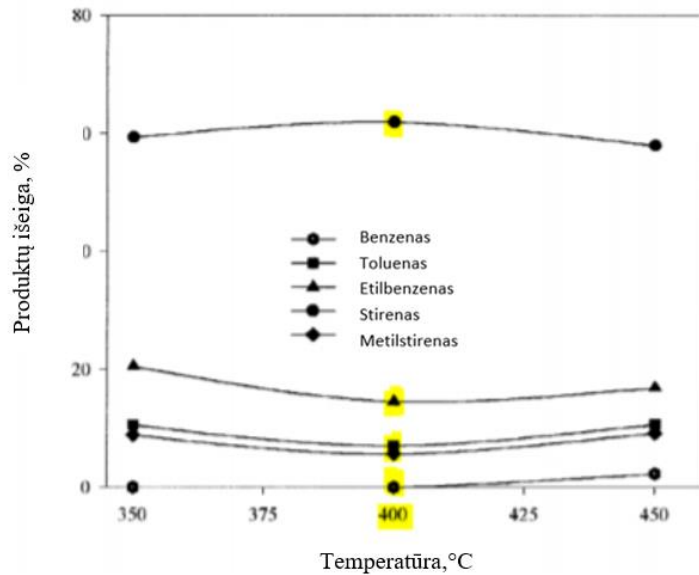


7 pav. Cheminio perdirbimo sudedamosios dalys [6]

Pirmojo proceso metu, taikant aukštą temperatūrą, vyksta polimerų skilimo procesas, kurio metu jie suskaidomi į mažesnius fragmentus. Naudojant tirpiklius vieni jų depolimerizuoja plastiką, kiti – pašalina priemaišas palikdami polimerų grandines nepažeistas [6]. Plastiko atliekos gali būti

paverčiamos kuru ar įvairiomis cheminėmis medžiagomis, taikant įvairius apdorojimo būdus, tokius kaip pirolizė ar hidroterminis apdorojimas. Poliolefinus galima paversti į naftą ar angliavandenilius, o poliamidus atgal į monomeras [7]. Taikant pirolizę, 350 – 450 °C temperatūroje susidaro kieti, skysti ir dujiniai produktai. Tai terminis medžiagų skaidymas (endoterminis procesas) be oro arba esant labai mažam jo kiekiui [1].

Iš putų polistireno galima išgauti, išgryninti ir parduoti tokias skystas medžiagas kaip stirenas, etilbenzenas, toluenas, metiltirenas. Gauta kietoji medžiaga, kaip manoma yra anglies likutis, o dujos – tai įvairių dujų mišinys, kuris gali būti išgryninamas ir parduodamas arba pakartotinai naudojamas kaip pirolizės proceso kuras. Pirolizės vieno ciklo trukmė – 60 min. Esant 400 °C temperatūrai stireno išieiga skystame produkte – 68,1 % (žr. 8 pav.) [22].

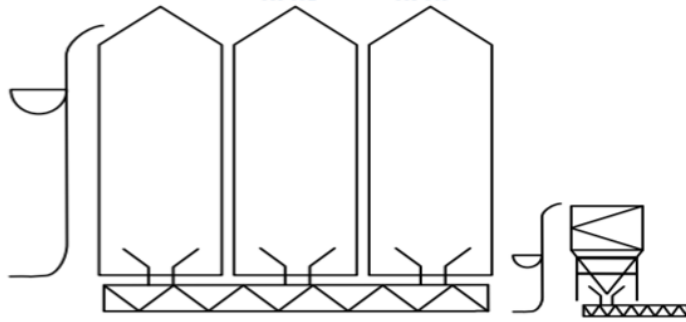


8 pav. Cheminio putų polistirolo perdirbimo proceso produktų išieiga, % [22]

Atlikus tyrimus buvo pastebėta, jog prieš pirolizę ištripinus polistireną alyvoje, susidariusios anglies ir dujų kiekis sumažėtų, o stireno išieiga padidėtų. Polistirenui ištripinti galima panaudoti seną variklių alyvą. Kitas būdas padidinti stireno išieigą ir sumažinti susidariusios anglies kiekį – naudoti rūgštinius arba bazinius katalizatorius. Naudojant bazinius, pvz.: BaO, gaunama apie 90 % naudingų produktų išieiga, kurioje vyrauja stireno monomeras ir dimeras [1].

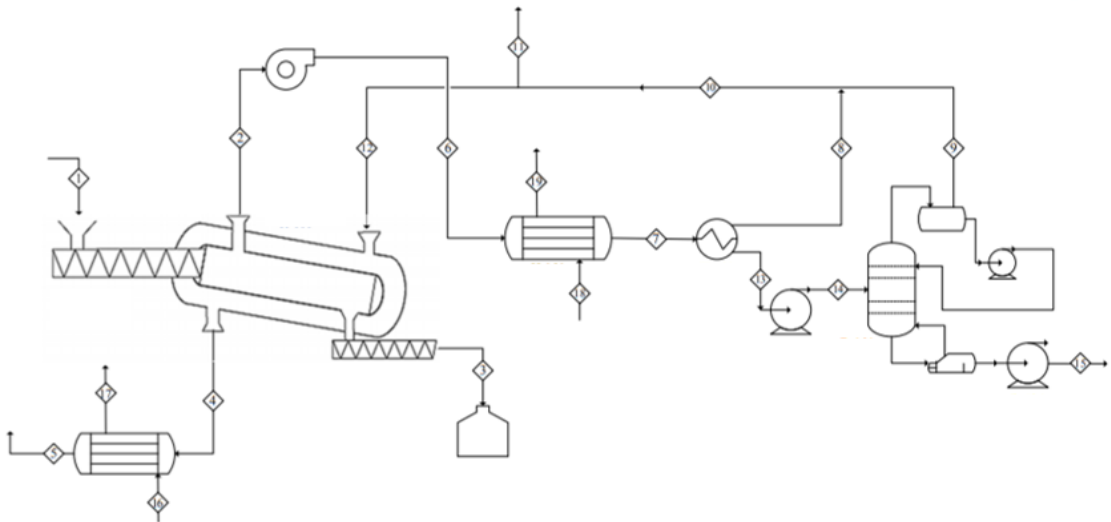
Cheminio perdirbimo etapai:

1. Padavimo skyrius – šioje vietoje yra visa reikiama įranga, skirta konvejeriais paduoti EPS atliekas iš transportavimo konteinerių į saugojimo silosus, o iš jų sraigtiniu konvejeriu į rotorinį krosnies reaktorių tolimesniam apdorojimui (žr. 9 pav.) [22].



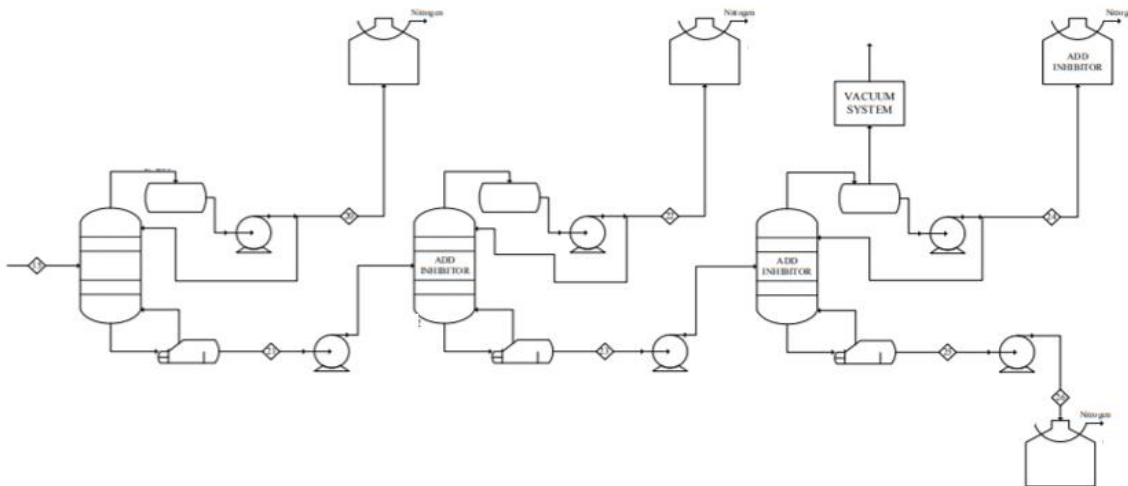
9 pav. Padavimo skyrius [22]

2. Pirolizės proceso skyrius – šioje vietoje vyksta pirolizės reakcijos krosnies reaktoriuje. Kai reaktoriuje žaliava depolimerizuojama, susidaro kietas ir dujinis produktas. Kietasis produktas pašalinamas iš proceso į sandėliavimo dėžę ir parduodamas kaip kietasis kuras. Lieka pagrindinis produktas – dujinis angliavandenilių mišinys, kuris bus toliau apdorojamas siekiant išgauti skystuosius komponentus (žr. 10 pav.) [22].



10 pav. Pirolizės skyrius [22]

3. Rafinavimo skyrius – šioje vietoje izoliuojami skirtingi, pirolizės metu išgryninti skysčiai, kurie bus parduodami, t.y. stirenas, toluenas, etilbenzenas, metiltirenas. Gaunamo stireno grynumas siekia 99,9 %. Kiekvieno komponento rafinavimo sistema sudaryta iš kolonėlės, grįžtamojo būgno, reboilerio, bei dviejų siurblių (žr. 11 pav.) [22].



11 pav. Rafinavimo skyrius [22]

Gryninimo procesas, sekantis po depolimerizavimo, tai specifinių polimerų išskyrimas iš plastikų kompozito. Tai daugiapakopis procesas, kur taikomos įvairios technologijos: filtravimas, ekstrahavimas, nusodinimas ir kt. [6].

Ekonominiu požiūriu cheminis perdirbimas nėra geriausias sprendimas naftos pagrindu pagamintiems plastikams, įskaitant putų polistirolą, nes naftos chemijos žaliavos yra pigesnės palyginus su cheminio perdirbimo procesu [7]. Tačiau aplinkosauginiu požiūriu, šis putų polistirolu perdirbimo būdas padėtų ženkliai sumažinti plastiko kiekį sąvartynuose, bei jūrų ir vandenynų taršą. Idealiu atveju toks perdirbimo procesas turėtų būti šalia stireno monomero gamyklos, taip skystas produktas pasiektų tiesiogiai vartotoją ir būtų išvengiama transportavimo sukeltos taršos, o proceso metu gautų dujų perteklius galėtų būti parduodamas greta esančioms katilinėms [22]. Tačiau yra ekspertų, manančių, kad tai ne tik ekonominiu, bet ir aplinkosauginiu požiūriu mažo naudingumo technologija. Net ir taikant pažangiausias cheminio perdirbimo technologijas, tik nedidelis kiekis plastiko atliekų tampa monomerais, nes dauguma jų prarandama proceso metu arba sudeginama. Taip pat teigiama, kad cheminio perdirbimo metu gaunamas prastesnės kokybės naftos produktas, kurio apdorojimas reikalauja papildomų sąnaudų. Todėl tikrąją plastikų depolimerizacijos proceso naudą dar reikia įrodyti, o iki tol mechaninis perdirbimas laikomas kaip patikimesnis, nusistovėjęs metodas. Tačiau pramonės atstovai laikosi tvirtos nuomonės, kad būtent cheminis perdirbimas paskatins žiedinės ekonomikos plėtrą plastikų srityje [6].

1.8. Putų polistirolu perdirbimo sąsaja su darnaus vystymosi tikslais




Tvaraus vystymosi koncepcija pasaulyje pradėta plėtoti dar 1992 m., kai buvo sudaryta Rio de Žaneiro deklaracija. O 2015 metais Jungtinės Tautos sukūrė testinumą šiai tvarumo politikai – 17 darnaus vystymosi tikslų, susijusių su tarptautine plėtra (žr. 12 pav.) [38].



12 pav. 17 darnaus vystymosi tikslų

Šie tikslai apima tris politikos sritis – aplinkos apsaugą, ekonominę vystymąsi ir socialinę gerovę. Šiuos tikslus numatyta įgyvendinti iki 2030 m. Lietuvos indėlį į šių tikslų siekimą koordinuoja Aplinkos ministerija. 2018 m. Lietuva pristatė savanorišką nacionalinę ataskaitą JT Aukšto lygio politiniame forume [39]. Joje minima, kad dauguma JT darnaus vystymosi tikslų ir uždavinių perkelti į Lietuvos strateginius planavimo dokumentus. Inovatyvūs sprendimai gamybos technologijose vienas iš Lietuvos modernios ir darnios ekonomikos pagrindų, todėl putų polistirolų produktų perdirbimo galimybės taikant žiedinės ekonomikos principus yra puiki alternatyva prisidedant prie darnaus vystymosi tikslų. Ši technologija galėtų prisidėti įgyvendinant šiuos darnaus vystymosi tikslus Lietuvoje (žr. 1 lentelę).

1 lentelė. Putų polistirolų perdirbimo indėlis įgyvendinant DVT Lietuvoje

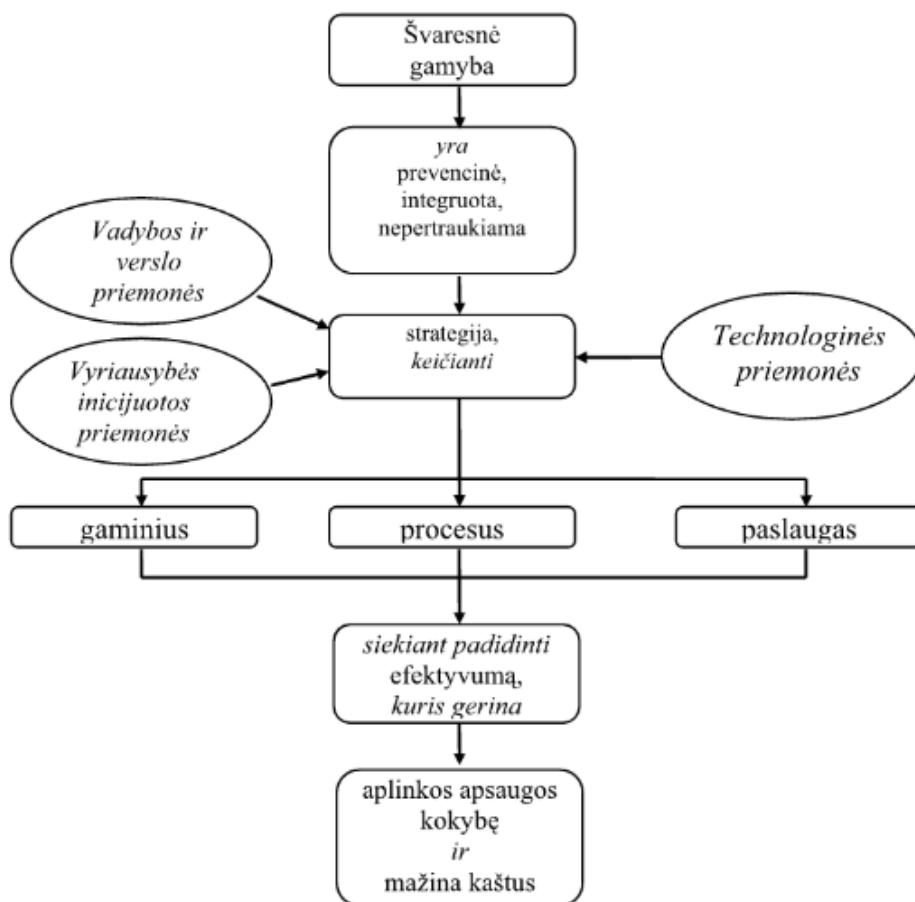
Darnaus vystymosi tikslai		Putų polistirolų perdirbimo indėlis įgyvendinant DVT
	8 tikslas Skatinti tvarią, visapusę ir darnią ekonomikos raidą.	Putų polistirolų gamintojai išliks tarp lyderių plastiko gaminių gamybos rinkoje, tačiau taikant žiedinės ekonomikos principus sumažės šių gaminių neigiamas poveikis aplinkai dėl įdiegto atliekų regeneravimo.
	9 tikslas Sukurti lanksčią infrastruktūrą, skatinti visapusę ir tvarią pramonės plėtrą bei puoselėti naujoviškumą.	Putų polistirolų gamybos pramonė pasipildys mechaninio perdirbimo technologija, kuri paremta tvarios pramonės koncepcija.
	12 Tikslas Atsakingas išteklių naudojimas: Užtikrinti tvarius naudojimo ir gamybos modelius.	Įdiegus perdirbimo technologiją bus užtikrintas viso putų polistirolų gyvavimo ciklo metu susidarančių atliekų perdirbimas ir pakartotinis panaudojimas.

2. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ GAMYBOS PROCESŲ ANALIZĖS IR POVEIKIO APLINKAI VERTINIMO METODIKA

Šis tiriamasis darbas paremtas švaresnės gamybos (ŠG) metodika bei būvio ciklo įvertinimo (BCĮ) metodika. Norint atlikti skaičiavimus paremtus švaresnės gamybos koncepcija būtina surinkti duomenis apie įmonės esamą veiklą, išanalizuoti naujausius mokslinius tyrimus susijusius su polistireno atliekų perdirbimu, bei pritaikius surinktą informaciją atlikti skaičiavimus planuojamai ūkinei veiklai – putų polistirolo atliekų perdirbimui ir granulių gamybai iš perdirbtų EPS atliekų. Todėl pirmasis metodikos taikymo etapas – duomenų rinkimas ir apdorojimas. Skaičiavimams, paremtiems ŠG principais, atlikti buvo naudojami įmonės buhalterinės apskaitos dokumentai, aplinkos oro taršos šaltinių ir iš jų išmetamų teršalų inventorizacijos ataskaita, taršos leidimas bei atliekų apskaita GPAIS sistemoje. Apskaičiuoti srautai pateikiami vienetais per metus.

2.1. Švaresnės gamybos (ŠG) koncepcija

Ši koncepcija pirmą kartą pristatyta 1989 m. JT aplinkos programoje (UNEP) ir pateikta kaip pavyzdinis modelis, kaip pramonė turėtų siekti darnios plėtros. Aplinkosaugos problemos yra sudėtingos, neapsiribojančios viena dimensija ar vienu ekosistemos lygiu. Jos turi būti sprendžiamos sistematiškai, siekiant nustatyti aiškų ryšį tarp pramonės veiklos ir žmogaus poveikio bei aplinkos apsaugos ir ekologinių procesų [40]. Tai sisteminis aplinkos apsaugos problemų sprendimas, nes jis apima procesus, produkciją, paslaugas ir jų poveikius bei žaliavų ir energijos suvartojimą (žr. 13 pav.) [41].



13 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas [41]

Suvokimas, kad aplinkos taršos bei išteklių išekvojimo problemoms spręsti būtina integruota strategija, randasi laipsniškai. Tačiau valdžios institucijų bei pramonės požiūrio evoliucijos analizės rezultatai parodė, kad pastaraisiais dešimtmečiais aplinkos apsaugai skiriama vis daugiau dėmesio [41]. Švaresnės gamybos koncepcija – tai prevencinė ir integruota aplinkos apsaugos vadybos strategija, kuri turi būti nuolat taikoma gamybiniam procesui bei produktams per visą jų egzistavimo ciklą, siekiant sumažinti poveikį žmonėms ir aplinkai. Jos ištakos buvo gamybos pramonė, kur ji padėjo spręsti sudėtingas atliekų tvarkymo ir taršos kontrolės problemas. Šiuo metu ŠG koncepcija taikoma įvairiose gamybinės veiklos srityse [41]. Tai sisteminis aplinkos apsaugos problemų sprendimo būdas, kurio pagrindinis tikslas – taršos prevencija jos susidarymo šaltinyje ir neefektyvaus energijos, vandens, žmogiškojo kapitalo resursų ir išteklių sąnaudų mažinimas [40].

Pagrindiniai švaresnės gamybos principai:

- Atsargumo principas – padeda išvengti įstatymų pažeidimų ir užtikrina darbuotojų bei įmonės saugą nuo negrįžtamų padarinių. Šis principas skatina mažinti antropogeninį poveikį aplinkai, t.y. žmogaus veiklos padarinių sukeltą poveikį. Remiantis šiuo principu reikalaujama esminio pramonės sistemos pertvarkymo, susijusio su gamyba bei vartojimu [41].
- Prevencijos principas – jis svarbus, kai žinoma, kad gaminyje ar procese gali daryti žalą. Prevencijos principas skatina pažvelgti į atliekų susidarymo priežastis gamybos ir vartojimo sistemose. Šis principas verčia iš naujo apgalvoti visą materialiąją ekonominės veiklos bazę [41].
- Integracijos principas – šis principas ugdo holistinį požiūrį į visą gamybos procesą. Vienas pagrindinių metodų – būvio ciklo analizė. Diegiant šį principą sunkiausia užduotis – integruoti aplinkos apsaugos priemones už sistemos ribų [41].

Geriausieji ŠG rezultatai pasiekiami taikant „*know-how*“ metodiką, tobulinant technologiją ir keičiant požiūrį [41].

Šiame darbe vienas pagrindinių tikslų – taikant ŠG, suteikti putų polistirolo gamybos įmonei galimybes pagerinti aplinkos apsaugos veiksmingumą, padidinti ekonominę efektyvumą, darbų našumą, konkurencingumą bei skatinti palankesnę visuomenės požiūrį į putų polistirolo gaminių gamybą. Šiems tikslams įgyvendinti reikia atlikti tokius veiksmus: identifikuoti putų polistireno produktų gamybos aplinkosaugines problemas ir pateikti švaresnės gamybos projektą naujo technologinio proceso, t.y. EPS produktų gamybos iš putų polistirolo atliekų įvykdymo analizei.

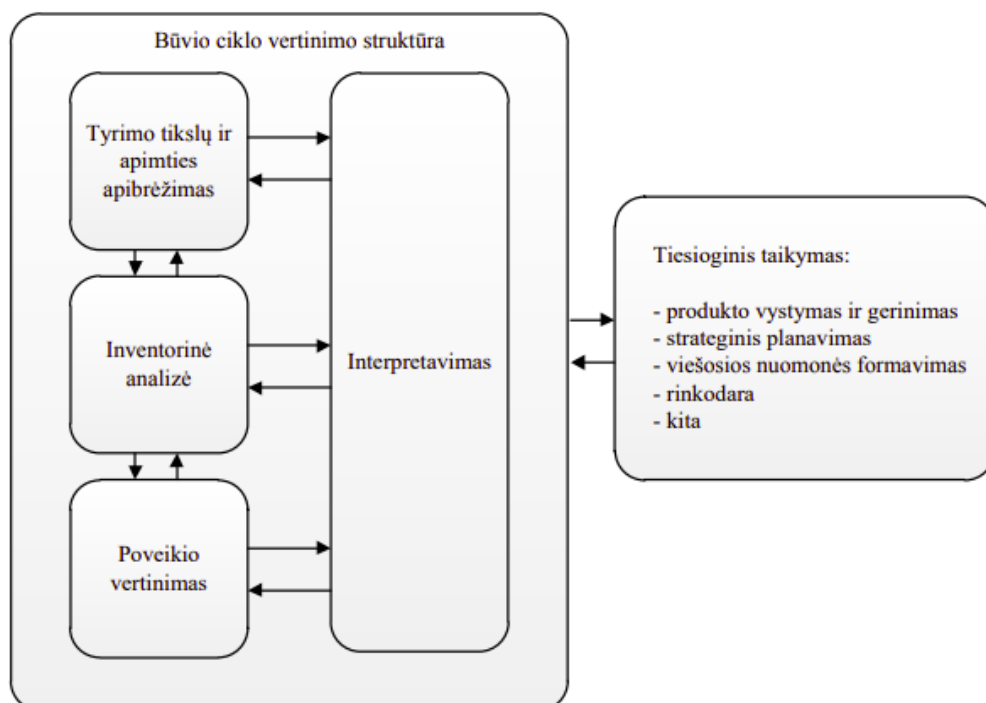
Svarbu įvertinti ir palyginti esamos ir planuojamos veiklos stacionarią ir mobilią oro taršą. Šie skaičiavimai atlikti taikant EMEP/EAA oro teršalų inventorizacijos vadove pateiktą metodiką [42]. Svarbu įvertinti poveikį aplinkai dėl įmonės veiklos sukeltos taršos. Oro teršalų, susidarantių deginant skystas dujas, įvertinimas buvo atliktas remiantis metodika pagrįsta LAND 43–2013. Taip pat būtina apskaičiuoti ŠESD, tam naudojama metodika, pateikta 2006 m. IPCC gairėse dėl ŠESD įrenginių [43].

Atlikus reikiamus skaičiavimus gauti rezultatai pateikti bendrame įmonės medžiagų ir energijos balanse bei technologinių procesų srautų diagramoje. Remiantis šiais skaičiavimais naudojamas dar vienas ŠG metodikos procesas – aplinkos apsaugos indikatorių sudarymas. Vertinant žaliavų, medžiagų, energijos, vandens sutaupymus, nuotekų, teršalų į aplinkos orą emisijų sumažinimus tai puikus būdas įvertinti esamą bei planuojamą situaciją [44]. Naudojant visus gautus duomenis būtina išsamiai įvertinti gaminių ar veiklos ciklą, todėl po šios koncepcijos skaičiavimų seka būvio ciklo įvertinimo etapas, kuriame panaudojami ŠG analizės metu surinkti duomenys ir atlikti aplinkosauginiai skaičiavimai.

2.2. Būvio ciklo įvertinimas (BCĮ)

Būvio ciklo įvertinimas – tai su gaminiu siejamų aplinkos aspektų ir potencialių poveikių vertinimo metodas, kuriuo kaupiami atitinkamų gaminių sistemos įvedinių ir išvedinių inventoriniai duomenys, vertinami su šiais įvediniais ir išvediniais susiję poveikiai aplinkai, interpretuojami inventorinės analizės ir poveikio vertinimo tarpinių rezultatų, atsižvelgiant į tyrimo tikslus [45]. BCĮ kartu su ekologiniais balansais ir išteklių aplinkos apsaugos profilio analize yra labai tinkamas metodas gaminio ar proceso aplinkos apsaugos pasekmėms įvertinti visame jo gyvavimo cikle. Aplinkos toksikologijos ir chemijos asociacija apibrėžia BCĮ kaip „procesą, kuris naudojamas įvertinti poveikiui, kurį aplinkai daro gaminy, procesas ar veikla“ [41]. Pagal ISO 14040 standartą, būvio ciklo vertinimą sudaro keturi tarpusavyje susiję etapai (žr. 14 pav.) [45]:

1. Tyrimo tikslų ir apimties apibrėžimas;
2. Inventorinė analizė;
3. Poveikio vertinimas;
4. Rezultatų interpretavimas.



14 pav. Būvio ciklo įvertinimą sudarantys etapai [45]

Pirmasis iš šių etapų susijęs su tikslų klausimų suformulavimu, antrame dėmesys sutelkiamas į gaminio funkcijos procesų struktūrą ir jų priklausomybę tarpusavyje, trečiuoju siekiama apjungti inventorinės analizės rezultatus, o ketvirtasis apima neapibrėžtumo ir jautrio analizę bei palyginimą su ankstesniais rezultatais [45].

Įvertinant būvio ciklą, gaminy analizuojamas ne kaip atskiras fizinis objektas, o kaip sistema, veikianti pagal tam tikrą modelį. Ji aprašoma taikant procesų technologinę schemą bei masės ir energijos balanso metodą. Ypač svarbu, kad lyginami gaminiai atliktų tą pačią ar panašią funkciją, kitu atveju vertinimas bus logiškai nepagrįstas. Taip pat svarbu nustatyti sistemos ribas [45]. Apibrėžiant sistemos ribas svarbu išnagrinėti ir aprašyti šiuos aspektus [45]:

- Funkcinį vienėtą;

- Tiriamąją produkto sistemą;
- Produkto sistemos ribas;
- Paskirstymo metodikas;
- Poveikių kategorijas, vertinimo metodus ir interpretavimo būdus;
- Duomenų kokybės reikalavimus;
- Prielaidas;
- Trūkumus;
- Tyrimui reikalingos ataskaitos tipą ir formatą.

Vėliau gaminio sistema analizuojama modeliuojant ją su programine įranga bei naudojant įvairias duomenų bazines.

Šiame darbe būvio ciklo vertinimui buvo pasirinkta dviejų alternatyvių putų polistirolu produktų poveikio aplinkai palyginimas. Tam būtini reikalavimai [45]:

- Žinoti, kokie produktai bus vertinami;
- Pasidomėti ar jie gali būti palyginami pagal savo funkcijas;
- Numatyti kam bus naudojami vertinimo rezultatai;
- Nustatyti pagal kokius parametrus produktai bus palyginami;
- Nustatyti, kodėl šie parametrai tinkamiausi produktų palyginimui;
- Nustatyti gaminio paskirtį ir funkcinę vienetą;
- Nustatyti nagrinėjamos sistemos ribas.

Atlikus procesų (įvedinių ir išvedinių) modeliavimą, naudojant CCaLC programinę įrangą, buvo suskaičiuotos kiekybinės poveikio aplinkai reikšmės. Neigiamų gaminio aplinkosaugos aspektų reikšmingumas įvertintas remiantis jų poveikio aplinkai normalizavimu (atsižvelgiant į fundamentaliuosius poveikio aplinkai kriterijus). Visos gaminių aplinkos apsaugos aspektų analizės reikšmės yra pagrįstos būvio ciklo požiūriu, t. y. šiomis priemonėmis atliekama gaminio potencialių neigiamų poveikių aplinkai analizė per visą jo būvio ciklą – nuo žaliavų išgavimo iki pagaminto gaminio. Šie BCĮ tyrimai nepateikia problemos sprendimo, bet leidžia palyginti kelis variantus interpretuojant juos su BCĮ atliktais tyrimais [45].

Tyrimo metu buvo atliekamas poveikio aplinkai įvertinimas šiose kategorijose:

- Savitasis globalinis šiltėjimo potencialas – tai rodiklis, apibūdinantis šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) sukiamo klimato šiltėjimo potencialo vertę, lyginant su anglies dioksido ekvivalentu. Globalinio šiltėjimo potencialas (GWP) apskaičiuojamas pagal vieno kilogramo dujų sukiamą šiltėjimo potencialą, lyginant su vienu kilogramu CO₂ [45]. Matavimo vienetai – kg CO₂ ekv/f.vnt.;
- Aplinkos rūgštėjimas – rūgštėjimą sukiančios medžiagos kaupdamosis ore daro žalą miškams, ežerams, ekosistemoms bei skatina pastatų eroziją. Daugiausia tai žmogaus veiklos (transporto, pramonės, žemės ūkio) padariniai. Aplinkos rūgštėjimas – tai SO₂, SO₃, H₂S dujų emisijos į atmosferą. Pagal šią sistemą išmetamų teršalų poveikis gali būti išreiškiamas ARP – aplinkos rūgštėjimo potencialo verte [45]. Matavimo vienetai – kg SO₂ ekv/f.vnt.;
- Eutrofikacija – maistingųjų medžiagų kiekio padidėjimas aplinkoje, kuris sąlygoja papildomą deguonies suvartojimą yrant biomasei. Ją sukelia azoto ir fosforo junginiai. Maistingųjų medžiagų kiekio padidėjimas aplinkoje taip pat priklauso regioninei taršai. Padidėjęs biomasės augimas vandens aplinkoje sąlygoja papildomą deguonies suvartojimą yrant biomasei [45]. Matavimo vienetai – kg PO₄ ekv/f.vnt.;

- Pažemio ozono susidarymą sukeliančios emisijos – ozonas susidaro atmosferoje dėl azoto oksidų ir angliavandenilių cheminių reakcijų saulės šviesioje. FOFP – ozono formavimosi potencialas paremtas reakcijomis su kitomis medžiagomis esančiomis atmosferoje [45]. Matavimo vienetai – kg R11 ekv/f.vnt.;
- Fotocheminis smogas – tam tikro tipo smogas, atsirandantis kai UV spinduliai reaguoja su atmosferos azoto oksidais NO ir NO₂. Jis matomas kaip ruda migla, ypatingai matomas tankiai apgyvendintuose miestuose. Didžiausi šaltiniai – automobiliai ir anglimi kūrenamos katilinės [45]. Matavimo vienetai – kg eteno ekv/f.vnt.
- Toksiškumo potencialas – tai apskaičiuotas indeksas, nusakantis aplinkoje esančio chemikalo galimą žalą žmogaus sveikatai. Teršalo kiekis ir jo galimas poveikis vertinamas pagal etaloninį junginį, dažniausiai pagal benzeno ekvivalentiškumą (kancerogenus) ir tolueno ekvivalentiškumą (ne kancerogenus) [45]. Matavimo vienetai – kg DCB ekv/f.vnt.

2.3. Programinės įrangos taikymas

Būvio ciklo įvertinimo programinė įranga taikoma norint atlikti kiekybinį aplinkos apsaugos poveikių vertinimą ir palyginti produktų alternatyvas. Atliekant skirtingų produktų palyginimus, galima lengvai daryti pakeitimus duomenyse ir schemose.

Šio tyrimo BCĮ modeliavimui buvo naudojama CCaLC programinė įranga, kurios metodika paremta ISO 14040 ir ISO 14044 standartų principais. Pagrindinis programos taikymo tikslas – sukurti gyvavimo ciklo metodiką ir sprendimų palaikymo priemones, skirtas apskaičiuoti ir sumažinti įvairių pramonės sektorių anglies pėdsakus visose tiekimo grandinės etapuose nuo pat žaliavos gamybos iki pagaminto produkto gyvavimo ciklo pabaigos. CCaLC skirta išnagrinėti įvairius verslo, politinius ir ekonominius anglies dioksido valdymo ir mažinimo scenarijus ir atrasti optimaliausius variantus, mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančių medžiagų, produktų, procesų ir paslaugų srityse. Tam buvo sukurtos didelės apimties būvio ciklo įvertinimo duomenų bazės ir modeliavimo sistema, skirta naudoti pramonės ir aplinkosaugos politikos formavimui. Nors daugiausia akcentuojama anglies ekvivalento vertinimas, metodologiniai pokyčiai neapsiriboja vien tik anglimi, bet taip pat leidžia įvertinti ir kitokį poveikį aplinkai. Tai ypač svarbu vertinant įvairias galimybes siekiant užtikrinti, kad anglies atsargos nebūtų mažinamos kito poveikio aplinkai sąskaita.

Duomenų bazės yra neatskiriamas šios programinės įrangos elementas. CCaLC poveikio aplinkai vertinimui naudojama Ecoinvent, ELCD (Europos būvio ciklo duomenų bazė), IDEMAT, Industry Data, LCA Food DK, USLCI duomenų bazės arba integruojamos naujos arba kuriamos individualios duomenų bazės ir metodikos. Programa leidžia paleisti modeliavimą ir scenarijų palyginimą apibrėžiant kintamuosius. Poveikio vertinimo metodika pasirenkama pagal poreikį: klimato kaita, ozono sluoksnio mažėjimas, rūgštėjimas, eutrofikacija, toksiškumas žmogui ir t.t.

3. PUTŲ POLISTIROLO PRODUKTŲ GAMYBOS TYRIMO REZULTATAI IR JŲ APIBENDRINIMAS

3.1. Įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ Kauno padalinio esama veikla

Šio tiriamojo darbo objektas – įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ Kauno padalinys, įkurtas 2002 m., kurio pagrindinė veiklos sritis – polistireninio putplasčio produkcijos gamyba, naudojant plėtrųjį polistireną (EPS). Bazinė EPS medžiaga – stirolas. Plėtrusis putų polistirenas gaunamas polimerizacijos metu, kuomet stirolas jungiasi viena su kita į grandines, dalyvaujant pentano dujoms. EPS sudėtyje yra degumą slopinantis priedas – antipirenas.

Įmonėje sumontuotos moderniausios, griežčiausius Europos standartus atitinkančios polistireninio putplasčio gamybos įrengimų linijos. Izoliacinių plokščių matmenų tikslumą bei pastovumą užtikrina šiuolaikinė ruošinių pjaustymo ir pakavimo įranga. Įmonėje gaminamos įvairaus tankio polistireninio putplasčio plokštės – tiek su lygiomis briaunomis, tiek su išdrožomis. Polistireno blokai skirti fasadų apšiltinimui, prieš pjaustymą brandinami. Visa produkcija sertifikuota. Įrengimų pagrindą sudaro energetines sąnaudas taupanti kompiuterizuota vakuuminė gaminių formavimo linija [46].

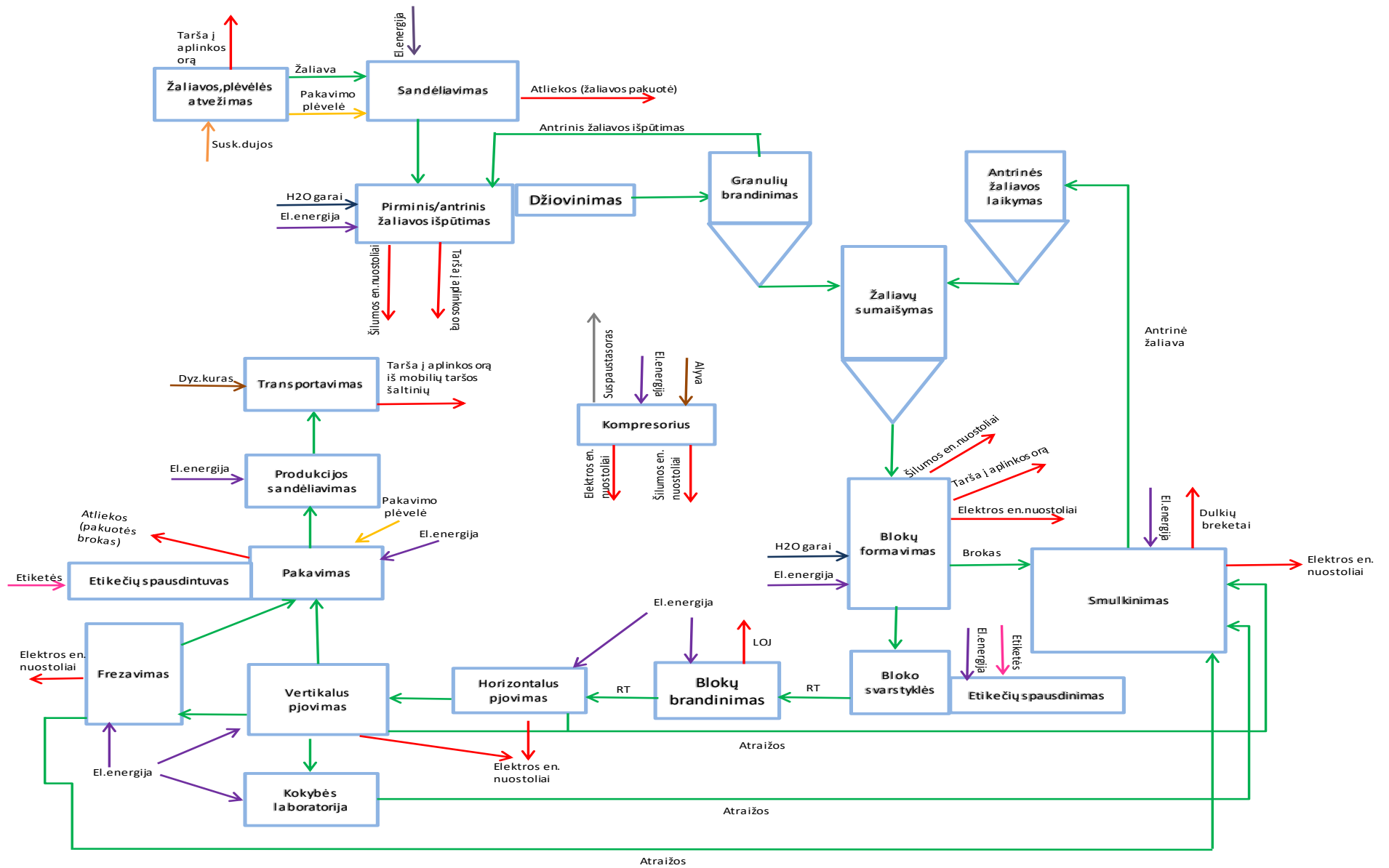
Įmonės veikla vykdoma vadovaujantis reikalavimais, pateiktais pagal atnaujintą taršos leidimą Nr. 5/48/TL-K.5-65/2020, kuris pakeistas 2020 11 20, pagal reikalavimus, pateiktus Taršos leidimų išdavimo, pakeitimo ir galiojimo panaikinimo taisyklėse [47].

Pagrindiniai polistireninio putplasčio gamybos technologiniai etapai:

- EPS granulių sandėliavimas;
- EPS granulių pirminis/antrinis išpūtimas;
- Išpūstų granulių brandinimas
- Polistireninio putplasčio blokų formavimas;
- Blokų brandinimas;
- Blokų pjaustymas į plokštes;
- Kraštų pjovimas ir frezavimas (pagal poreikį);
- Produkcijos pakavimas;
- Produkcijos sandėliavimas;
- Produkcijos transportavimas.

UAB „Baltijos polistirenas“ Kauno padalinio projektiniai gamybos pajėgumai apie 220 000 m³/m., tam sunaudojant beveik 4400 t/m. EPS granulių.

Polistireninio putplasčio gamybos technologiniai etapai, bei jų medžiagų ir energijos srautai pateikti 15 pav.



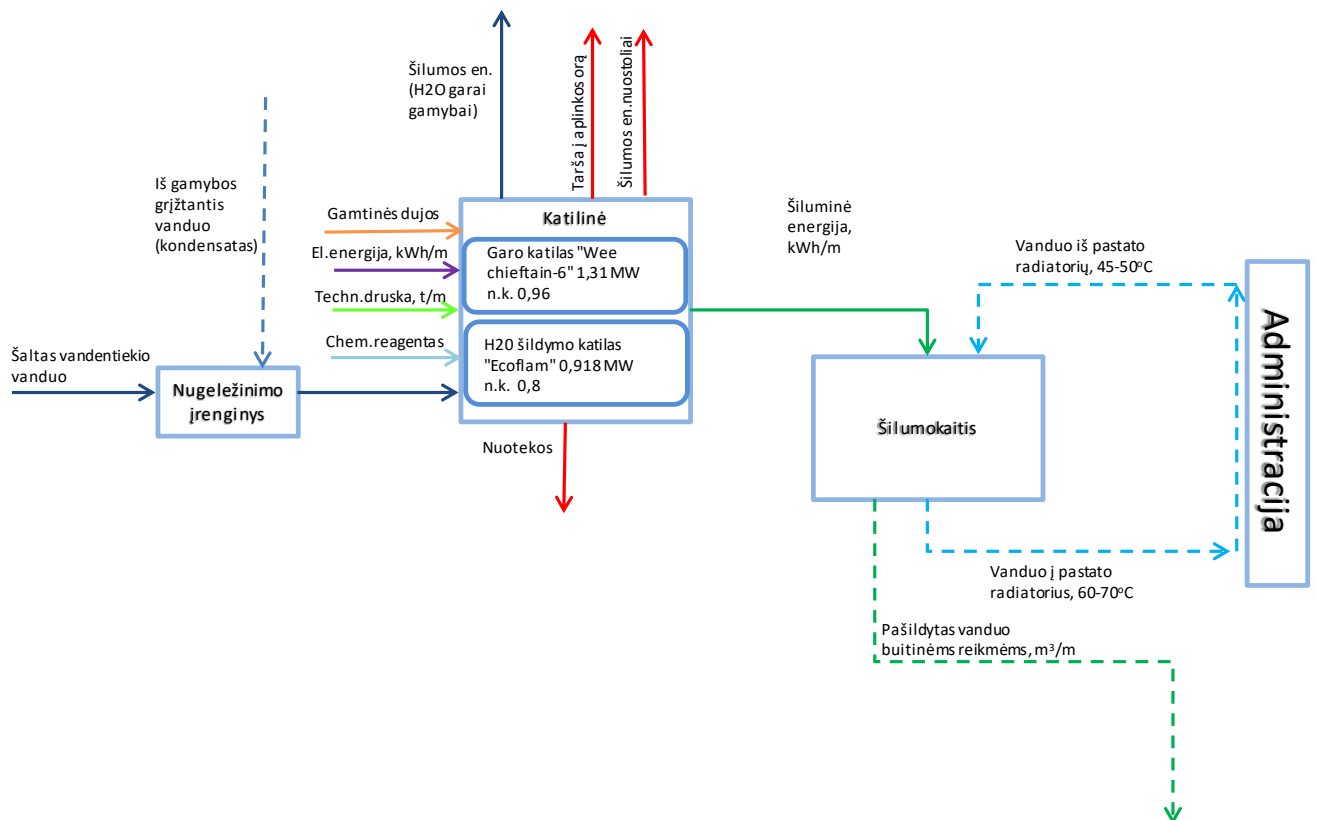
15 pav. Bendra technologinių procesų srautų diagrama

3.2. Putų polistirolu gamybos technologinių procesų aprašymas

Žaliava (EPS granulės) į įmonę atgabenamos iš Lietuvos arba užsienio tiekėjų sunkvežimiais, supakuotos į oktabinas po 1100 kg. Sandėliuojamos gamybinėse patalpose. Iš sandėliavimo patalpų sraigtiniu transporteriu paduodamos į žaliavos pirminio išpūtimo kamerą, kur veikiamos 80 – 90 °C temperatūros vandens garais išsipučia iki 6 – 8 mm skersmens. Jei norima pagaminti mažesnio tankio produktą – po I pūtimo granulės gražinamos II pūtimui. Granulių išpūtimo metu į aplinkos orą patenka pentanas, stirenas ir kietosios dalelės. Toliau granulės patenka į džiovinimo kamerą, kur keletą minučių džiovinamos šiltu oru ir pneumotransportu paduodamos į brandinimo etapą. Brandinimas vyksta bunkeriuose 4 – 50 val., kur granulės išdžiūsta ir sutvirtėja. Šviežiai išpūstose granulėse yra drėgmės bei pentano likučių, kurie brandinimo metu išsiskiria į aplinką, o į granulės vidų patenkantis oras išlygina slėgių skirtumą ir granulės stabilizuoja.

Toliau seka putplasčio blokų formavimas formavimo agregate. Išpūstos ir subrandintos granulės įsiurbiamos į žaliavų sumaišymo įrenginį, kuriame sumaišomos su šalutiniu produktu, t.y. smulkintomis atraižomis, kurios susidaro po blokų pjaustymo į plokštes, bei frezavimo. Todėl ši gamyba vadinama beatliekine. Taip paruošta žaliavinė masė įsiurbiamą į blokų formą iki visiško jos užpildymo. Formoje paduodamas 100 – 120 °C temperatūros garas ir prasideda formavimas, kurio metu EPS granulės plečiasi ir viena su kita susilydo. Blokų formavimo metu į aplinkos orą patenka pentanas, stirenas ir kietosios dalelės. Suformuoti blokai sandėliuojami vertikaloje padėtyje iki 24 val., kol vyksta jų brandinimas. Blokams išsistovėjus jie gabenami į pjovimo liniją, kur pjaustomi į plokštes horizontaliai bei vertikalčiai, naudojant karštų stygų technologiją. Jei reikia frezuojami, o tuomet pakuojami ir sandėliuojami iki transportavimo. Pjaustymo metu susidaro atraižos, kurios nukreipiamos į smulkintuvą, o vėliau, gautas regeneratas panaudojamas kaip antrinė žaliava [48].

Pagrindiniams technologiniams procesams (granulių išpūtimui, džiovinimui, bei blokų formavimui) naudojamas garas, kuris gaminamas įmonės katilinėje. Joje įrengti du katilai: garo katilas (1,31 MW, n.k. 0,96) ir vandens šildymo katilas (0,918 MW, n.k. 0,8). Gaminamas garas reikalingas pagrindiniams technologiniams procesams, o vandens šildymo katilas reikalingas administracinėms patalpoms apšildyti bei buitiniams patalpoms tiekti karštą vandenį (žr. 16 pav.).



16 pav. Katilinės technologinių procesų srautų diagrama

Deginant suskystintas gamtines dujas į aplinkos orą patenka anglies oksidas CO(A), azoto oksidai NO_x(A), sieros dioksidas SO₂(A) bei kietosios dalelės KD(A).

Elektra ir vanduo tiekiami iš miesto tinklų. Nuotekos susidaro tik iš buitinių reikmių ir patenka į miesto tinklus. Atliekos skirstomos į komunalines ir pakuočių atliekas. Komunalinės išvežamos į sąvartyną, o pakuočių - rūšiuojamos pagal pakuotės rūšį ir perduodamos atliekų surinkėjams perdirbimui.

Įmonė siekdama būti lyderiaujančia polistireninio putplasčio gamybos įmone, nuolatos tobulina gamybinį procesą, siekdama optimalaus naudojamų žaliavų, energetinių resursų ir produkcijos kokybės santykio. Ilgametė patirtis leidžia sureguliuoti gamybos procesą taip, kad būtų pasiektas maksimalus gamybos našumas, tuo pačiu kiek įmanoma minimalizuotas neigiamas poveikis aplinkai. Per ilgą nuolatinio tobulėjimo laikotarpį optimizavus technologinius parametrus buvo pasiektas minimalus granulių išpūtimo laikas, sumažinti prastovų tarpai gamybos metu, todėl rezultate - per tą patį laiką pagaminami didesni produkcijos kiekiai. Prie aplinkos taršos mažinimo ženkliai prisideda ir žaliavų tiekėjai nuolatos tobulindami žaliavų granulių sudėtį, pvz.: HBCD antipireną pakeičiant į polimerinį antipireno junginį [48].

Ši įmonė vadovaujasi aplinkos apsaugos vadybos sistemos standarto ISO 14001:2015 reikalavimais, tad kelia sau tokius aplinkosauginius tikslus:

- Nuolat didinti medžiagų ir energijos naudojimo efektyvumą, t.y. mažinti išlaidas, optimizuojant žaliavų ir energijos bei darbo sąnaudas;
- Vykdyti Lietuvos Respublikos įstatymų ir kitų norminių aktų reikalavimus;
- Nuolat gerinti darbuotojų darbo sąlygas;

- Vykdyti taršos ir atliekų prevenciją.

3.3. Įmonės UAB „Baltijos polistirenas“ planuojama ūkinė veikla

UAB „Baltijos polistirenas“ PŪV – polistireninio putplasčio atliekų (atraižų, nuopjovų, putplasčio pakuotės ir kt.) perdirbimas ir antrinis panaudojimas. Šios atliekos daugiausia susidaro statybvietėse, išpakuojant gaminius parduotuvėse ir kt. veiklose. Šiai veiklai planuojama statyti sandėliavimo paskirties patalpas įmonei priklausančioje teritorijoje, adresu Vasario 16-osios g. 32B, Teleičių km., Garliavos apylinkių sen, Kauno raj.

Remiantis Lietuvos Respublikos Planuojamos Ūkinės Veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymo 2 priedo 14 punktu, į PŪV, kurios poveikis aplinkai privalo būti vertinamas, rūšių sąrašą ar į Planuojamos ūkinės veiklos, kuriai turi būti atliekama atranka dėl poveikio aplinkai vertinimo, rūšių sąrašą įrašytos planuojamos ūkinės veiklos bet koks keitimas ar išplėtimas, įskaitant esamų statinių rekonstravimą, gamybos proceso ir technologinės įrangos modernizavimą ar keitimą, gamybos būdo, produkcijos kiekio (masto) ar rūšies pakeitimą, naujų technologijų įdiegimą, kai planuojamos ūkinės veiklos keitimas ar išplėtimas gali daryti neigiamą poveikį aplinkai, išskyrus šio įstatymo 1 priedo 10 punkte nurodytus atvejus [31].

Šiose patalpose bus įrengta mechaninio atliekų perdirbimo linija, zona skirta atvežamų atliekų sandėliavimui bei perdirbto produkto sandėliavimui. O kadangi numatyto sandėliavimo pastato plotas gan didelis, jame taip pat svarstoma sandėliuoti polistireninio putplasčio blokus brandinimo metu, kadangi įmonės gamybiniai pajėgumai dideli ir jaučiama sandėliavimo patalpų stoka.

Atvežamoms atliekoms keliami tokie reikalavimai:

- Jos turi būti supakuotos ant medinių padėklų;
- Apsuktos „stretch“ ar panašaus tipo plėvele;
- Be jokių statybinių atliekų ir priemaišų;
- Negali būti drėgnos ar šlapios;
- Baltojo ir pilkojo polistireno nuopjovos turi būti atskirtos.

Mechaniškai perdirbus tokias atliekas, gautas produktas bus supakuojamas ant medinių palečių ir sandėliuojamas numatytose patalpose iki jo tiekimo į rinką.

3.4. Planuojamos ūkinės veiklos teritorija

0,67 ha žemės sklypas, esantis Kauno r., Garliavos apylinkių sen., Teleičių k., Vasario 16-osios g.32B, kuris nuosavybės teise priklauso UAB „Baltijos polistirenas“ (žr. 17 pav.).



17 pav. Planuojamos ūkinės veiklos teritorijos schema

Pagrindinė žemės naudojimo paskirtis – kita. Naudojimo būdas – pramonės ir sandėliavimo objektų teritorijos. Nustatytos specialiosios žemės naudojimo sąlygos, t.y. SAZ:

- Elektros linijų apsaugos zona;
- Ryšių linijų apsaugos zona;
- Vandentiekio, lietaus ir fekalinės kanalizacijos tinklų ir įrenginių apsaugos zonos;
- Dujotiekių apsaugos zonos.

Praktikoje dažniausiai SAZ ribos sutapatinamos su sklypo ribomis. Šiuo metu nėra parengtas bei patvirtintas teritorijos planavimo dokumentas (detalusis planas). Vadovaujantis Kauno rajono savivaldybės teritorijos bendruoju planu, teritorija priskiriama pramonės, komercijos ir logistikos teritorijoms.

3.5. Planuojamo pastato charakteristika

Numatomas sandėliavimo paskirties patalpų pagrindo plotas apie 2000 m², aukštis apie 8 m, konstrukcija: metalas su karkasu, danga – tentas. Į sandėliavimo patalpą atliekos bus atvežamos autokrautu, kraunamos į presą ir supresuojamos, siekiant sumažinti jų tūrį. Numatomo presavimo proceso metinis perdirbtų atliekų kiekis – 1200 tonų. Per dieną planuojama surinkti ir perdirbti iki 5 t polistireno atliekų. Todėl numatytose sandėliavimo patalpose turėtų tilpti 5 t atliekų atvežtų perdirbimui, 5 t jau perdirbtų atliekų ir mechaninio atliekų perdirbimo įrenginys. Kadangi sandėliavimo pastatas gan didelis, jame taip pat planuojama sandėliuoti jau perdirbtą ir supakuotą antrinę EPS žaliavą bei esant galimybei ir pirminę, kadangi žaliavų sandėliavimo vietos deficitas jaučiamas ir vykdant dabartinę putų polistirolo produktų gamybą.

3.6. Atliekų tvarkymo taisyklėse pateikti reikalavimai PŪV

Remiantis ATT [28], planuojamos veiklos metu bus gaunamos atliekos, kodu 17 02 03 – izoliacinės medžiagos, nenurodytos 17 06 01* ir 17 06 03*.

Šiai veiklai reikalingi atliekų tvarkymo veiklos kodai:

S1 – atliekų surinkimas;

S2 – atliekų vežimas;

R12 – atliekų būsenos ir sudėties pakeitimas, prieš vykdant su jomis bet kurią iš R1-R11 veiklų.

R3 – organinių medžiagų perdirbimas ir atnaujinimas (iš atliekų bus gaminama žaliava – EPS granulės).

Taip pat įmonei reikalinga šios veiklos registracija Atliekų tvarkytojų valstybės registre (ATVR) bei atsiras prievolė vesti šių atliekų apskaitą pagal reikalavimus, pateiktus Atliekų susidarymo ir tvarkymo apskaitos ir ataskaitų teikimo taisyklėse [50]. Remiantis ATT [28], pradėjus PŪV, įmonė tampa galutine atliekų (17 02 03) tvarkytoja ir privalės užtikrinti, kad šios atliekos bus apdorotos nekeliant neigiamo poveikio visuomenės sveikatai ir aplinkai.

3.7. Įmonės pirminis aplinkosauginis įvertinimas

Siekiant įvertinti įmonės esamos veiklos daromą poveikį aplinkai, buvo atlikti aplinkosauginiai skaičiavimai, remiantis ŠG koncepcija. Skaičiavimai atlikti remiantis duomenimis, gautais iš įmonės buhalterinės apskaitos dokumentų, aplinkos oro taršos šaltinių ir iš jų išmetamų teršalų

inventorizacijos ataskaitos, taršos leidimo, bei atliekų apskaitos GPAIS sistemoje. Srautai pateikiami vienetais per metus.

3.7.1. Įmonėje pagaminamos šiluminės energijos kiekis ir nuostoliai

Pirmiausia, surinkus duomenis iš vidinių įmonės dokumentų, apskaičiuotas įmonėje per metus pagaminamas šiluminės energijos kiekis ir energijos nuostoliai.

Apskaičiavus administracinių patalpų tūrį V (1), galime rasti pagamintos šiluminės energijos kiekį Q , skirtą patalpų apšildymui (2):

$$V = S \times h \quad (m^3) \quad (1)$$

čia S – patalpų plotas (aukštis x plotis), m^2 ;

h – patalpų aukštis.

$$V_{adm} = 19,06 \times 15,94 \times 9,2 = 2795,11 m^3$$

$$V_{laupt} = 6,49 \times 8,9 \times 11,4 = 658,48 m^3$$

$$V_{bendras} = 2795,11 + 658,48 = 3453,59 m^3$$

$$142 d. d. \times 16 val = 2272 val$$

$$Q = C \times \rho \times V \times (t_2 - t_1) \quad (2)$$

čia C – savitoji šiluma (oro), $J/(kg \text{ } ^\circ C)$;

ρ – tankis (oro), kg/m^3 ;

V – patalpų tūris, m^3 ;

t – vidut. temp. intervalas, $^\circ C$.

$$Q = 1040 \times 1,2 \times 3453,59 \times (22 - (-5)) = 0,116 GJ/val = 0,32 MWh/val$$

$$0,32 MWh/val \times 2272 val = 727,04 MWh/m$$

Žinant šildymui sunaudotos šiluminės energijos kiekį ir vandens katilo n.k., galime apskaičiuoti kiek dujų įmonėje buvo sunaudota šildymui (3):

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

čia Q – pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh/m .; $1 MWh = 3,6 GJ$;

Q_z – kuro žemutinė šilumingumo vertė (GJ/t arba $GJ/tūkst. nm^3$);

η – šilumos gamybos n. k..

$$B = 727,04 \times \frac{3,6}{[33,49 \times 0,8]} = 97,69 nm^3/m$$

O likusi sunaudotų gamtinių dujų dalis – skirta garo gamybai:

$$670 - 97,69 = 572,31 nm^3/m$$

Taigi, garo gamybai sunaudotas toks šiluminės energijos kiekis:

$$Q_{garui} = (B \times Q_z) \times \frac{\eta}{3,6} = \frac{572,31 \times 33,49 \times 0,96}{3,6} = 5111,11 MWh/m$$

Bendras pagamintos šiluminės energijos kiekis:

$$\Sigma Q = 727,04 + 5111,11 = \mathbf{5838,15 MWh/m}$$

Kadangi katilų n.k. nėra lygūs 1, tai susidaro ne tik šiluminė energija, bet ir energijos nuostoliai Q_n . Įvertiname ir juos (4):

$$Q_n = \frac{B \times Q_z}{3,6} \quad (4)$$

čia B – energijos gamybos tikslams sudeginto kuro sąnaudos, nm^3/m ;

Q_z – kuro žemutinė šilumingumo vertė (GJ/t arba GJ/tūkst. nm^3).

1) garo katilo šilumos energijos nuostoliai:

$$Q_n = \frac{B \times Q_z}{3,6} = \frac{572,31 \times 33,49}{3,6} = 5324,07 - 5111,11 = 212,96 \text{ MWh/m}$$

2) vandens šildymo katilo šilumos en.nuostoliai:

$$Q_n = \frac{B \times Q_z}{3,6} = \frac{97,69 \times 33,49}{3,6} = 908,79 - 727,04 = 180,75 \text{ MWh/m}$$

$$\Sigma Q_n = 212,96 + 180,75 = \mathbf{393,71 MWh/m}$$

Gauti rezultatai surašomi į bendrą įmonės medžiagų ir energijos balansą (18 pav.). Srautai pateikiami vienetais per metus.

3.7.2. Esamos išlakos į aplinkos orą iš mobilių taršos šaltinių

Toliau skaičiuojame mobilių taršos šaltinių išmetamuosius teršalų kiekius į aplinką. Mobilių taršos šaltinių išmetamieji teršalai apskaičiuoti naudojant formulę (5) [49]:

$$W(k, i) = m(k, i) \times Q(i) \times K1(k, i) \times K2(k, i) \times K3(k, i) \quad (5)$$

čia $m(k, i)$ – lyginamasis teršiančios medžiagos „k“ kiekis sudegus „i“ rūšies degalams (kg/t),

$Q(i)$ – sunaudotas „i“ rūšies degalų kiekis (t),

$K1(k, i)$ – koeficientas, įvertinantis mašinos variklio, naudojančio „i“ rūšies degalus, darbo sąlygų įtaką teršiančios medžiagos „k“ kiekiui,

$K2(k, i)$ – koeficientas, įvertinantis mašinos, kuri naudoja „i“ rūšies degalus, amžiaus įtaką teršiančios medžiagos „k“ kiekiui,

$K3(k, i)$ – koeficientas, įvertinantis mašinos, naudojančios „i“ rūšies degalus, konstrukcijos ypatumų įtaką teršiančios medžiagos „k“ kiekiui.

Pvz.: skaičiuota tarša (t/m) įmonės dyzelinių krovinių automobilių (3-8 m.):

$$W(CO) = 130 \times 108,7 \times 1 \times 1,25 \times 1 = 17583,64 \text{ kg} = 17,584 \text{ t}$$

$$W(CH) = 40,7 \times 108,7 \times 1 \times 1,4 \times 1 = 6165,635 \text{ kg} = 6,166 \text{ t}$$

$$W(NOx) = 31,3 \times 108,7 \times 1 \times 1,05 \times 1 = 3556,223 \text{ kg} = 3,556 \text{ t}$$

$$W(SO_2) = 1 \times 108,7 \times 1 \times 1 \times 1 = 108,207 \text{ kg} = 0,108 \text{ t}$$

$$W(KD) = 4,3 \times 108,7 \times 1 \times 1,1 \times 1 = 108,207 \text{ kg} = 0,512 \text{ t}$$

Analogiškai atlikti skaičiavimai visų kitų įmonei priklausančių transporto priemonių (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Esamos veiklos mobilių taršos šaltinių išmetamųjų teršalų kiekiai

Įmonės transporto priemonių išmetamųjų teršalų kiekis, t/m								
Transporto tipas	Kuro rūšis	Kuro sąnaudos, t/m	Transporto amžius, m	CO	CH	NO _x	SO ₂	KD
Krovininis	Dyzelinas	108,207	3-8	17,584	6,166	3,556	0,108	0,512
Lengvasis	Dyzelinas	12,653	3-8	2,056	0,721	0,416	0,013	0,06
Lengvasis	Benzinas	4,139	3-8	2,11	0,402	0,159	0,004	-
Autokrautovas	Dujos	1,372	>13	0,765	0,155	0,036	-	-
Bendras išmetamųjų teršalų kiekis, t/m				22,515	7,444	4,167	0,125	0,572

3.7.3. Esamos išlankos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių

Išlankos į aplinkos orą iš KDI, t.y. iš įmonės katilinės, apskaičiuotos taikant CORINAIR metodiką (6) [42]:

$$E_p = FC \times Q \times EF \times 10^{-6} \quad (6)$$

čia FC – dujų sąnaudos, nm³/m ;

Q – žemutinė šilumingumo vertė (gamt. dujoms 33,49) ;

EF – emisijos faktorius (iš CORINAIR) ;

$$E_{NOx} = 670 \times 33,49 \times 74 \times 10^{-6} = 1,66 \text{ t/m.}$$

$$E_{CO} = 670 \times 33,49 \times 29 \times 10^{-6} = 0,65 \text{ t/m.}$$

$$E_{LOJ} = 670 \times 33,49 \times 23 \times 10^{-6} = 0,516 \text{ t/m.}$$

$$E_{SOx} = 670 \times 33,49 \times 0,67 \times 10^{-6} = 0,015 \text{ t/m}$$

Apskaičiuojame tik tuos išmetamuosius teršalus, kurie sudaro didžiausią dalį.

Kitų stacionarių taršos šaltinių skaičiavimai pateikiami iš įmonės monitoringo duomenų:

Pirminio granuliu išpūtimo agregatas

Dujų mišinio išmetimo angos skersmuo: D = 0,25 m;

Dujų mišinio judėjimo greitis: W₀ = 11,8 m/s;

Į aplinkos orą išmetamas dujų tūris: V₀ = 0,500 Nm³/s

Išmatuotos teršalų koncentracijos:

Pentanas: C^{vid} = 889,5 mg/Nm³

$$M^{vid} = \frac{889,5 \times 0,500}{1000} = 0,44475 \text{ g/s}$$

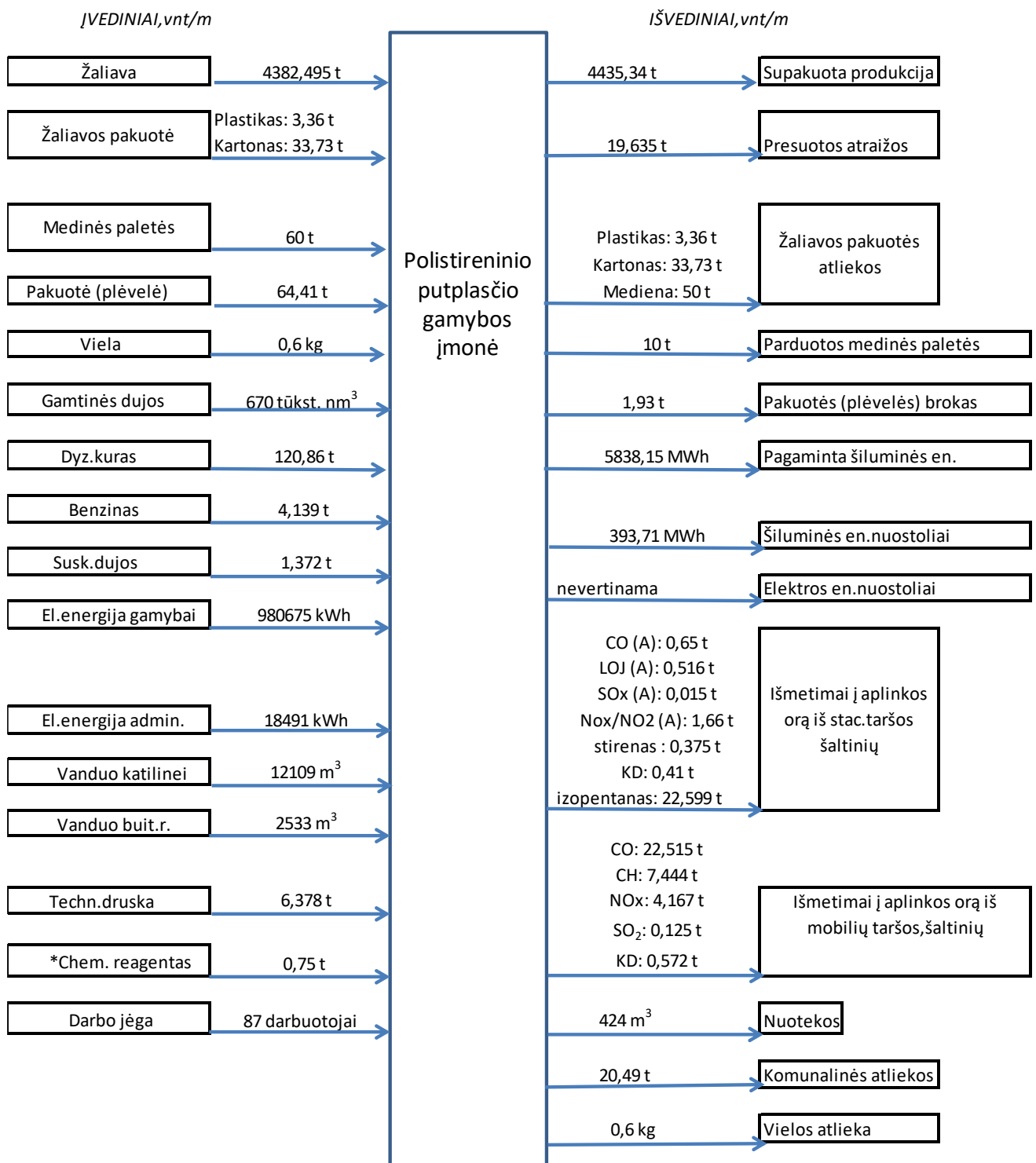
$$M_{pentano} = \frac{0,44475 \times 1705 \times 3600}{10^6} = 2,730 \text{ t/m}$$

Analogiškai apskaičiuoti ir kitų išmetamųjų teršalų kiekiai iš stacionarių taršos šaltinių (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Esamos veiklos stacionarių taršos šaltinių išmetamųjų teršalų kiekiai (be KDI)

Taršos šaltinio tipas	Dujų mišinio išmetimo angos skersmuo D, m.	Dujų mišinio judėjimo greitis, W_0 , m/s	Į aplinkos orą išmetamųjų dujų tūris, V_0 , Nm ³ /m.	Įrenginio darbo trukmė, val/m.	Išmatuota vidutinė teršalų koncentracija, C, mg/Nm ³			Išmetamųjų teršalų kiekis, t/m.		
					Pentanas	Stirenas	KD	Pentanas, t/m.	Stirenas, t/m.	KD, t/m.
Pirminio granulių išpūtimo agregatas	0,25	11,8	0,500	1705	889,5	12,1	18,03	2,73	0,037	0,055
Formav. agregatas	0,25	20,7	0,855	1320	378,9	6,19	17,1	1,539	0,025	0,069
Vėdinimo ortakis 1	0,65	8,3	2,14	1705	973,4	10,8	21,8	12,786	0,142	0,286
Vėdinimo ortakis 2	0,2	11,4	0,34	1600	52,91	0,27	-	1,036	0,0005	-
Cecho vėdinimo ortakis 1	0,55	7,5	1,6	2125	200,9	6,51	-	2,459	0,079	-
Cecho vėdinimo ortakis 2	0,63	7,8	2,136	2125	125,4	5,56	-	2,049	0,091	-
Bendras išmetamųjų teršalų kiekis, t/m.								22,599	0,375	0,41

Gauti rezultatai pateikti bendrame įmonės medžiagų ir energijos balanse (žr. 18 pav.). Tai visuma rodiklių, kuriais išreiškiama žaliavų, energijos, papildomų medžiagų, pagamintos produkcijos, nuostolių, nuotekų, atliekų, į aplinkos orą išmetamųjų teršalų ir kt. kiekybinė lygybė. Svarbu paminėti, kad sudarant medžiagų ir energijos balansą, ne visuomet gaunama lygybė tarp įvedinių ir išvedinių srautų masių išraiškų.

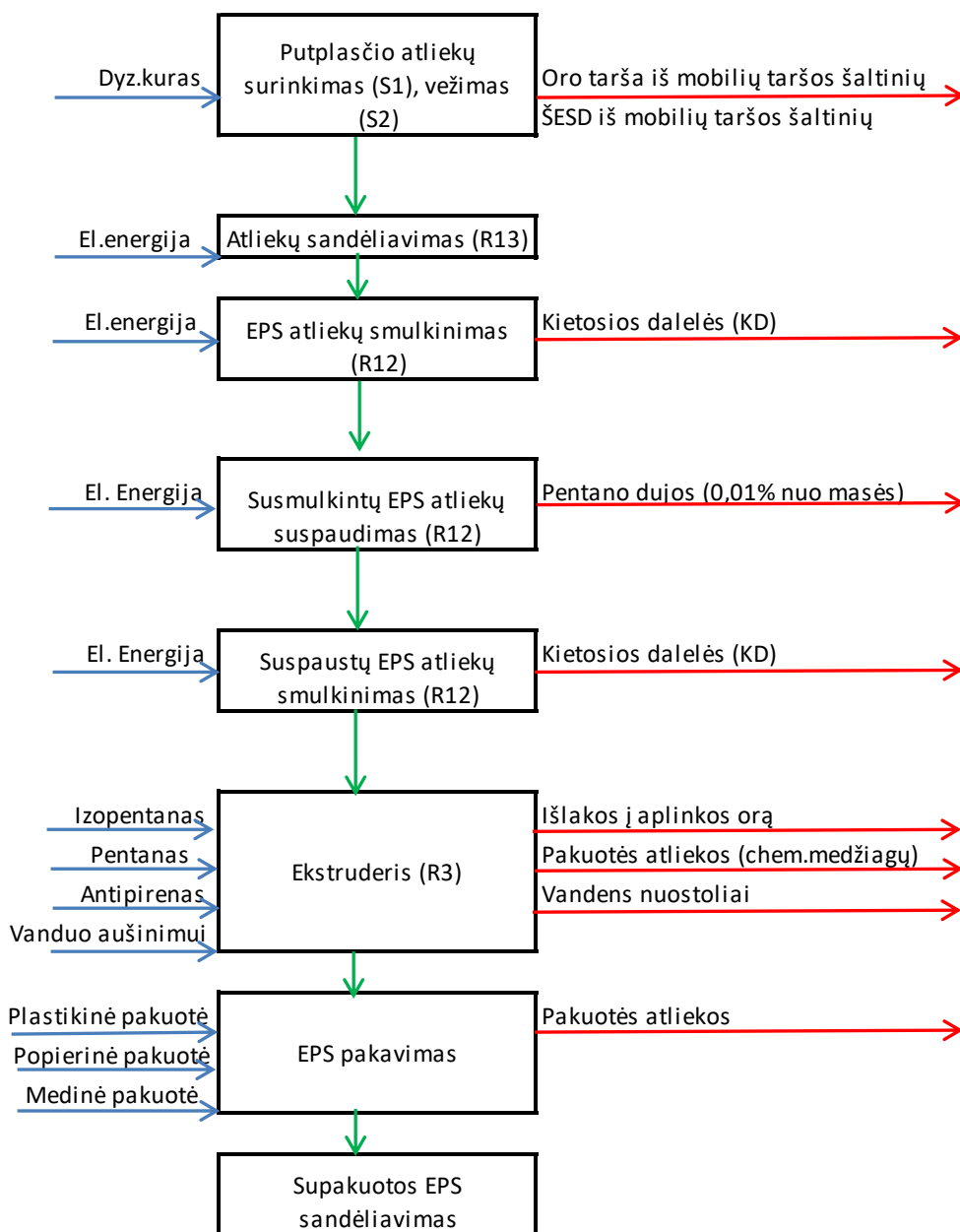


18 pav. Bendras įmonės medžiagų ir energijos balansas

3.8. PŪV pirminis aplinkosauginis įvertinimas

Siekiant įvertinti PŪV (putų polistirolo atliekų perdirbimo ir antrinio panaudojimo) galimą poveikį aplinkai pirmiausia sudaroma medžiagų ir energijos srautų diagrama (žr. 19 pav.).

Putų polistirolu atliekos iš
statybos/rekonstravimo
objektų 1200 t/m.



19 pav. Putų polistirolu atliekų perdirbimo medžiagų ir energijos srautų diagrama

3.8.1. PŪV dyzelinio kuro sąnaudų ir mobilios taršos vertinimas

Remiantis sudaryta PŪV medžiagų ir energijos srautų diagrama (žr. 19 pav.), pirmasis viso veiklos proceso etapas – EPS atliekų surinkimas (S1) ir vežimas (S2). Šiems procesams reikia įvertinti dyzelinio kuro sąnaudas ir mobilią taršą. Skaičiavimams naudoti preliminarūs duomenys, kai atliekos surenkamos iš statybviečių įmonės transportu (t.y. nevertinamas poveikis aplinkai, kai atliekos pristatomos ne įmonės automobiliais). Įmonės duomenimis, vienu transporto ciklu galima surinkti iki 3 t EPS atliekų. Todėl 100 t/mėn. atliekų surinkimui reikės ~30 transportavimo ciklų, o per metus ~390 ciklų. Vieno reiso vidutinis atstumas ~150 km, 390 ciklų – 58 500 km/m. Preliminariais

skaičiavimais kuro sąnaudos 25 l/100 km. Apskaičiavus gaunama, kad EPS atliekų surinkimui ir vežimui bus sunaudojama apie 14 625 l arba apie 12,3 t dyzelinio kuro (tankis 0,84 g/cm³).

Mobilios taršos skaičiavimai atlikti taikant EMEP/EAA oro teršalų inventorizacijos vadove pateiktą metodiką skyriuje 1.A Combustion, poskyryje 1.A.3.b.i-iv Road transport [42].

Metinis išsiskiriančių teršalų kiekis vertinamas pagal formulę (7):

$$E_{\text{teršalo}} = AR_{\text{kuro}} \times EF_{\text{teršalo}} \times 10^{-6} \quad (7)$$

čia $E_{\text{teršalo}}$ – teršalo kiekis, t/m.;

AR_{kuro} – sunaudoto kuro kiekis, kg/m.;

$EF_{\text{teršalo}}$ – teršalo emisijos faktorius (koeficientas pagal CORINAIR), g/kg vidaus degimo variklyje sudeginto kuro.

Maksimaliai galimų į aplinkos orą teršalų metiniai kiekiai iš mobilių taršos šaltinių, transportuojant atliekas (deginant 12,3 t dyzelinio kuro):

$$E_{CO} = 12300 \times 7,58 \times 10^{-6} = 0,093 \text{ t/m.}$$

$$E_{NOx} = 12300 \times 33,37 \times 10^{-6} = 0,41 \text{ t/m.}$$

$$E_{KD} = 12300 \times 0,94 \times 10^{-6} = 0,012 \text{ t/m.}$$

$$E_{NMLOJ} = 12300 \times 1,92 \times 10^{-6} = 0,024 \text{ t/m.}$$

$$E_{NH3} = 12300 \times 0,013 \times 10^{-6} = 0,00016 \text{ t/m.}$$

3.8.2. PŪV ŠESD kiekio iš mobilių taršos šaltinių ir GŠP vertinimas

ŠESD vertinimui naudota metodika, pateikta 2006 m. IPCC gairėse dėl ŠESD įrenginių [43]. Vadovaujantis šios metodikos 2 skyriaus „Energija“ paragrafu 3 „Mobilūs taršos šaltiniai“ pateikta informacija, metinis išsiskiriančių teršalų kiekis vertinamas pagal formulę (8):

$$E_{\text{ŠESD}} = AR_{\text{kuro}} \times TF_{\text{ŠESD}} \times 10^{-3} \quad (8)$$

čia $E_{\text{ŠESD}}$ – ŠESD kiekis, t/m.;

AR_{kuro} – sudeginto kuro energetinė vertė, TJ/m.;

$AR = 12,3 \text{ t/m.} \times 0,04307 \text{ TJ/t} = 0,530 \text{ TJ/m.}$,

(čia 0,04307 TJ/t – dyzelinio kuro žemutinė šilumingumo vertė; $TF_{\text{ŠESD}}$ – teršalo emisijos faktorius (koeficientas pagal CORINAIR), kg/TJ).

Apskaičiavus gauta tokie ŠESD metiniai kiekiai, vidaus degimo varikliuose deginant dyzelinį kurą:

$$E_{CO2} = 0,530 \times 74100 \times 10^{-3} = 39,273 \text{ t/m.}$$

$$E_{CH4} = 0,530 \times 3,9 \times 10^{-3} = 0,0021 \text{ t/m.}$$

$$E_{N2O} = 0,530 \times 1,6 \times 10^{-3} = 0,0009 \text{ t/m.}$$

Globalinio šiltėjimo potencialas (GŠP) vertinamas pagal formulę (9):

$$G\check{S}P = CO_2 + 25 \times CH_4 + 298 \times N_2O \quad (9)$$

$$G\check{S}P = 39,273 + 25 \times 0,0021 + 298 \times 0,0009 = 39,59 \text{ t } CO_2\text{ekv.}$$

3.8.3. PŪV išlakos į aplinkos orą iš stacionarių taršos šaltinių

Kietųjų dalelių išlakos į aplinkos orą: EPS gamybos (naudojant pirminę žaliavą) metu į aplinką išskiriama 4,595 kg/t kietųjų dalelių:

- 4,501 kg/t produkcijos patenka į šalutinį gamybos produktą – presuotas dulkes;
- 0,094 kg/t produkcijos patenka į aplinkos orą per ištraukiamąją ventiliaciją.

Pagrindinė dalis KD susidaro putų polistirolo blokų pjaustymo bei frezavimo metu, t.y. atliekant fizinį EPS apdirbimą. Todėl šis santykinis KD dydis, kaip AAI_s (aplinkos apsaugos indikatorius) gali būti naudojamas kietųjų dalelių metiniam kiekiui įvertinti, smulkinant EPS atliekas, t.y. nustatomos išlakos pagal analogą:

$$1200 \times 4,595 \times 10^{-3} = 5,514 \text{ t/m.}$$

Iš šio kiekio į aplinkos orą, per patalpų ištraukiamąją ventiliaciją pateksiantis metinis kietųjų dalelių kiekis:

$$1200 \times 0,094 \times 10^{-3} = 0,113 \text{ t/m.}$$

Kietųjų dalelių kiekis per metus, sudarysiantis šalutinį gamybos produktą (presuotas dulkes):

$$1200 \times 4,501 \times 10^{-3} = 5,401 \text{ t/m.}$$

Pentano išlakos į aplinkos orą: daroma prielaida, kad EPS atliekose gali būti ir naujo EPS produkto, kurio sudėtyje lieka iki 0,01 % pentano dujų:

$$1200 \times 0,01 \times 10^{-2} = 0,12 \text{ t/m.}$$

3.8.4. PŪV žaliavų ir pakuotės sąnaudos

EPS atliekų mechaninio perdirbimo ir antrinio panaudojimo numatomos žaliavų ir pakuotės sąnaudos pateiktos 4 lentelėje:

4 lentelė. Žaliavų ir pakuotės sąnaudos EPS mechaninio perdirbimo ir antrinio panaudojimo veikloje

Nr.	Žaliavos ir pakuotės	Paskirtis	Sąnaudos t/m.
1.	EPS atliekos	Antriniam panaudojimui	1200
2.	Pentanas	Priedas gamybai (kiekis EPS granulėse 3,84 – 4,48 %)	50
3.	Izopentanas	Priedas gamybai (kiekis EPS granulėse 0,96 – 1,12 %)	12,5
4.	Antipirenas	Priedas gamybai (kiekis EPS granulėse <1 %)	12,5
5.	Plastikinė pakuotė	Antrinės EPS žaliavos sandėliavimui	1,52
6.	Medinė pakuotė	Antrinės EPS žaliavos sandėliavimui	25,28

Nr.	Žaliavos ir pakuotės	Paskirtis	Sąnaudos t/m.
7.	Popierinė (kartoninė) pakuotė	Antrinės EPS žaliavos sandėliavimui	6,33
8.	Techninė druska	Garo gamybai naudojamos vandens minkštinimui	0,136
9.	Cheminis reagentas	Vandens sistemų apsaugai nuo korozijos	0,058

3.8.5. PŪV gaminamos produkcijos masės nustatymas

PŪV numatomo gauti putų polistirolo produkto, pagaminto iš perdirbtų EPS atliekų, masė nustatoma taikant medžiagų balanso principą (10):

$$M_{(\text{produkcijos})} = m_1(\text{žaliavos}) + m_2(\text{priedų}) - m_3(\text{šalutinių produktų}) - m_4(\text{oro teršalų}) \quad (\text{t/m.}) \quad (10)$$

$$M_{(\text{produkcijos})} = 1200 + 50 + 12,5 + 12,5 - 5,401 - 0,113 - 0,12 = 1269,37 \text{ t}$$

3.8.6. PŪV vandens sąnaudos ir buitinių nuotekų kiekis

Vanduo gamyboje bus naudojamas tik aušinimo tikslams: $\sim 300 \text{ m}^3/\text{m.}$ vandens bus papildomai sunaudojama dėl išgaravimų aušinimo sistemoje.

Taip pat vandens sąnaudos padidės dėl buitinių reikmių: 3 – 4 naujos darbo vietos sudarys $\sim 120 \text{ m}^3/\text{m.}$ darbuotojų poreikiams.

Šis vandens kiekis įmonei bus tiekiamas iš miesto tinklų, kaip ir ankstesniems poreikiams.

Susidariusios buitinės nuotekos pateks į miesto tinklus.

3.8.7. PŪV elektros energijos sąnaudų vertinimas

Elektros energijos sąnaudos EPS atliekų perdirbimui preliminariai gali būti vertinamos pagal įrenginių instaliuotą elektros galią ir preliminarų darbo laiką:

$$(51 \text{ kW} \times 240 \text{ d.d./m.} \times 8 \text{ val./d.d.}) \times 0,75 = 73,44 \text{ MWh/m.}$$

Taip pat elektros energija bus sunaudojama naujojo pastato vidaus ir išorės apšvietimo sistemai ($\sim 7,4 \text{ MWh/m.}$).

Elektros energijos sąnaudos dėl dulkių presavimo ($5,401 \text{ t/m.}$):

$$(720 \text{ val/m.} \times 6,5 \text{ kW}) \times 0,75 = 3,51 \text{ MWh/m.,}$$

čia 720 val/m. – įrenginio darbo laikas pagal praktiškai įvertintą našumą ($0,48 \text{ kg/3 min.}$);

6,5 kW – instaliuota elektros galia.

Bendras numatomas elektros energijos sąnaudų padidėjimas:

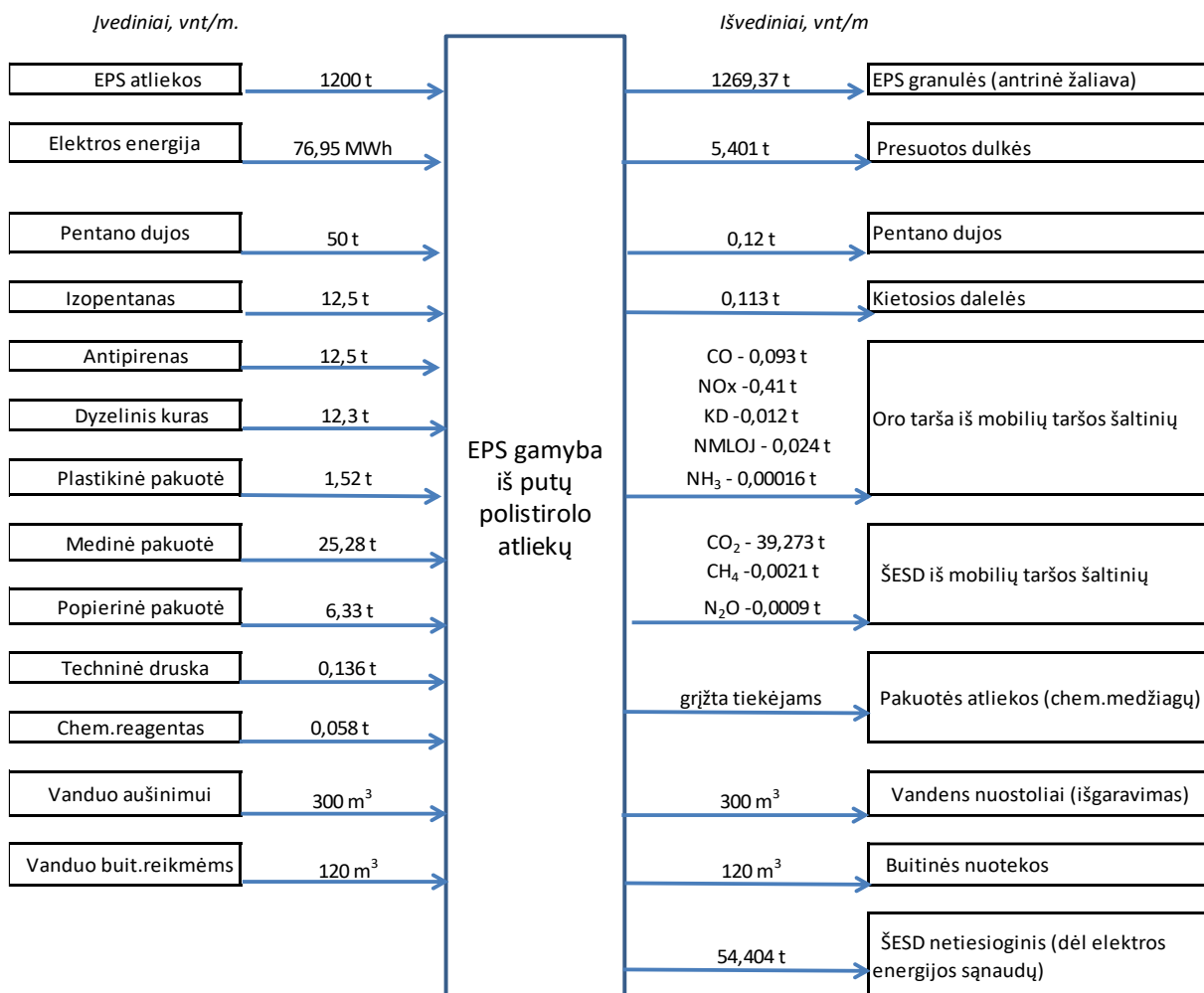
$$73,44 + 3,51 = 76,95 \text{ MWh/m.}$$

3.8.8. PŪV netiesioginis poveikis aplinkos orui dėl elektros energijos naudojimo

Vertinant netiesioginį išmetamo CO₂ kiekį tonomis naudojamas emisijų faktorius – 0,707 t CO₂e/MWh:

$$0,707 \times 76,95 = 54,404 \text{ t CO}_2\text{e}$$

Atlikus visus PŪV pirminio aplinkosauginio įvertinimo skaičiavimus gauti rezultatai pateikti PŪV medžiagų ir energijos balanse (žr. 20 pav.).



20 pav. Putų polistirolu atliekų perdirbimo medžiagų ir energijos balansas

3.9. Būvio ciklo įvertinimo metodikos taikymas

Taikant BCĮ (būvio ciklo įvertinimo metodiką) buvo atliktas antrinio EPS gaminio poveikio aplinkai vertinimas (lyginamoji analizė) su EPS pagamintu tik iš pirminės žaliavos. Atliktas tyrimas apima esamos veiklos technologiją ir planuojamos veiklos technologiją, modeliuojant ir vertinant poveikį aplinkai kiekvienos iš jų atskirai ir palyginant duomenis bendruose grafikuose. Tyrimas apima aplinkos apsaugos aspektų identifikavimą, kiekybinį įvertinimą ir reikšmingumo nustatymą.

Gaminio sistema. Pirmu tyrimu analizuojamas poveikis aplinkai produkto iš pirminės EPS žaliavos, antru tyrimu – poveikis aplinkai produkto iš EPS, kurio gamybai panaudotos perdirbtos EPS atliekos. *Sistemas ribos.* Nuo žaliavų susidarymo iki pagaminto gaminio (t.y. *from cradle to gate*).

Funkcinis vienetas. Viena tona pagaminto EPS produkto.

Inventorinė analizė. BCĮ modeliavimui buvo naudojami inventorinės analizės įvediniai ir išvediniai (žr. 5 lentelę).

5 lentelė. EPS gamybos procesų inventorinė analizė gaminant iš pirminės ir iš antrinės EPS žaliavos

Įvediniai/išvediniai	AAI – absoliutūs aplinkos apsaugos indikatoriai			AAI _s – santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (vienam funkciniam vienetai – 1 t produkto)		
	Vnt.	Vnt./m. (putų polistirolas iš pirminio EPS)	Vnt./m. (putų polistirolas iš perdirbtų EPS atliekų)	Vnt.	Vnt./t produkcijos (EPS iš pirminės žaliavos)	Vnt./t produkcijos (EPS iš perdirbtų atliekų)
<i>Įvediniai</i>						
EPS granulės (pirminė žaliava)	t	4382,495	–	t/t	1,005	0,714
EPS granulės (antrinė žaliava)	t	–	1269,37	t/t	0,000	0,291
Cheminis reagentas	t	0,75	0,058	kg/t	0,172	0,185
Techninė druska	t	6,378	0,136	kg/t	1,462	1,493
Plastikinė pakuotė	t	67,77	1,52	kg/t	15,53	15,88
Suskystintos dujos (garo ir karšto vandens gamybai)	tūkst.nm ³	572,31	–	kg/t	131,178	131,178
Vanduo garo gamybai	m ³	12109	–	m ³ /t	2,775	2,775
Vanduo kitoms reikmėms	m ³	2533	420	m ³ /t	0,581	0,677
Elektros energija	MWh	980,675	76,95	kWh/t	224,778	242,42
Dyzelinis kuras	t	120,86	12,3	kg/t	27,702	30,521
Dujos	t	1,372	–	kg/t	0,314	0,314
Benzinas	t	4,139	–	kg/t	0,949	0,949
<i>Išvediniai</i>						
EPS produktai	t	4362,86	–	t/t	1,000	1,000
Presuotos dulkės (šalutinis gamybos produktas)	t	19,635	5,401	kg/t	4,501	5,738
<i>Nuotekos, en.nuostoliai</i>						
Nuotekos	m ³	424	120	m ³ /t	0,097	0,125
Šiluminės en.nuostoliai	MWh	393,71	–	kWh/t	90,241	90,241
<i>Atliekos</i>						
Popierinės pakuotės atliekos	t	33,73	–	kg/t	7,731	7,731
Plastikinės pakuotės atliekos	t	5,29	–	kg/t	1,213	1,213
Medinės pakuotės atliekos	t	50	–	kg/t	11,460	11,460

5 lentelėje nurodytas atraižų kiekis, kuris susidaro blokų pjaustymo metu (~7 % nuo bloko tūrio) ir frezavimo metu (~4 % nuo tūrio), kadangi visos susidariusios atraižos nukreipiamos į smulkintuvą ir po smulkinimo, kartu su pirmine žaliava paduodamos į blokų formavimo įrenginį. Todėl ši gamyba vadinama beatliekine.

3.9.1. EPS gamybos poveikio aplinkai vertinimas

Atliekant šio tyrimo poveikio aplinkai vertinimą, naudojant BCĮ metodikos programinę įrangą CCaLC, buvo apskaičiuotos kiekybinės poveikio aplinkai reikšmės skirtingose poveikio kategorijose, kai EPS produkcijos gamybai naudojama pirminė EPS žaliava ir kai gamybai naudojama antrinė EPS žaliava (iš perdirbtų EPS atliekų). Visos gaminių aplinkos apsaugos aspektų analizės reikšmės yra pagrįstos būvio ciklo požiūriu.

Pirmiausia buvo modeliuojamas 1 tonos putų polistirolų produkcijos gamybos procesas, panaudojant žaliavai tik pirminį EPS. Atliktas modeliavimas leidžia įvertinti poveikį aplinkai skirtingose poveikio kategorijose visame gaminio būvio cikle (žr. 6 lentelę).

6 lentelė. Putų polistirolų produkcijos 1 tonos gamybos iš pirminės EPS poveikis aplinkai skirtingose poveikio aplinkai kategorijose visame būvio cikle (CCaLC)

Poveikis aplinkai pagal etapus						
Tyrimo pavadinimas:						Funkcinis vienetas
Polistireninis putplastis iš pirminio EPS						1 tona
	Globalinio šiluminio potencialas	Aplinkos rūgštinimo potencialas	Eutrofikacijos potencialas	Ozono sluoksnio ardymo potencialas	Fotocheminio smogo potencialas	Toksiškumo potencialas
	kg CO ₂ ekv./f.vnt.	kg SO ₂ ekv./f.vnt.	kg PO ₄ ekv./f.vnt.	kg R11 ekv./f.vnt.	kg C ₂ H ₄ ekv./f.vnt.	kg DCB ekv./f.vnt.
Žaliavos	6329.42	20.48	2.16	13.62E-5	4.89	488
EPS granulių išpūtimas	19.94	0.077	6.16E-3	3.75E-5	5.77E-3	2.75
Išpūstų granulių brandinimas	9.63	0.038	2.98E-3	1.81E-5	2.8E-3	1.326
Blokų formavimas ir brandinimas	11.23	0.043	3.47E-3	2.12E-5	3.25E-3	1.547
Blokų pjaustymas į plokštes	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0
Kraštų pjovimas ir frezavimas	2.25	8.7E-3	6.95E-4	4.22E-6	6.52E-4	0.309
Pakavimas	6.59	4.28E-3	3.83E-4	1.81E-6	3.27E-4	0.137
Techninio vandens ruošimas	9.63	0.038	2.98E-3	1.81E-6	2.8E-3	1.326
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Sandėliavimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Naudojimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Transportavimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0
Viso:	6389	20.66	2.17	2.37E-4	4.9	496
Šalutiniai produktai	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Viso su šalutiniais produktais:	6389	20.66	2.17	2.37E-4	4.9	496

Sekančiame etape, analogiškai buvo modeliuojamas 1 tonos putų polistirolų produkcijos gamybos procesas, kai gamybai naudojamos EPS granulės, gautos iš perdirbtų EPS atliekų. Rezultate gautas poveikis aplinkai skirtingose poveikio kategorijose visame gaminio būvio cikle (žr. 7 lentelę).

7 lentelė. Putų polistirolo produkcijos 1 tonos gamybos iš antrinės EPS poveikis aplinkai skirtingose poveikio aplinkai kategorijose visame būvio cikle (CCaLC)

Poveikis aplinkai pagal etapus						
Tyrimo pavadinimas:	Funkcinis vienetas					
Polistireninis putplastis iš EPS pagaminto iš atliekų	1 tona					
	Globalinio šiltėjimo potencialas kg CO ₂ ekv./f.vnt.	Aplinkos rūgštėjimo potencialas kg SO ₂ ekv./f.vnt.	Eutrofikacijos potencialas kg PO ₄ ekv./f.vnt.	Ozono sluoksnio ardymo potencialas kg R11 ekv./f.vnt.	Fotocheminio smogo potencialas kg C ₂ H ₄ ekv./f.vnt.	Toksiškumo potencialas kg DCB ekv./f.vnt.
Žaliavos	4333	13.89	1.489	13.64E-5	3.29	343
EPS granulių išpūtimas	17.64	0.068	5.46E-3	3.32E-5	5.12E-3	2.43
Išpūstų granulių brandinimas	7.06	0.027	2.19E-3	13.29E-6	2.05E-3	0.972
Blokų formavimas ir brandinimas	11.00	0.043	3.47E-3	2.12E-5	3.25E-3	1.547
Blokų pjaustymas į plokštes	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Kraštų pjovimas ir frezavimas	2.00	8.69E-3	6.95E-4	4.22E-6	6.52E-4	0.309
Pakavimas	6.59	4.28E-3	3.83E-4	1.81E-6	3.27E-4	0.137
Techninio vandens ruošimas	5.77	0.022	17.88E-4	10.89E-6	16.76E-4	0.796
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Sandėliavimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Naudojimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Transportavimas	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Viso:	4384	14.07	1.504	2.21E-4	3.31	350
Šalutiniai produktai	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Viso su šalutiniais produktais:	4384	14.07	1.504	2.21E-4	3.31	350

3.9.2. Poveikio aplinkai vertinimo palyginimas

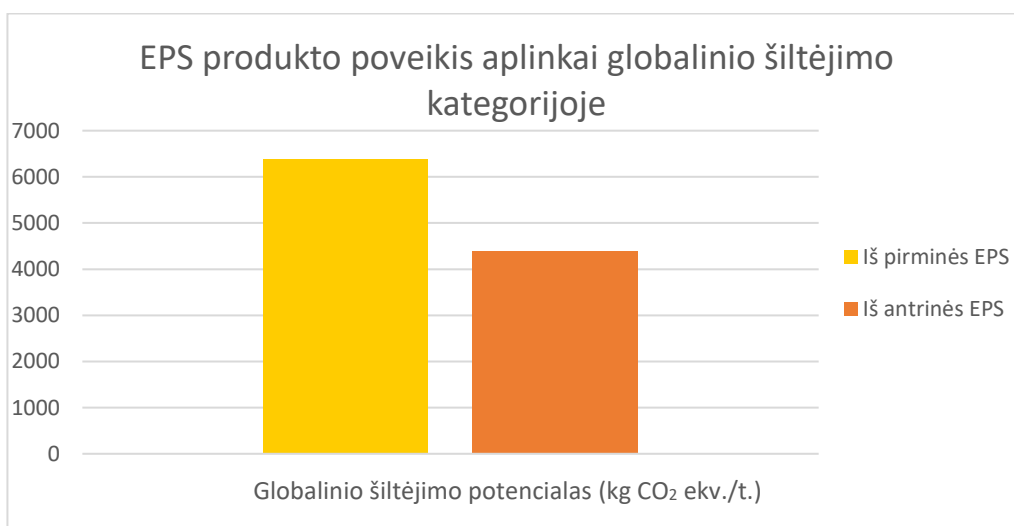
Atlikus gamybos procesų modeliavimą, galima atlikti poveikio aplinkai palyginimą, siekiant identifikuoti EPS žaliavos kilmės poveikio aplinkai pokytį. Šis palyginimas padės nustatyti optimaliausią putų polistirolo produkcijos gamybos procesą, kurio poveikis aplinkai būtų mažiausias. Taip pat atlikta analizė leis įvertinti, ar pasirinkus gamybos metodą, kurio anglies pėdsakas yra mažesnis, šis metodas nesukels didesnio poveikio aplinkai kitose kategorijose. Atlikto būvio ciklo įvertinimo rezultatai apibendrinami lyginant su tyrimo tikslu (žr. 8 lentelę).

8 lentelė. Būvio ciklo įvertinimo rezultatų apibendrinimas

Atliktas būvio ciklo įvertinimas	Putų polistirolas iš pirminės EPS žaliavos	Putų polistirolas iš antrinės EPS žaliavos (perdirbtų EPS atliekų)
	Funkcinis vienetas	
Poveikis aplinkai	1 tona	1 tona
Globalinis šiltėjimas (kg CO ₂ ekv./t.)	6389	4384
ARP - aplinkos rūgštėjimo potencialas (kg SO ₂ ekv./t.)	20,66	14,07
EP - eutrofikacijos potencialas (kg PO ₄ ekv./t.)	2,17	1,504
Ozono sluoksnio ardymo potencialas (kg R11 ekv./t.)	2,37x10 ⁻⁴	2,21x10 ⁻⁴
Fotocheminis smogas (kg C ₂ H ₄ ekv./t.)	4,9	3,31
Toksiškumo potencialas (kg DCB ekv./t.)	496	350

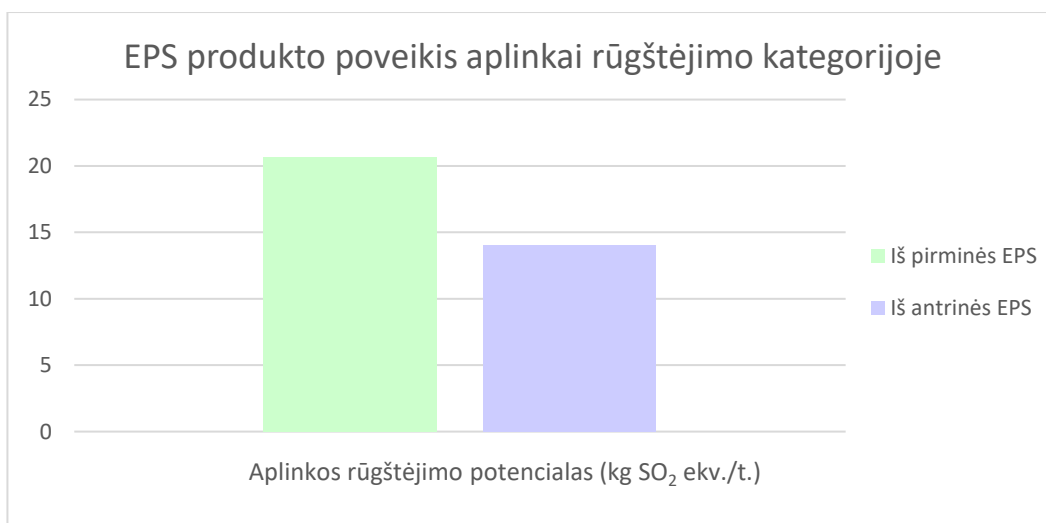
Akivaizdu, kad visose poveikio aplinkai kategorijose mažesnės reikšmės gaunamos putų polistirolu produkcijos gamyboje iš antrinės EPS žaliavos, t.y. iš perdirbtų EPS atliekų. Ir svarbu paminėti tai, kad anglies pėdsako sumažėjimas nevyksta kitų poveikio aplinkai kategorijų padidėjimo sąskaita. Taigi, įmonės sprendimas ieškoti alternatyvios žaliavos pirminei EPS leistų sumažinti bendrą neigiamą poveikį aplinkai visose poveikio aplinkai kategorijose.

Išsamesni palyginimai pirminės EPS žaliavos pakeitimo į antrinę EPS, pagamintą iš perdirbtų atliekų skirtingose poveikio aplinkai kategorijose (globalinio šiltėjimo, aplinkos rūgštėjimo, eutrofikacijos, ozono sluoksnio ardymo, fotocheminio smogo bei toksiškumo) pateikti 21 – 26 pav.



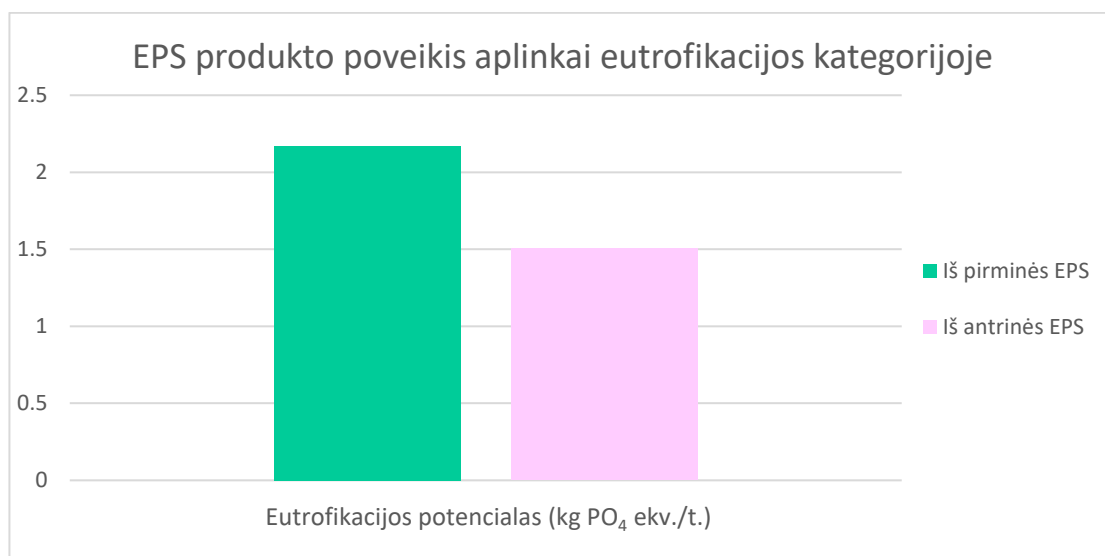
21 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai globalinio šiltėjimo potencialo kategorijoje palyginimas

Vertinant poveikio aplinkai palyginimą globalinio šiltėjimo kategorijoje (žr. 21 pav.) matome, kad EPS produkcijos gamybai naudojant antrinę EPS žaliavą (iš perdirbtų EPS atliekų) anglies pėdsakas mažesnis 31,38 %. Tai pati svarbiausia poveikio aplinkai vertinimo kategorija. Toks viso gamybos proceso metu į aplinką išskiriamą CO₂ ekvivalento kiekio sumažėjimas akivaizdžiai įrodo, kad ši alternatyva būtų optimalus aplinkosauginis sprendimas EPS produkcijos gamintojui.



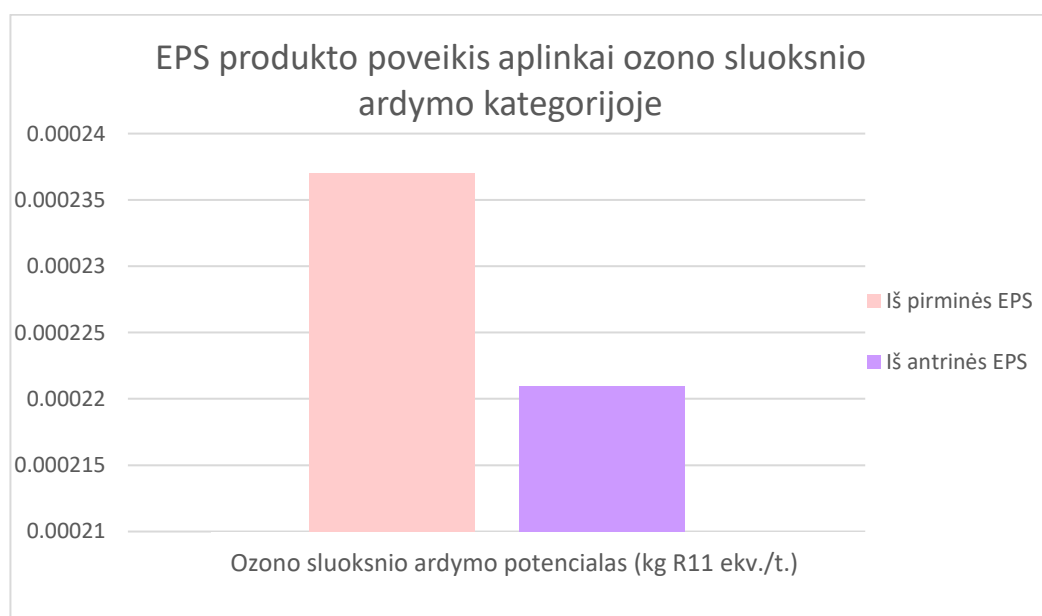
22 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai rūgštėjimo kategorijoje palyginimas

Vertinant poveikio aplinkai palyginimą aplinkos rūgštėjimo kategorijoje (žr. 22 pav.) matome, kad EPS produkcijos gamybai naudojant antrinę EPS žaliavą (iš perdirbtų EPS atliekų) SO₂ ekvivalento vertė mažesnė 31,9 %, nei naudojant pirminę EPS žaliavą.



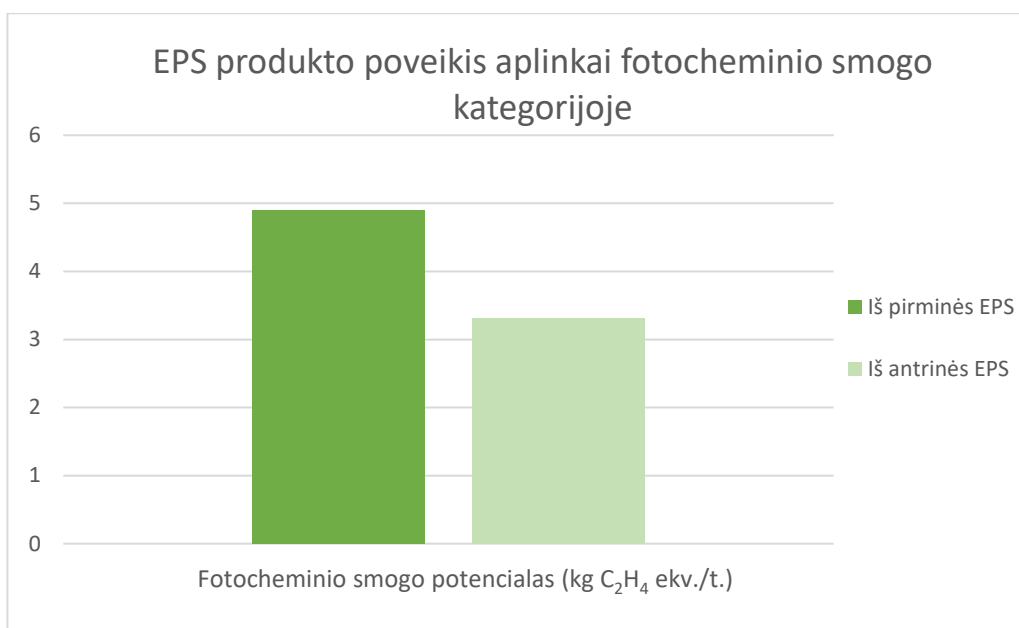
23 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai eutrofikacijos kategorijoje palyginimas

Dar viena poveikio aplinkai vertinimo kategorija – eutrofikacijos (žr. 23 pav.) Joje matome, kad EPS produkcijos gamybai naudojant antrinę EPS žaliavą (iš perdirbtų EPS atliekų) PO₄ ekvivalento vertė sumažėja 30,69 % lyginant su pirmine EPS žaliava.



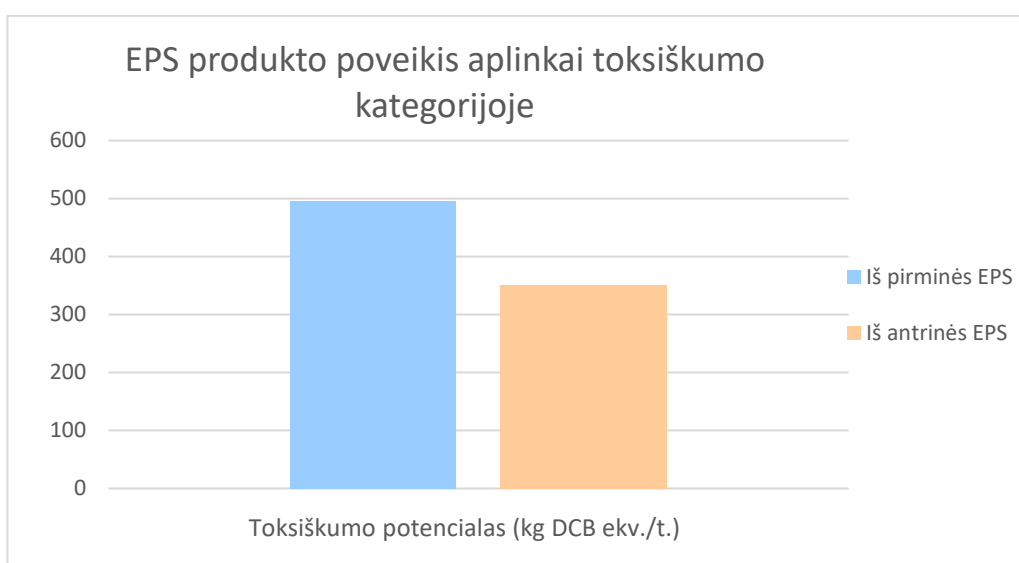
24 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai ozono sluoksnio ardymo kategorijoje palyginimas

Ozono sluoksnio ardymo kategorijoje (žr. 24 pav.) pastebimas 6,75 % poveikio aplinkai sumažėjimas, kai EPS gamybai naudojama ne pirminė EPS žaliava, o antrinė (iš perdirbtų EPS atliekų).



25 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai fotocheminio smogo kategorijoje palyginimas

Fotocheminio smogo kategorijoje (žr. 25 pav.) pastebimas 32,45 % poveikio aplinkai sumažėjimas, kai putų polistirolu gamybai naudojama antrinė EPS žaliava (iš perdirbtų EPS atliekų).



26 pav. Alternatyvių EPS produktų (iš pirminės žaliavos ir iš antrinės) poveikio aplinkai toksiškumo kategorijoje palyginimas

Toksiškumo, arba poveikio žmogaus sveikatai kategorijoje (žr. 26 pav.) matomas 29,44 % poveikio sumažėjimas kai putų polistirolu gamybai naudojama antrinė EPS žaliava (iš perdirbtų EPS atliekų). Palyginus putų polistirolu 1 tonos produkcijos gamybos poveikį aplinkai, kai esminis faktorius – pirminės EPS žaliavos pakeitimas jai alternatyvia antrine žaliava, pagaminta iš perdirbtų EPS atliekų, pastebimas bendras poveikio aplinkai sumažėjimas, apimantis visas poveikio kategorijas, lygus 27,1 %.

Išvados ir rekomendacijos

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad putų polistirolas yra viena iš labiausiai paplitusių plastiko rūšių ir naudojamas įvairiose srityse dėl savo unikalių savybių – lengvumo, standumo bei geros termoizoliacijos. Todėl svarbu išlaikyti jį plastikų rinkoje, bet tuo pačiu būtina siekti sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. EPS trūkumai pasireiškia gyvavimo ciklo pabaigoje, kai produktai tampa atliekomis, kadangi gausūs tokių atliekų kiekiai patenka į sąvartynus ir taip teršia aplinką. Todėl svarbu rasti sprendimą, kaip pakartotinai panaudoti šias atliekas.
2. EPS atliekų perdirbimas ir pakartotinis panaudojimas (kaip antrinės žaliavos) yra veiksmingas sprendimas, siekiant sumažinti neigiamą poveikį aplinkai. EPS gali būti perdirbamas mechaniniu arba cheminiu būdu. Svarbu, kad EPS produktų gamintojai siektų savo veikloje taikyti žiedinės ekonomikos principus, surinktų susidarančias atliekas ir įdiegtų gamyboje perdirbimo technologijas.
3. Taikant švaresnės gamybos (ŠG) koncepciją, šio tyrimo metu buvo atliktas pirminis aplinkosauginis įvertinimas esamos EPS gamybos (kai gamybai naudojama tik pirminė žaliava). kuris parodė, kad per metus įmonės katilinėje pagaminta 5838,15 MWh šiluminės energijos, iš kurios 727,04 MWh sunaudota administracinių patalpų šildymui, o 5111,11 MWh – garo gamybai. Abiejų katilų šiluminės energijos nuostoliai kartu sudarė 393,71 MWh/m. Mobilijų taršos šaltinių išmetamųjų teršalų kiekiai gauti tokie: CO – 22,515 t, CH – 7,444 t, NO_x – 4,167 t, SO₂ – 0,125 t, KD – 0,572 t. Išmetamieji teršalai iš KDI: NO_x – 1,66 t, CO – 0,65 t, LOJ – 0,516 t, SO_x – 0,015 t. Gamyboje esančių stacionarių taršos šaltinių išmetamieji teršalai: pentanas – 22,599 t, stirenas – 0,375 t, KD – 0,41 t.
4. Atlikus planuojamo EPS mechaninio perdirbimo pirminį aplinkosauginį įvertinimą nustatyta, kad per metus įmonė galėtų surinkti ir perdirbti 1200 t EPS atliekų. Dėl šios veiklos mobilijų taršos šaltinių išmetamieji teršalai būtų: CO – 0,093 t, NO_x – 0,41 t, KD – 0,012 t, NMLOJ – 0,024 t, NH₃ – 0,00016 t. ŠESD iš mobilijų taršos šaltinių: CO₂ – 39,273 t, CH₄ – 0,0021 t, N₂O – 0,0009 t. GŠP iš mobilijų taršos šaltinių – 39,59 t CO_{2ekv}. Išlakos į orą iš stacionarių taršos šaltinių: KD – 5,514 t, pentano – 0,12 t. Dėl antrinės EPS žaliavos gamybos susidarytų papildomi chem. priedų bei pakuočių kiekiai, metinės vandens sąnaudos padidės apie 420 m³, elektros en.sąnaudos – 76,95 MWh, netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros en.sąnaudų – 54,404 t CO_{2e}.
5. Remiantis pirminiu aplinkosauginiu įvertinimu, atliktas būvio ciklo įvertinimas parodė esamos ir planuojamos veiklos poveikį aplinkai. Pirmiausia, taikant CCaLC programinę įrangą buvo modeliuojamas 1 tonos putų polistirolu produkcijos gamybos procesas, panaudojant žaliavai tik pirminį EPS, o po to analogiškai, kai gamybai naudojamos perdirbtos EPS atliekos. Atliktas modeliavimas leidžia įvertinti poveikį aplinkai skirtingose poveikio kategorijose visame būvio cikle. Rezultate gauta, kad bendras poveikis aplinkai gaunamas mažesnis, kai gamybai naudojamos perdirbtos EPS atliekos. Tyrimo metu gautas toks poveikio aplinkai sumažėjimas skirtingose kategorijose: globalinio šiltėjimo – 31,38 %, aplinkos rūgštėjimo – 31,9 %, eutrofikacijos – 30,69 %, ozono sluoksnio ardymo – 6,75 %, fotocheminio smogo – 32,45 % ir toksiškumo arba poveikio žmogaus sveikatai – 29,44 %. Taigi, įmonės sprendimas ieškoti alternatyvios žaliavos pirminei EPS leistų sumažinti bendrą neigiamą poveikį aplinkai visose poveikio aplinkai kategorijose vidutiniškai 27 %.

6. Šio tyrimo rezultatai (nagrinėjant EPS surinkimą ir perdirbimą esamoje įmonėje) įrodė, kad EPS produktai, savo sudėtyje turintys antrinę žaliavą, turi mažesnę poveikį aplinkai nei pirminė žaliava, net ir įvertinus atsirandantį antrinės žaliavos surinkimo, apdorojimo ir paruošimo pakartotiniam naudojimui technologinių procesų poveikį aplinkai. Tačiau kiekvienu atskiru atveju būtina atsižvelgti į tai, kokį konkrečiai poveikį aplinkai sukelia tokių EPS atliekų surinkimas, transportavimas bei perdirbimo procesas. Šie papildomi technologiniai procesai taip pat reikalauja ir papildomo ekonominio įvertinimo. Todėl rekomenduojama ateityje, prie atliktų tyrimų dar papildomai atlikti ekonominę analizę.

7. Svarbu įvertinti ir tai, ar pavyktų surinkti reikiamą kiekį atliekų. Atsižvelgiant į tai, kad įmonė priimtų tik švarias, įvairiomis statybinėmis priemonėmis neužterštas atliekas, tai būtų papildoma užduotis norintiems atiduoti tokias atliekas. Kaip alternatyva, galimas sprendimas putų polistirolo produktų gamybos įmonei į perdirbimo procesą integruoti mechaninį rūšiavimą, tačiau tai reikalautų papildomos poveikio aplinkai analizės bei papildomų išlaidų.

8. Apibendrinant šį tyrimą, galima teigti, kad polistireninio putplasčio produkcijos gamybos įmonės sprendimas taikyti žiedinės ekonomikos principus ir gamybai naudoti EPS atliekas yra naudingas, o rezultatai rodo, kad verta toliau analizuoti ir tirti putų polistirolo atliekų perdirbimą ir pakartotinį panaudojimą.

Literatūros sąrašas

- [1] J. Ostrauskaitė, J.V. Gražulevičius, Polimerinių atliekų grįžtamasis perdirbimas. 2012.
- [2] E. Black, K. Kopke, and C. O. Mahony, “Towards a Circular Economy : Using Stakeholder Subjectivity to Identify Priorities , Consensus , and Conflict in the Irish EPS / XPS Market,” 2019.
- [3] J. Hidalgo-crespo, F. X. Jervis, C. M. Moreira, M. Soto, and J. L. Amaya, “Introduction of the circular economy to expanded polystyrene household waste : A case study from an Ecuadorian plastic manufacturer,” *Procedia CIRP*, vol. 90, pp. 49–54, 2020, doi: 10.1016/j.procir.2020.01.089.
- [4] L. Gu and T. Ozbakkaloglu, “Use of Recycled Plastics in Concrete : A Critical Review Use of recycled plastics in concrete : A critical review,” *Waste Manag.*, vol. 51, no. March, pp. 19–42, 2016, doi: 10.1016/j.wasman.2016.03.005.
- [5] G. D. Mumbach, A. Bolzan, and R. A. F. Machado, “A closed-loop process design for recycling expanded polystyrene waste by dissolution and polymerization,” *Polymer (Guildf).*, vol. 209, no. August, p. 122940, 2020, doi: 10.1016/j.polymer.2020.122940.
- [6] A. N. Rollinson and J. Oladejo, “CHEMICAL RECYCLING : Status, sustainability, and environmental impacts,” p. 45, 2020, doi: 10.46556/ONLS4535.
- [7] S. Thakur, A. Verma, B. Sharma, J. Chaudhary, S. Tamulevicius, and V. K. Thakur, “Recent developments in recycling of polystyrene based plastics,” *Curr. Opin. Green Sustain. Chem.*, vol. 13, pp. 32–38, 2018, doi: 10.1016/j.cogsc.2018.03.011.
- [8] W. L. Filho *et al.*, “An assessment of attitudes towards plastics and bioplastics in Europe,” *Sci. Total Environ.*, vol. 755, p. 142732, 2021, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.142732.
- [9] J. K. Staniškis, I. Kliopova, J. Miliūtė-Plepienė, J. Kruopienė, D. Kliaugaitė, V. Varžinskas, R. Uselytė, *Darni atliekų vadyba*. 2017.
- [10] European Commission, “A European Strategy for Plastics,” *Eur. Com.*, no. July, p. 24, 2018, doi: 10.1021/acs.est.7b02368.
- [11] M. Robaina, K. Murillo, E. Rocha, and J. Villar, “Circular economy in plastic waste - Efficiency analysis of European countries,” *Sci. Total Environ.*, vol. 730, p. 139038, 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.139038.
- [12] Europos Komisija, “Uždaro ciklo kūrimas. ES žiedinės ekonomikos veikslių planas,” 2015, [Online]. Available: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0018.02/DOC_1&format=PDF.
- [13] K. T. Universitas, “POLISTIRENINIO PUTPLASČIO GAMYBOS,” pp. 1–76, 2016.
- [14] C. A. Calles-Arriaga, J. López-Hernández, M. Hernández-Ordoñez, R. A. Echavarría-Solís, and V. M. Ovando-Medina, “Thermal Characterization of Microwave Assisted Foaming of Expandable Polystyrene,” *Ing. Investig. y Tecnol.*, vol. 17, no. 1, pp. 15–21, 2016, doi: 10.1016/j.riit.2016.01.002.
- [15] G. P. Barrera Castro, J. J. Olaya Florez, and L. M. Ocampo Carmona, “Production and characterization of the mechanical and thermal properties of expanded polystyrene with recycled material,” *Ing. y Univ.*, vol. 21, no. 2, 2017, doi: 10.11144/javeriana.iyu21-2.pcm.
- [16] H. Knutsen and H. P. H. Arp, “Preventing brominated flame retardants from occurring in recycled expanded polystyrene: comparing Norwegian visual sorting with advanced screening methods,” *J. Hazard. Mater. Lett.*, vol. 2, no. February, p. 100016, 2021, doi: 10.1016/j.hazl.2021.100016.
- [17] M. Abbasi, L. Faust, and M. Wilhelm, “Molecular origin of the foam structure in model linear and comb polystyrenes: I. Cell density,” *Polymer (Guildf).*, vol. 193, no. March, p. 122351, 2020, doi: 10.1016/j.polymer.2020.122351.
- [18] J. D. Culter and S. E. M. Selke, *Plastics packaging book*. 2016.
- [19] T. I. S. Roma *et al.*, “ScienceDirect ScienceDirect in a changing world Expanded polystyrene (EPS) in road construction : Expanded polystyrene (EPS) in road construction : Twenty years of Italian experiences Twenty years of Italian experiences,” *Transp. Res. Procedia*, vol. 45,

- no. 2019, pp. 410–417, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.033.
- [20] B. Rosca and V. Corobceanu, “Structural grade concrete containing expanded polystyrene beads with different particle distributions of normal weight aggregate,” *Mater. Today Proc.*, 2020, doi: 10.1016/j.matpr.2020.10.517.
- [21] R. Stewart, M. Niero, K. Murdock, and S. I. Olsen, “Exploring the implementation of a circular economy strategy : the case of a closed-loop supply of aluminum beverage cans,” *Procedia CIRP*, vol. 69, no. May, pp. 810–815, 2018, doi: 10.1016/j.procir.2017.11.006.
- [22] J. H. Bassil, G. Dreux, G. A. Eastaugh, J. H. ; Bassil, and G. ; Dreux, “Chemical Recycling of Polystyrene Using Pyrolysis,” p. 103, 2018, [Online]. Available: https://repository.upenn.edu/cbe_sdrhttps://repository.upenn.edu/cbe_sdr/103.
- [23] D. M. K. W. Dissanayake, C. Jayasinghe, and M. T. R. Jayasinghe, “A comparative embodied energy analysis of a house with recycled expanded polystyrene (EPS) based foam concrete wall panels,” *Energy Build.*, 2016, doi: 10.1016/j.enbuild.2016.11.044.
- [24] M. Vila-Cortavitarte, P. Lastra-González, M. Á. Calzada-Pérez, and I. Indacochea-Vega, “Analysis of the influence of using recycled polystyrene as a substitute for bitumen in the behaviour of asphalt concrete mixtures.,” *J. Clean. Prod.*, vol. 170, pp. 1279–1287, 2018, doi: 10.1016/j.jclepro.2017.09.232.
- [25] EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA (ES) 94/62/EB dėl pakuočių ir pakuočių atliekų. vol. 349, 1994.
- [26] EUROPOS PARLAMENTO IR TARYBOS DIREKTYVA (ES) 2018/852 kuria iš dalies keičiama Direktyva 94/62/EB dėl pakuočių ir pakuočių atliekų. “2018 6 14,” vol. 852, pp. 141–154, 2018.
- [27] Stockholm Convention on Persistent Organic Pollutants. UNEP/POPS/POPRC.8/16/Add.3. 2012.
- [28] D1–967 “Įsakymas dėl vastybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 m. plano įgyvendinimo“. 2014. TAR, 2014-12-08, Nr. 19099
- [29] 348 “Įsakymas dėl pakuočių ir pakuočių atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo”.2021. Id.kodas:102301MISAK00000348
- [30] European Council, “Directive (Eu) 2019/904 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on the reduction of the impact of certain plastic products on the environment,” *Www.Plasticseurope.De*, vol. 2019, no. March, pp. 1–19, 2019, [Online]. Available: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/1689-working-together-towards-more-sustainable-plastics%0Ahttps://www.plasticseurope.org/en/resources/publications%0Ahttps://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0904&from=EN>.
- [31] D1–637 “ Įsakymas dėl statybinių atliekų tvarkymo taisyklių patvirtinimo”. 2018. Id.kodas: 106301MISAK00D1-637.
- [32] “Introduction to EPS and XPS Two Exterior Insulation Used Xuezhen Zhao,” vol. 114, no. Ammee, pp. 72–74, 2017.
- [33] A. Turner, “Chemosphere Polystyrene foam as a source and sink of chemicals in the marine environment: An XRF study,” *Chemosphere*, vol. 263, p. 128087, 2021, doi: 10.1016/j.chemosphere.2020.128087.
- [34] M. A. E. Abdallah, M. Sharkey, H. Berresheim, and S. Harrad, “Hexabromocyclododecane in polystyrene packaging: A downside of recycling?,” *Chemosphere*, vol. 199, pp. 612–616, 2018, doi: 10.1016/j.chemosphere.2018.02.084.
- [35] E. Komisijos, “ Plastiko atliekos. Europos strategija, kuria siekiama apsaugoti planetą, apginti piliečius ir suteikti galimybių įmonėms” pp. 16–18, 2018.
- [36] P. Garbagna, “EUMEPS AMONG THE SIGNATORIES OF THE CIRCULAR PLASTIC ALLIANCE- a commitment to use 10 million tons of recycled plastic in new products by 2025,” 2018.
- [37] P. Release and C. H. Kogler, “New EUMEPS Board Mirrors the Full Life Cycle of EPS,” no. March, 2021.

- [38] R. B. Johnston, "Arsenic and the 2030 Agenda for sustainable development," *Arsen. Res. Glob. Sustain. - Proc. 6th Int. Congr. Arsen. Environ. AS 2016*, pp. 12–14, 2016, doi: 10.1201/b20466-7.
- [39] "JT darnaus vystymosi darbotvarkės iki 2030 m. įgyvendinimo Lietuvoje ataskaita," 2018, [Online]. Available: https://am.lrv.lt/uploads/am/documents/files/ES_ir_tarptautinis_bendradarbiavimas/Darnaus_vystymosi_tikslai/DV_ataskaita/ataskaita_LT.pdf.
- [40] Kliopova I., Staniškis J. K., Stasiškienė Ž., Švaresnė gamyba: sisteminis požiūris. *Monografija. Kaunas. Technologija*. 2002.
- [41] Staniškis J.K., Kriaučionienė M., Darni plėtra. *Mokomoji knyga*. 2012.
- [42] E. E. Agency, *EMEP/EAA Air pollutant emission inventory guidebook*. 2016.
- [43] E. A. Chernova, "Stationary combustion," *J. Appl. Mech. Tech. Phys.*, vol. 7, no. 6, pp. 69–70, 1966, doi: 10.1007/BF00914340.
- [44] I. Institutas and E. Stun, "Edgaras Stunžėnas Maisto atliekų srautai ir jų integruotas valdymas savivaldybės lygmenyje Baigiamasis magistro projektas," 2016.
- [45] Venslauskas K., Navickas K., *Biomosės būvio ciklo analizė*. 2012.
- [46] Cholodovas K., "KOKYBĖS IR APLINKOS APSAUGOS KNYGA," 2019.
- [47] D1–259 "Įsakymas dėl taršos leidimų išdavimo, pakeitimo ir galiojimo panaikinimo taisyklių patvirtinimo". 2014. TAR, 2014-03-12, Nr. 2982.
- [48] UAB "Baltijos polistirenas". "PARAIŠKA_BP_2021 Taršos leidimui pakeisti.pdf".
- [49] 125 "Įsakymas dėl teršiančių medžiagų išmetamų į atmosferą iš mašinų su vidaus degimo varikliais, vertinimo metodikos patvirtinimo". Suvestinė redakcija nuo 1999 -05-29, no. 66, 1999.