



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje

Baigiamasis magistro projektas

Julius Kasnauskas

Projekto autorius

Doc. Dr. Irina Kliopova

Vadovė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje

Baigiamasis magistro projektas

Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Julius Kasnauskas

Projekto autorius

Doc. Dr. Irina Kliopova

Vadovė

Prof. Dr. Žaneta Stasiškienė

Recenzentė

Kaunas, 2020



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Julius Kasnauskas

Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Juliaus Kasnausko, baigiamasis projektas tema „Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas

Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema

Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje

Reikalavimai ir sąlygos
(tikslinti pavadinimą
pagal poreikį)

Nors virš 75 proc. centralizuotai tiekiamos šiluminės energijos Lietuvoje yra gaminama iš atsinaujinančių energijos išteklių, šiluminės energijos gamybos įrenginiai turi nemažą išteklių taupymo potencialą, didinant energijos gamybos efektyvumą, mažinant tiekimo nuostolius, sprendžiant rezervinio kuro laikymo / deginimo klausimus.

Baigiamajame magistro projekte magistrantas turi atlikti Lietuvos šiluminės energijos gamybos ūkio sektoriaus analizę, įvertinti darnios pramonės plėtros metodų taikymo galimybes kurą deginantiems įrenginiams.

Naudojant Švaresnės gamybos (ŠG) diegimo pramonės įmonėse metodiką, tyrimui atrinktoje šiluminės energijos gamybos ir tiekimo AB Klaipėdos energija Klaipėdos miesto katilinėse magistrantas turi atlikti auditą, sudaryti medžiagų ir energijos bei kuro ir energijos balansus, nustatyti išteklių neefektyvaus naudojimo priežastis, pasiūlyti ir įvertinti alternatyvas, kurių įdiegimas leistų padidinti energijos gamybos efektyvumą, taip tausojant išteklius ir, tuo pačiu, mažinant poveikį aplinkai ir klimato kaitai.

Darbe turi būti atlikta detali 2-3 siūlomų inovacijų įvykdomumo analizė (techninis, aplinkosauginis ir ekonominis vertinimas) bei įvertintas įmonės aplinkosaugos veiksmingumas po atrinktos (-ų) inovacijos (-jų) įdiegimo.

Vadovė

Doc. Dr. Irina Kliopova

2020-06-09

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Julius Kasnauskas. Darni, išteklius tausojanti šiluminės energijos gamyba Lietuvoje. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Irina Kliopova; 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: švaresnė gamyba, šiluminės energijos gamyba, išteklių efektyvumas.

Kaunas, 2020. 73 p.

Santrauka

Lietuvoje didelė dalis centralizuotai tiekiamos šiluminės energijos pagaminama dideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose (DKDĮ). Šiluminės energijos gamyboje naudojama nemažai neatsinaujančių energijos išteklių, kurie daro neigiamą poveikį aplinkai dėl oro taršos ir išsiskiriančių šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD). Pavyzdžiui, daugumoje DKDĮ teritorijose laikomas rezervinis kuras – mazutas.

Magistro baigiamuoju projektu siekiama įvertinti galimybes diegti darnias inovacijas išteklių tausojimui šiluminės energijos gamybos sektoriuje.

Detalesnei analizei parinktos AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinės. Taikant švaresnės gamybos (ŠG) diegimo pramonės įmonėse metodiką, katilinėse atlikta medžiagų ir energijos srautų analizė, sudarytas medžiagų ir energijos balansas, taip pat kuro – energijos balansas. Nustatyta, kad gaminant šiluminę energiją, DKDĮ deginant rezervinį kurą – mazutą, efektyvumas siekia tik apie 84 proc., gamtinių dujų deginimo įrenginiuose gamybos efektyvumas siekia apie 90 proc. Įvertinta, kad šiluminės energijos nuostoliai katilinėse susidaro iki 12 221,3 MWh/m. Deginant mazutą ir gamtines dujas į aplinkos orą išsiskiria iki 23 132,1 t CO₂/m.

Baigiamajame magistro projekte analizuojama 3 ŠG inovacijų diegimo galimybės. Visų pirma, siūloma atsisakyti gamtinių dujų deginimo „Paupių katilinė“, prijungiant šiluminės energijos tiekimo tinklus prie „Klaipėdos rajoninė katilinė“ ir „Lypkių rajoninė katilinė“ šiluminės energijos tiekimo tinklų, kuriose šiluminės energijos gamybai naudojamas biokuras, o gamybos efektyvumas siekia net 104,5 proc. Šios inovacijos realizavimas 2019 m. leido sumažinti šiluminės energijos nuostolių – iki 613,56 MWh, gamtinių dujų sąnaudas – iki 467,2 tūkst. nm³/m., sumažėtų nebiogeninės kilmės CO₂ emisijų – apie 757 t/m.

Darbe analizuojama galimybė atsisakyti rezervinio kuro – mazuto naudojimo, vietoje jo deginant mažiau taršų kurą – gamtines dujas. Įvertinta, kad katilinei reikalingas kaupiti rezervinio kuro kiekis turi sudaryti 2,745 tūkst. tne. Jeigu teritorijoje saugojamas rezervinis kuras – mazutas, jo išlaikymui reikėtų sunaudoti virš 1,7 tūkst. MWh/m. šiluminės energijos (garo), kurio gamybai reikėtų sudeginti 214,7 tūkst. nm³ gamtinių dujų. Pakeitus rezervinį kurą į gamtines dujas būtų atsisakyta mazuto (iki 2 879,9 t/m.) ir gamtinių dujų (iki 214,7 tūkst. nm³/m.) deginimo, sumažėtų CO₂ emisijų – iki 542,5 t/m.

Įdiegus 3-ąją inovaciją, kurioje siūloma pastatyti papildomą biokuro sandėlį, tokiu būdu sumažinama biokuro drėgmė, tai leistų sumažinti 94 063,4 kWh/m. elektros energijos ir 5,4 t/m. dyzelinio kuro sąnaudas.

Siūlomų inovacijų įdiegimas leistų įmonei padidinti aplinkos apsaugos veiksmingumą (AAV): kuras transportui sumažėja nuo 0,31 iki 0,30 kg/MWh; ŠESD (CO₂ (nebiogeninės kilmės)) sumažėja nuo 81,49 iki 78,38 kg/MWh; oro tarša (CO, NO_x, SO₂, KD) sumažėja nuo 1,52 iki 1,50 kg/MWh.

Kasnauskas, Julius. Sustainable, Resource-efficient Thermal Energy Production in Lithuania. Master's Final Degree Project / supervisor Assoc. Prof. Dr. Irina Kliopova; 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: cleaner production, heat energy production, resource efficiency.

Kaunas, 2020. 73 pages.

Summary

In Lithuania, a large part of district heating is produced in large combustion plants (LCP). Thermal energy production uses a number of non-renewable energy sources, which have a negative impact on the environment due to air pollution and greenhouse gas (GHG) emissions. For example, most LCP accumulates reserve fuel – heavy fuel oil.

The master's final project aims to evaluate the possibilities of implementing sustainable innovations for resource conservation in the thermal energy production sector.

JSC “Klaipėdos energija” Klaipėda city boiler houses were selected for more detailed analysis. Applying the methodology of implementing cleaner production in industrial enterprises, the analysis of materials and energy flows, material and energy balance, as well as fuel-energy balance were compiled for boiler houses. It has been established that in the production of thermal energy, LCP burning reserve fuel - heavy fuel oil, the efficiency reaches only about 84 percent, the production efficiency of natural gas burning facilities reaches about 90 percent. It is estimated that thermal energy losses in boiler houses are up to 12 221.3 MWh per year. Burning heavy fuel oil and natural gas emits up to 23 132.1 tons CO₂ per year into the ambient air.

The final master's project analyzes the possibility of implementing 3 cleaner production (CP) innovations. First of all, it is proposed to stop using the combustion of natural gas in "Paupių katilinė" by connecting heat supply networks to "Klaipėdos rajoninė katilinė" and "Lypkių rajoninė katilinė" heat supply networks, where are used biomass for thermal energy production, and production efficiency reaches as much as 104.5 percent. Implementation of this innovation in 2019 allowed to reduce thermal energy losses - up to 613.56 MWh, natural gas consumption - up to 467.15 thousand. nm³ per year, non-biogenic CO₂ emissions decreased by about 757 tons per year.

Analyzed the possibility to abandon the use of reserve fuel - heavy fuel oil, and to change it to less polluting fuel - natural gas. Estimated that the amount of reserve fuel required for the boiler house to accumulate should be 2.745 thousand. tne. If the reserve fuel is stored in the territory – heavy fuel oil, over 1.7 thousand MWh per year thermal energy (steam) should be used for its maintenance, natural gas consumption 214.7 thousand nm³. Changing the reserve fuel to natural gas would lead to the abandonment of heavy fuel oil (up to 2 879.9 tons per year) and natural gas (up to 214.7 thousand nm³ per year) combustion and would reduce CO₂ emissions to 542.5 tons per year.

The third innovation, which proposes the construction of an additional biofuel warehouse, thus reduces the moisture content of biomass, which would reduce 94 063.4 kWh per year electricity and 5.4 tons per year diesel fuel consumption.

The implementation of the proposed innovations will allow the company to increase environmental efficiency (EF): fuel for transport is reduced from 0.31 to 0.30 kg / MWh; GHG (CO₂) decreases from 81.49 to 78.38 kg / MWh; air pollution (CO, NO_x, SO₂, KD) decreases from 1.52 to 1.50 kg / MWh.

Turinys

Lentelių sąrašas	10
Paveikslų sąrašas	11
Santrumpų sąrašas	12
Įvadas.....	13
1. Šiluminės energijos gamyba Lietuvoje: analizė ir perspektyvos	15
1.1. Šiluminės energijos gamybos pradžia Lietuvoje	15
1.2. Centralizuotai tiekiamos šiluminės energijos gamybos raida	15
1.3. Šiluminės energijos gamybos perspektyvos	19
1.4. Teisės aktų ir strategijų analizė	21
2. Darnios pramonės plėtros metodų taikymas energetikos pramonėje	24
2.1. Taršos prevencija ir atliekų mažinimas, diegiant GPGB ir švaresnės gamybos projektus.....	24
2.2. Poveikio aplinkai vertinimas, planuojant naujas ūkines veiklas	27
2.3. Pramoninės simbiozės galimybės šiluminės energijos gamyboje	27
2.4. Aplinkos vadybos sistemų diegimas šiluminę energiją gaminančiose įmonėse	29
3. Tyrimo metodika	31
4. Darnios pramonės plėtros metodų taikymas AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinėse.....	36
4.1. Klaipėdos miesto katilinės: esamos situacijos analizė	36
4.2. Išteklių efektyvumo didinimas Klaipėdos miesto katilinėse diegiant darnias inovacijas	42
4.2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas centralizuotam šiluminės energijos tiekimui Paupių mikrorajone	43
4.2.2. Rezervinio kuro keitimas iš mazuto į gamtines dujas Klaipėdos rajoninėje katilinėje	46
4.2.3. Energijos gamybos efektyvumo didinimas	53
5. Išteklių tausojimo galimybes šiluminės energijos gamybos sektoriuje Lietuvoje	60
6. Išvados	62
Šaltinių sąrašas	64
Priedai.....	68
1 Priedas. Išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių ribinės vertės (mg/Nm ³)	68
2 Priedas. Sunaudoto kuro kiekis šiluminei energijai gaminti šaltuoju metų periodu (tne) [49, 33]	70
3 Priedas. Numatoma lakiųjų organinių junginių (kodas 308) tarša į aplinkos orą iš mazuto ūkio įrenginių [51]	71
4 Priedas. Pirkto biokuro kiekis 2018 m. [49].....	72

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių ir komunalinių atliekų sudėtis 2018 m. (tne) [6]	19
2 lentelė. Išmetamų teršalų iš kūrų deginančių įrenginių ribinės vertės [23,24].....	22
3 lentelė. Pramoninės simbiozės pavyzdžiai šiluminės energijos gamyboje [35]	28
4 lentelė. Teršalų emisijų faktoriai pagal naudojamą kūrą [46].....	34
5 lentelė. Kuro struktūra ir pagamintas šiluminės energijos kiekis nuosavuose šaltiniuose 2019 m. [51]	37
6 lentelė. AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinių šiluminės energijos gamybos medžiagų ir energijos balansas 2019 m. [51]	38
7 lentelė. Gamtinių dujų keitimas į biokūrą šiluminės energijos gamybai ir tiekimui Paupiams: aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas	45
8 lentelė. Mazutą deginančio katilo taršos palyginimas su leistinomis ribinėmis vertėmis (2019 m. duomenys)	47
9 lentelė. Mazuto pakeitimo gamtinėmis dujomis: aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas	52
10 lentelė. Biokuro apatinė šilumingumo vertės (kuro peleningumas – 1 proc.) [28].....	55
11 lentelė. Biokuro uždaras sandėliavimas: aplinkosauginio efekto ir sutapomų lėšų įvertinimo rezultatas.....	57
12 lentelė. Siūlomų alternatyvų įdiegimo AB „Klaipėdos energija“ aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas	60

Paveikslų sąrašas

1 pav. Nepriklausomų šilumos gamintojų ir centralizuotos šilumos tiekimo įmonių katilinių ir kogeneracinių elektrinių skaičius 2018 m. [6]	16
2 pav. Elektros energijos gamybos kogeneracinėse elektrinėse palyginimas su bendra šalies gamyba ir suvartojimu 2014–2018 m. [6].....	17
3 pav. Šiluminės energijos gamyba, tiekimas ir nuostoliai 1998–2018 m. [6].....	17
4 pav. Vidutinė oro temperatūra Lietuvoje 1981–2010, 2018 ir 2019 m. [6].....	18
5 pav. Bendras šalies šiluminės energijos vartotojų skaičiaus kitimas 2001–2018 m. [6]	18
6 pav. Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo įmonių naudojamo kuro struktūra 1997–2018 m. [6]	19
7 pav. Centralizuoto šilumos tiekimo įmonių išmetamų teršalų struktūra 2018 m. [6].....	20
8 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas [27]	24
9 pav. Šiluminės energijos šaltiniai Klaipėdos mieste [50]	37
10 pav. Šiluminės energijos gamyba, deginant mazutą: pagrindinių technologinių procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama	47
11 pav. Šiluminės energijos gamyba, deginant biokurą: pagrindinių technologinių procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama	54

Santrumpų sąrašas

- AAV – aplinkos apsaugos veiksmingumas;
- AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;
- CO – anglies monoksidas;
- CO₂ – anglies dioksidas;
- CŠT – centralizuotas šilumos tiekimas;
- DKDĮ – dideli kurą deginantys įrenginiai;
- ES – Europos sąjunga;
- GPGB – geriausiai prieinami gamybos būdai;
- KD – kietosios dalelės;
- KDĮ – kurą deginantys įrenginiai;
- LR – Lietuvos Respublika;
- LŠTA – Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija;
- NO_x – azoto oksidai;
- NŠG – nepriklausomi šilumos gamintojai;
- ORC – organinis Renkino ciklas;
- SO₂ – sieros dioksidas;
- ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;
- ŠG – švaresnė gamyba;
- VKDĮ – vidutiniai kurą deginantys įrenginiai;
- V₂O₅ – vanadžio pentoksidas.

Įvadas

Šiluminės energijos gamyba – svarbi pramonės šaka, pagal tiekimo pobūdį yra vietinė arba centralizuota. Didžioji dalis pagamintos šiluminės energijos tiekama centralizuotai. 2018 metais šiluminės energijos gamyba siekė 12,75 tūkst. GWh, įskaitant katilinėse – 5,56 tūkst. GWh (43,6 proc.) [1]. Didžioji dalis, apie 78,7 %, katilinėse buvo gauta deginant AEI išteklius. Šiluminės energijos gamybai pagrindiniai naudojami atsinaujinantys energijos išteklių (AEI) – mediena ir jos atliekos (99 %), toliau seka šiaudai, biudujos, grūdinės atliekos. Neatsinaujinantiems energijos ištekliams sparčiai senkant, brangstant bei didėjant žmonių sąmoningumui dėl klimato kaitos, vis stipriau domimasi AEI, todėl 2018 m. tik 21,3 % šiluminės energijos buvo gauta deginant neatsinaujinančius energijos išteklius, iš kurių gamtinės dujos sudarė (93 %), mazutas (3 %) ir kitas neįvardintas kuras (4 %) [1].

Siekiant užtikrinti darnią plėtrą reikalinga atsižvelgti į 4 darnaus vystymosi aspektus: ekologinį, ekonominį, socialinį ir kultūrinį [2]. Minėtais aspektais skiriamas dėmesys plėtrai, tausoiant ar efektyviai naudojant gamtinius išteklius, bei skatinant spręsti jau esamas ir būsimas aplinkos apsaugos problemas.

Vertinant tai, kad aplinkosauginiai reikalavimai griežtėja ir tik griežtės ateityje, galime stebėti AEI pranašumus. Siekiant mažinti priklausomybę nuo neatsinaujinančių energijos išteklių reikalinga didinti AEI vartojimą, kadangi jis mažina neigiamą šiluminės energijos gamybos poveikį aplinkai. Kaip numatyta Rio deklaracijoje dėl aplinkos ir plėtros pirmame principo, žmogus turi teisę į visapusiškai sveiką ir produktyvų gyvenimą suderintą su aplinka [4]. Pagrindinė aplinkos apsaugos problema šiluminės energijos gamyboje – klimato kaita, kurią lemia aplinkos tarša ir neefektyvus šiluminės energijos naudojimas.

Šiuo darbu siekiama išanalizuoti šiluminės energijos gamybos sektoriaus plėtros tendencijas Lietuvoje ir įvertinti galimybes didinti išteklių naudojimo efektyvumą, taikant darnios pramonės plėtros metodus. Vidutinis visų katilinių KDI naudingumo koeficientas – 87,2 proc. [1], energijos gamybos potencialas yra dar didelis.

Detalesnei analizei parinktas objektas – AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinės.

Darbo uždaviniai:

1. Atlikti Lietuvos šiluminės energijos gamybos statistinių duomenų analizę;
2. Išanalizuoti mokslinę ir praktinę literatūrą, dėl darnios pramonės plėtros metodų taikymo šiluminės energijos gamybos objektams, ypatingą dėmesį skiriant didelėms kurą degintiems įrenginiams;
3. Analizei parinktam objektui pasiūlyti darnios pramonės plėtros metodus didinti išteklių naudojimo efektyvumą; atlikti siūlomų alternatyvų įvykdomumo analizę;
4. Remiantis analizės rezultatais, įvertinti išteklių tausoavimo galimybes sektoriaus lygyje; pateikti išvadas ir rekomendacijas.

Darbo praktinė nauda įmonei AB „Klaipėdos energija“:

Moksliniame darbe pasiūlytos darnios inovacijos įmonės lygmenyje ir atlikta jų įvykdomumo analizė, nustatant aplinkos apsaugos veiksmingumą. Taip pat pasiūlytos rekomendacijos išteklių tausojimui.

Dalis baigiamojo magistro projekto rezultatų pristatyta konferencijoje:

Kasnauskas, J. Švaresnės gamybos galimybes AB „Klaipėdos energija“ katilinėse. 14-oji Prof. Vlado Gronsko tarptautinė mokslinė konferencija / 14th Prof. Vladas Gronskas international scientific conference. 2019-12-05 Vilniaus universitetas Kauno fakultetas.

1. Šiluminės energijos gamyba Lietuvoje: analizė ir perspektyvos

Šiame skyriuje skiriamas dėmesys apžvelgti šiluminės energijos gamybos pradžią Lietuvoje ir tolimesnę raidą bei galimą tolimesnę plėtrą. Taip pat skiriamas dėmesys apžvelgti šiluminės energijos gamybą reglamentuojančius teisės aktus ir kryptį numatančias strategijas.

1.1. Šiluminės energijos gamybos pradžia Lietuvoje

Siekiant suprasti ir įvertinti šių dienų šiluminės energijos gamybos iššūkius su kuriais susiduriama, tikslinga būtų apžvelgti šiluminės energijos gamybos pradžią.

Vietinis šiluminės energijos tiekimas gyvavo jau nuo seno, žmonės vienaip ar kitaip šildydavosi savo namus, pirmasis stambus vietinio šiluminės energijos tiekimo panaudojimas Lietuvoje buvo 1939 m. tuometinėse Kauno klinikose, kai iš vietinės šiluminės katilinės vamzdynais buvo tiekiama šiluminė energija Kauno klinikų pastatams.

Lietuvos energetinio ūkio kūrimosi laikotarpis įvardijamas 1945–1990 m. [3]. 1947 m. iš tuometinės Petrašiūnų šiluminės elektrinės buvo pradėtas garo tiekimas popieriaus gamyklai. Kitais metais, iš tos pačios Petrašiūnų šiluminės elektrinės, pradėtas šiluminės energijos tiekimas gyvenamųjų namų šildymui. 1947 m. yra įvardijami kaip centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) pradžia Lietuvoje [3]. XX a. šeštame dešimtmetyje didžiuosiuose miestuose prasidėjo spartus CŠT vystymasis, statomos naujos katilinės ir elektrinės, plečiami šiluminės energijos tiekimo tinklai. Pirmiausia CŠT buvo siekta išnaudoti miestuose, kur didžiausia žmonių koncentracija. Mažesniuose miestuose taip pat plėtojosi CŠT, simbolinė pradžia buvo 1958 m. Kuršėnuose, kai dviem katilais buvo gamina ir tiekiama šiluminė energija dviejų pastatų gyventojams.

CŠT gamybos apimtys šeštame – septintame dešimtyje didėjo dešimtimis kartų, tokia ilgus metus trukusi plėtra iki 1990 m. leido pasiekti, kad centralizuotai aprūpinama šiluma bendram gyventojų skaičiui daugiausia buvo Elektrėnuose (100 %), Alytuje (89,6 %), Klaipėdoje (88,6 %) ir Vilniuje (88,5 %) [3], svarbu paminėti, kad norint to pasiekti reikėjo nemažai investuoti į visą infrastruktūrą.

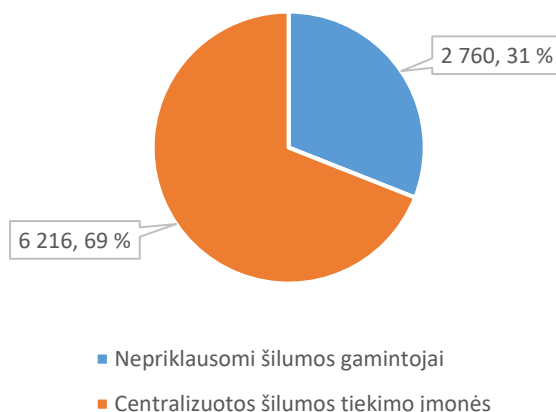
LR iš planinės ekonomikos parėmė stipriai išvystytą CŠT sektorių, kas išsivysčiusiose šalyse buvo laikoma dideliu pasiekimu [59] ir jau 1990 m. buvo pasiektas toks lygis, kad esminiai dalykai nepasikeitė iki šių dienų.

1.2. Centralizuotai tiekiamos šiluminės energijos gamybos raida

Nors 1990 m. energetikos sektoriuje buvo pasiekta daug, tačiau 1990–1997 m. CŠT sektorių valdant AB „Lietuvos energija“ šilumos ūkis išgyveno sunkius laikus, smarkiai smuko bendra sektoriaus būklė, buvo prarandami vartotojai, griaunamos vietinės katilinės, nevystoma CŠT plėtros strategija [5]. Situacija pasikeitė po 1997 m., kai CŠT sektorius buvo perduotas savivaldybėms. Toliau sekė pertvarka: buvo atnaujinamos nusidėvėjusios katilinės, didinimas šiluminės energijos tiekimo efektyvumas, ieškoma naujų vartotojų, pradedamas AEI išteklių integravimas į šiluminės energijos gamybą, taip pat buvo ir laikas kai dalis savivaldybių CŠT įmones perdavė valdyti privatiems operatoriams [5].

Per trisdešimtmetį buvo pasiekta tiek, kad 2018 m. Lietuvoje jau veikė 49 licencijuotos CŠT įmonės, neskaitant CŠT įmonių veikė ir nepriklausomi šilumos gamintojai (NŠG), iš kurių 27 valstybės reguliuojami ir 17 nereguliuojami [6].

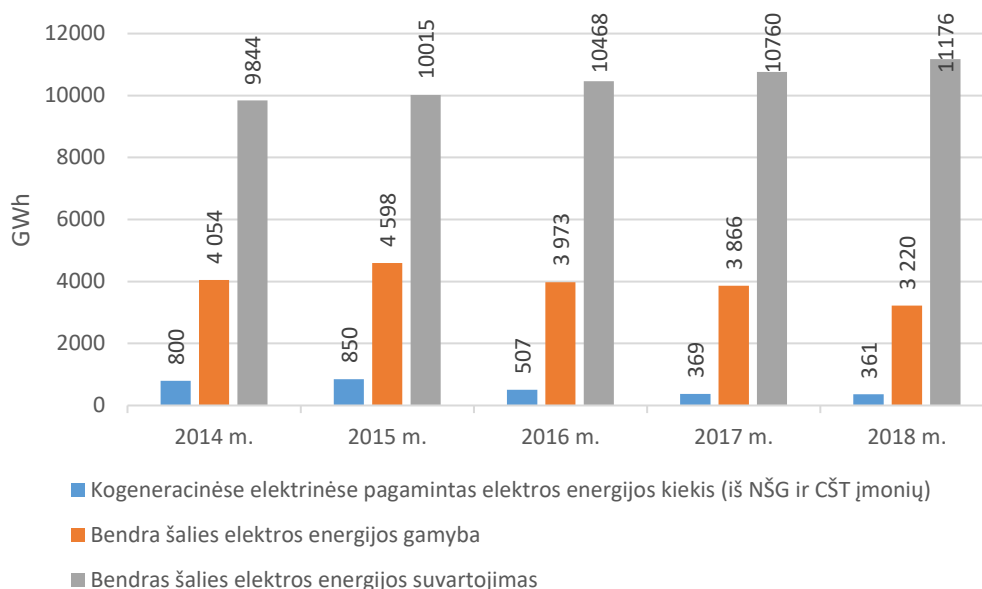
Vertinant šiluminės energijos generavimo šaltinių skaičių 2018 m. NŠG katilinės sudarė 1 870, o CŠT įmonių 3 452 katilinės, tuo tarpu kogeneracinių elektrinių NŠG turėjo 890, o CŠT įmonės 2764 (žiūrėti 1 paveikslą) [6]. Nors pagal katilinių ir elektrinių skaičių NŠG Lietuvoje sudaro tik trečdalį visos rinkos, tačiau tokiuose miestuose kaip Elektrėnai yra pagrindinis šiluminės energijos tiekėjas (97 % nuo tiekto šiluminės energijos kiekio į tinklus), taip pat Klaipėdoje (62 % nuo tiekto šiluminės energijos kiekio į tinklus) ir Kaune (61 % nuo tiekto šiluminės energijos kiekio į tinklus) [6]. Tokią didelę NŠG plėtrą sudarė tai, kad skirtingai nei CŠT įmonės NŠG tiekia gamybos metu susidariusią perteklinę šiluminę energiją, todėl ją vartotojams gali tiekti už gerokai mažesnę kainą.



1 pav. Nepriklausomų šilumos gamintojų ir centralizuotos šilumos tiekimo įmonių katilinių ir kogeneracinių elektrinių skaičius 2018 m. [6]

Analizuojant šiluminės energijos gamybą, pastebėta, kad nors ir kogeneracinės elektrinės sudaro 41 % (NŠG – 10 %, CŠT įmonės – 31 %) nuo bendro katilinių ir elektrinių skaičiaus, tačiau patiekto šiluminės energijos kiekis sudarė 48 % (NŠG – 10 %, CŠT įmonės – 38 %) nuo viso patiekto kiekio į šiluminės energijos perdavimo tinklą [6]. Stebimas didesnis, tačiau ne ženklus, kogeneracinių elektrinių naudojimas, be kita ko kogeneracinės elektrinės pagal savo paskirtį gamina ir elektros energiją, tai ir sukuria ženklesnį pranašumą.

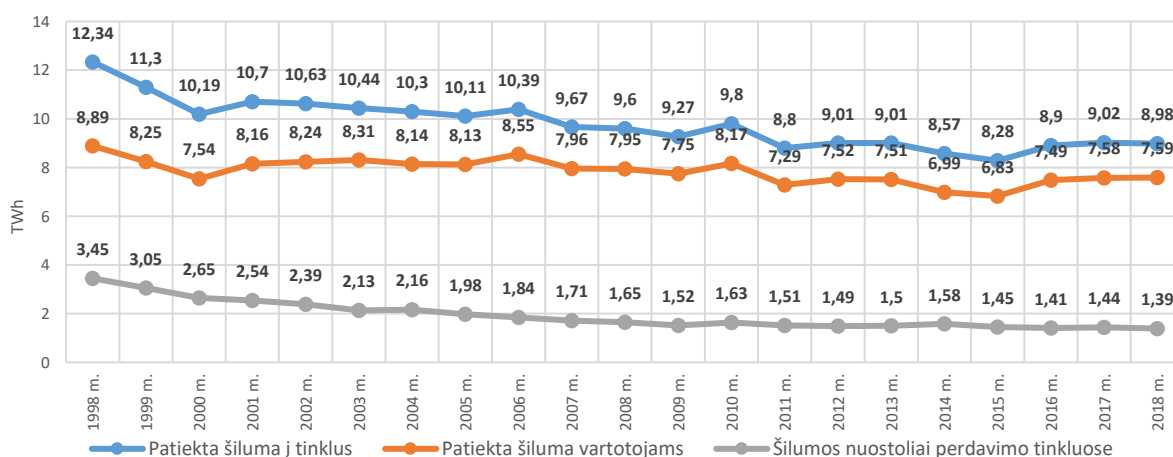
Elektros energijos gamyba NŠG ir CŠT kogeneracinėse elektrinėse per ketverius metus sumažėjo daugiau kaip du kartus, nors elektros energijos suvartojimas didėjo ir prognozuojama, kad tik didės (žiūrėti 2 paveikslą), pasak Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos, mažėjusiai gamybai turėjo įtakos: „priimtas Vyriausybės nutarimas panaikinti elektros energijos supirkimo kvotas ir nebenustatyti remtinos elektros energijos, pagamintos iškastinį kurą naudojančiose kogeneracinėse elektrinėse“ [6]. Dėl minimų priežasčių ne viena kogeneracinė elektrinė pristabdė savo gamybą, tačiau žvelgiant į ateitį prie elektros energijos tuo pačiu ir šiluminės energijos gamybos turėtų prisidėti Kauno ir Vilniaus kogeneracinės jėgainės, kurių suminė elektros energijos gamyba galia – 116 MW, o suminė šiluminės energijos gamybos galia – 299 MW [7, 8].



2 pav. Elektros energijos gamybos kogeneracinėse elektrinėse palyginimas su bendra šalies gamyba ir suvartojimu 2014–2018 m. [6]

Skatinant kogeneracijos plėtrą, yra numatyta nemažai strategijų ES lygmeniu. Pavyzdžiui **ES šildymo ir vėsinimo strategijoje** akcentuojama, kad kogeneracinės elektrinės gamindamos kartu šiluminę ir elektros energiją turi didelį CO₂ mažinimo pranašumą prieš elektrines ir katilines, kurios atskirai gamina šiluminę ar elektros energiją [9]. Kogeneracinių elektrinių plėtra prisideda prie miestų dekarbonizacijos, kadangi kuras yra naudojamas efektyviau.

Iki 1990 m. buvo stebimas šiluminės energijos gamybos didėjimas, o jau po 1990 m. stebimas gamybos mažėjimas, detali informacija apie šiluminės energijos gamybą 1998–2018 m. pateikiama 3 paveiksle. Mažėjančiai šiluminės energijos gamybai turėjo įtakos mažėjantys nuostoliai šiluminės energijos perdavimo tinkluose (žiūrėti 3 paveikslą), taip nutiko taip pat dėl sparčiai atnaujinamų šiluminės energijos tiekimo tinklų. Pradėti naudoti kokybiškiau izoliuojami vamzdžiai, dėl to juose patiriamai nuostoliai sumažėja iki 7–12 % [59].

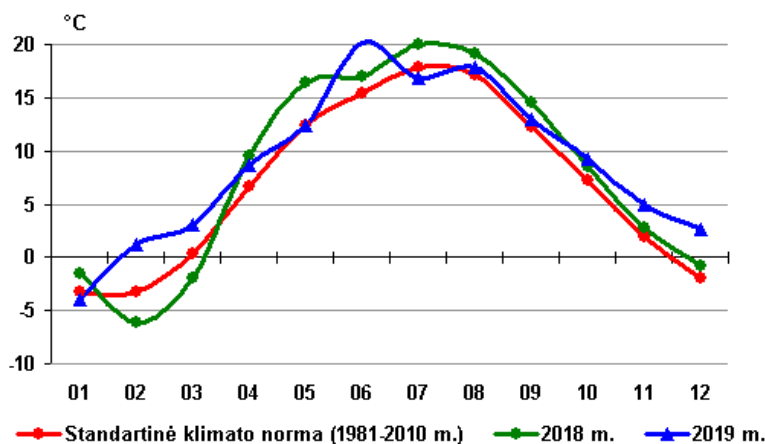


3 pav. Šiluminės energijos gamyba, tiekimas ir nuostoliai 1998–2018 m. [6]

Verta paminėti, kad sumažėjusiai šiluminės energijos gamybai turėjo įtakos vartotojų pastatų konstrukcijų ir įrenginių modernizacijos, leidžiančios šiluminę energiją naudoti efektyviau. Susidurta

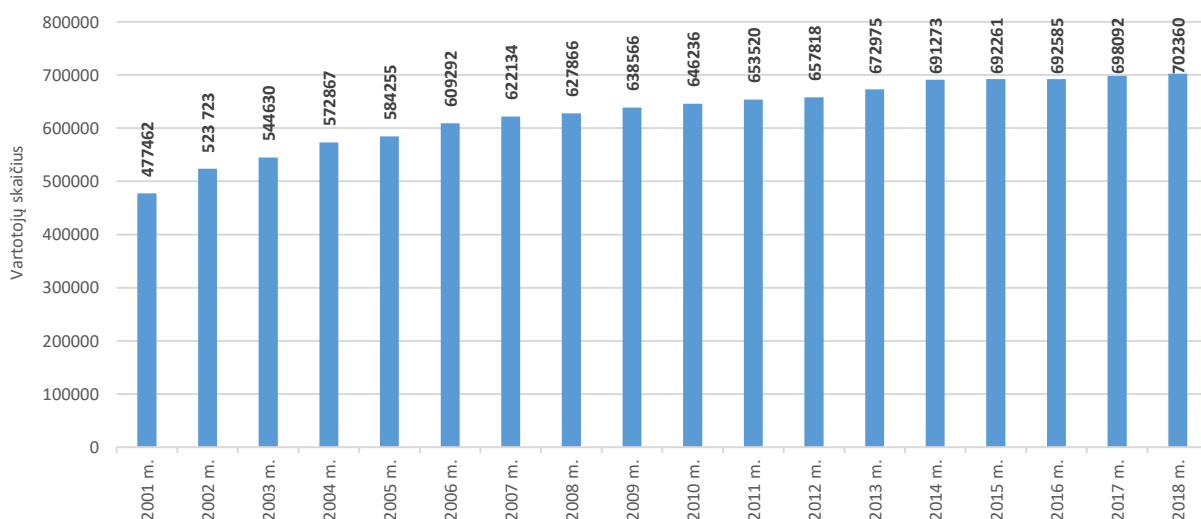
su tokiomis problemomis, kad CŠT įmonių šiluminės energijos tiekimo vamzdynai, dėl vartotojų atsijungimo ar esamų modernizacijų, tapo per didelio pralaidumo, tai galėjo prisidėti prie padidėjusių šiluminės energijos nuostolius perdavimo tinkle [10], tai tik parodo šiluminės energijos tiekimo modernizacijos reikalingumą ir naudą.

Mažėjantiems šiluminės energijos nuostoliams perdavimo tinkle turėjo įtakos ir vidutinė oro temperatūra, pavyzdžiui 2018 ir 2019 m. oro temperatūra didžiaja mėnesių dalimi viršija vidutinę oro temperatūrą 1981–2010 m. (žiūrėti 4 paveikslą).



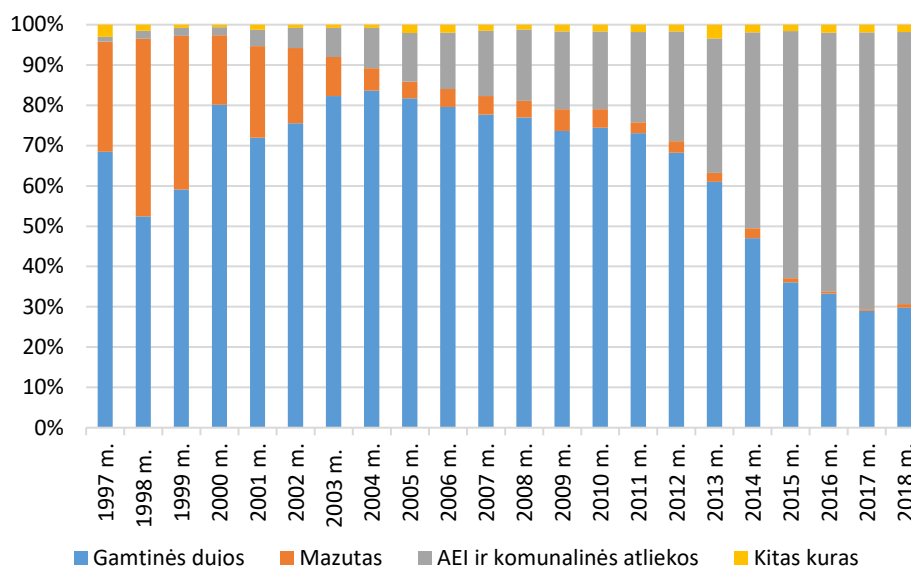
4 pav. Vidutinė oro temperatūra Lietuvoje 1981–2010, 2018 ir 2019 m. [6]

Šiluminės energijos gamybos apimtys tiek 2011 m., tiek 2018 m. buvo panašios (žiūrėti 3 paveikslą), tačiau dėl CŠT pranašumų stebimas bendras šiluminės energijos vartotojų augimas (žiūrėti 5 paveikslą). Kasmetinis vartotojų augimas siekia iki 3 %. Didėjantis vartotojų skaičius taip pat leidžia prisidėti prie šiluminės energijos nuostolių mažėjimo, kadangi kyla šiluminės energijos panaudojimo efektyvumas.



5 pav. Bendras šalies šiluminės energijos vartotojų skaičiaus kitimas 2001–2018 m. [6]

Rinktis CŠT skatina mažėjančios šiluminės energijos kainos. Kainų mažėjimui įtakos turėjo nuo 2010 m. pradėtas spartus AEI naudojimas (žiūrėti 6 paveikslą), kuris išstūmė brangias gamtines dujas. 2001 m. prasidėjo AEI plėtra, panaudojimas 2001 m. siekė 4,0 %, o 2018 m. jau padidėjo iki 67,5 % ir prognozuojama, kad 2020 m. pasieks 80,0 % [6].



6 pav. Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo įmonių naudojamo kuro struktūra 1997–2018 m. [6]

Analizuojant 6 paveikslą, pastebėta, kad nuo 1998 m. yra mazuto naudojimo mažėjimas, o nuo 2004 m. taip pat ir gamtinių dujų, tačiau 2018 m. buvo stebimas menkas gamtinių dujų 0,8 % padidėjimas. Tam įtakos turėjo padidėjusios biokuro kainos ir nustojusi veikti AB „Geoterma“, kuri buvo pagrindinis NŠG Klaipėdos mieste. Metiniai šiluminės energijos kiekiai gauti iš geoterminės energijos siekdavo apie 12 tūkst. MWh [6].

Analizuojant AEI sudėtį (žiūrėti 1 lentelę) pastebėta, kad dominuoja mediena ir jos atliekos, minimaliai panaudojama šiaudų, biodujų, komunalinių atliekų ir grūdinių atliekų.

1 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių ir komunalinių atliekų sudėtis 2018 m. (tne) [6]

Mediena ir jos atliekos	Šiaudai	Biodujos	Komunalinės atliekos	Grūdinių atliekos
523 221	1 788	2 181	18 579	967

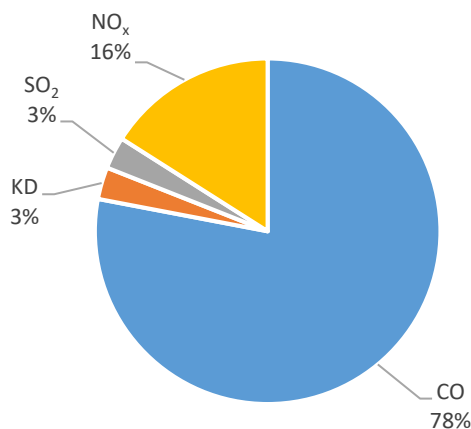
Dėl didėjančio biokuro panaudojimo šiluminės energijos gamyboje, taip pat stebimas susidarantis didelis kiekis medienos deginimų atliekų-pelenų. Pagal statistinius duomenis apie 36 % pelenų buvo pašalinta sąvartyne, taip neišnaudojant galimo potencialo, nes pelenuose gausu naudingų mikroelementų, o likusi pelenų dalis buvo panaudota žemės ūkyje, miškų tręšime, kelių tiesime, betono gamyboje ar civilinėje inžinerijoje [11].

1.3. Šiluminės energijos gamybos perspektyvos

Svarbu paminėti, kad CŠT sektorius prisideda prie aplinkos apsaugos ir energetikos politikos tikslų vystymo [5]. Šilumine energija yra aprūpinamas nemažas kiekis vartotojų, kurie ją naudoja patalpų šildymui, karšto vandens ruošimui ir technologiniams poreikiams. Dėl didėjančio žmonių skaičiaus, prognozuojama, kad šiluminės energijos poreikiai tik augs, reikalinga padengti visą susidarantį poreikį, taip pat svarbu, kad su išaugusiu poreikiu nepadidėtų daroma žala aplinkai, tam tikslui svarbu integruoti naujas technologijas į šiluminės energijos sektorių, ieškoti naujų galimybių. LR vyriausybė yra patvirtinusi **Nacionalinį oro taršos mažinimo planą**, pagrindiniu tikslu įvardijama: „apriboti nacionaliniu mastu iš antropogeninių taršos šaltinių išmetamą į aplinkos orą SO₂, NO_x, NH₃, KD_{2.5} ir NMLOJ kieki“, akcentuojama, kad didelis dėmesys bus skiriamas šiluminės energijos gamybai namų

ūkiuose, siekiama efektyvaus oro taršos mažinimo, tam tikslui LR Vyriausybė 2021–2029 m. laikotarpiu yra numačiusi 20 mln. Eur. paramą skatinti namų ūkiams prisijungti prie CŠT sistemų [12]. CŠT sistemos pasirinktos dėl mažiau taršaus kuro naudojimo ir organizuotų procesų, taip bus prisidedama prie švaresnio miestų oro kokybės.

CŠT įmonių veikla yra labai stipriai reguliuojama, laikomasi visų aplinkos apsaugą reglamentuojančių teisės aktų reikalavimų. Pagal deklaruotus CŠT įmonių metinius rodiklius (žiūrėti 7 paveikslą) pastebėta, kad didžiausia tarša susidaro iš anglies monoksido (CO). Verta paminėti, kad išmetami anglies monoksido kiekiai yra sąlyginai maži, lyginant su gamybos apimtimis.



7 pav. Centralizuoto šilumos tiekimo įmonių išmetamų teršalų struktūra 2018 m. [6]

Siekiant sekti ir kontroliuoti vykstančius gamybos procesus CŠT įmonės nuolat tobulina gamybos procesus vadovaudamiesi geriausiai prieinamais gamybos būdais [13] ir kitais aplinkos apsaugą reglamentuojančiais teisės aktais.

Pramonėje prarandami dideli kiekiai žemo potencialo šiluminės energijos, ieškoma galimybių kaip panaudoti susidariusią atliekinę šiluminę energiją [14]. Yra įvairių galimybių kaip išnaudoti žemo potencialo šiluminę energiją, tačiau Burlakovas ir kiti [14] siūlo naudoti organinio Renkino ciklo (ORC) technologiją, kuri išnaudoja žemo potencialo šiluminę energiją ir gamina elektros energiją. ORC technologijos pranašumas prieš kitas technologijas yra pačios technologijos paprastumas ir platus pritaikymas pramonėje, o skirtumas su tradiciniu Renkino ciklu, tai, kad ORC technologijos darbo agentas yra ne vanduo, bet organinė medžiaga, kuri pagal savo savybes greičiau pasiekia virimo temperatūrą, taip lengviau galima išgarinti darbo agentą ir panaudoti žemo potencialo šiluminę energiją [14].

Pastatai, kurie šilumine energija apsirūpina individualiai, naudojantys šilumos siurblius gali sudaryti simbiozę su CŠT sistemomis. Veikimo principas pagrįstas tuo, kad CŠT tinklų grįžtamas termofikacinis vanduo panaudojamas šilumos siurbliuose kaip darbo agentas šiluminės energijos gamybai [15]. Galima naudoti įžvelgiama tokia, kad CŠT tinklų grįžtamas termofikacinis vanduo bus pirminės energijos šaltinis šilumos siurbliams, dėl to padidės CŠT įmonių KDI efektyvumas, kadangi grįžtamo termofikacinio vandens temperatūra bus jau nebe 40 °C, o 10 °C, taip pat pas vartotojus stebimas ir šilumos siurblių naudingumo koeficiento padidėjimas 5–8 kartus [15]. Minima simbiozė prisideda prie decentralizuotų ir centralizuotų sistemų sąveikos.

Šiluminės energijos poreikis dienos eigoje nuolat kinta, dėl kintančių režimų stebima didesnė apkrova KDI ir šiluminės energijos tiekimo tinklams, negu dirbant pastoviu režimu. Siekiant išlyginti kintantį šiluminės energijos poreikį gali būti panaudojamos akumuliacinės talpos, kuriose šiluminė energija bus kaupiama, kai jos susidarys perteklius (dažniausiai nakties metu), ir naudojama, kai jos bus stygius (dažniausiai dienos metu). Pasak Rutz ir kitų [16], akumuliacinės talpos gali būti panaudojamos trumpalaikiam ir ilgalaikiam šiluminės energijos saugojimui, vėsimumui bei srautų valdymui, kai šiluminė energija gaunama iš skirtingų šiluminės energijos generavimo šaltinių.

Gamybos ar paslaugų sektoriuose (nuotekų sektoriuje, ligoninėse, požeminėse sistemose ar informacinių technologijų duomenų centruose) yra perteklinės šiluminės energijos, kurios potencialas nėra išnaudotas. Svarbu išanalizuoti ir surasti būdus panaudoti turimą šiluminės energijos potencialą. Inovatyvūs sprendimai prisideda prie taršos mažinimo, 2000 m. pagaminti 1 GWh šiluminės energijos buvo išmetama 290 t CO₂, o jau 2018 m. minėtas CO₂ kiekis sumažėjo daugiau nei 3 kartus ir siekė 90 t CO₂ [6]. Tai yra akivaizdus pavyzdys, kad pažangių metodų taikymas prisideda prie taršos mažinimo.

1.4. Teisės aktų ir strategijų analizė

Marcinausko ir kitų teigimu: „1990–1997 m. – energetikos ūkio (įskaitant ir šilumos ūkį) valdymo sistemos reorganizacijos periodas“, o „1997–2011 m. – energetikos ūkio (įskaitant ir šilumos ūkį) modernizavimo periodas“ [3]. Minimų laikotarpių teisinė bazė buvo tvirtas pagrindas naujų teisės aktų atsiradimui, kurie vystomi jau po 2011 m.

Vienas svarbiausių dokumentų nusakantis kryptį šilumos energetikai LR tai yra **Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija**, kuri apibrėžia pagrindinę LR poziciją ir jos veikimo kryptį iki 2030 m. bei orientyrą iki 2050 m. ko norima pasiekti energetikos srityje [17]. Pozicija ir kryptis grindžiama energetiniu saugumu, ekonomiškumu, valdymo ir aplinkos apsaugos tobulinimo aspektais, pagrindinis tikslas – užtikrinti šalies vartotojų energetikos poreikius, panaikinti priklausomybę nuo išteklių importo, mažinti klimato kaitą ir skatinti energetikos sektoriaus pažangą [17]. Didelis dėmesys **Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje** skiriamas mažinti klimato kaitą, 51.3. punkte keliami tikslai: „iki 2050 metų iš atsinaujinančių ir vietinių energijos išteklių pagaminta centralizuotai tiekiamą šilumą sudarytų iki 100 proc. visos centralizuotai tiekiamos šilumos ir ne mažiau kaip 90 proc. miestuose esančių pastatų būtų aprūpinama šiluma iš centralizuoto šilumos tiekimo sistemų.“ [17].

Žvelgiant į 6 paveikslą, kuriame pateikiama CŠT įmonių naudojamo kurą struktūra 1997–2018 m. laikotarpiu, pastebėta, kad nuo 2001 m. yra nuoseklus AEI didėjimas bendroje kuro struktūroje ir 2015 m. tapo dominuojančiu kuru. Per paskutinį dešimtmetį buvo pastebėtas ženklus AEI šuolis, todėl realu, kad iki 2050 m. bus pasiektas 100 % panaudojimas šiluminės energijos gamyboje.

Siekiant įgyventi **Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje** numatytus tikslus, Lietuvos Respublikos Vyriausybė yra patvirtinusi **Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos įgyvendinimo priemonių planą**, kuriame numatyta, urbanizuotose teritorijose CŠT teikti pirmumą, skatinti šilumos siurblių, šilumos saugyklų ir saulės energijos panaudojimą [17, 18]. 2018 m. CŠT buvo aprūpinama apie 53 proc. (miestuose – apie 70–80 proc.) visų pastatų [6].

Svarbu įvertinti Europos komisijos komunikatą **Energetikos veiksmų planas iki 2050 m.**, kuriame Europos Komisija nagrinėja uždavinius su kuriais gali susidurti ES siekiant: „sumažinti anglies

dioksido išmetimą ir kartu užtikrinti energijos tiekimo saugumą bei konkurencingumą“ [19], minėtas dokumentas iš esmės atitinka **Konkurencingos, darnios ir saugios energetikos strategiją**, kuriai iki 2020 m. buvo keliamos tos pačios strateginės nuostatos [20]. ES užsibrėžė tikslą iki 2050 m. sumažinti 80–90 % šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) išmetimus, lyginant su 1990 m. [20]. Siekiant energetikos pertvarkos **Energetikos veiksmų plane iki 2050 m.** numatyta formuoti decentralizuotų ir centralizuotų sistemų sąveiką, pertvarkyti šildymo ir vėsinimo sistemas, kurios energijai gauti naudos AEI, tame skaičiuje ir CŠT sistemas [19].

Pagal **statybos techninį reglamentą STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas**, kuriame įsigaliojo normatyvai, kad nuo 2018 m. sausio 1 d. pradėjus pastatų statybas privalu pasiekti ne žemesnę nei A+ energetinio naudingumo klasę, o nuo 2021 m. sausio 1d. privalu pasiekti ne žemesnę nei A++ energetinio naudingumo klasę [21]. Atsižvelgus į keliamus reikalavimus minimoms energetinio naudingumo klasėms verta paminėti, kad pastatams atsirūpinimas šilumine energija iš CŠT yra priimtinas ir nereikalauja papildomų investicijų į AEI įrenginių statybas, kadangi pasiekiami A++ klasė [21].

Visiems KDĮ taikomos ribinės vertės išmetamų teršalų į aplinkos orą. KDĮ, kurių instaliuota nominali katilo galia yra iki 50 MW, ribinės taršos vertės nustatomos remiantis Aplinkos ministro įsakymu Nr. D1-244 „Dėl Išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių normos LAND 43-2013 patvirtinimo“ [22], tačiau pagal 2017 m. išleistą aplinkos ministro įsakymą Nr. D1-788 „Dėl išmetamų teršalų iš vidutinių kurų deginančių įrenginių patvirtinimo“ [23], reikalavimai buvo sugriežtinti KDĮ iki 50 MW. Pagal minėtą įsakymą esamiems VKDĮ, kai katilų galia yra 1–5 MW, pakeitimai įsigalioja nu 2030 m. sausio 1 d., esamiems VKDĮ, kai katilų galia yra 5–50 MW, pakeitimai įsigalioja nuo 2025 m. sausio 1d., o naujiems VKDĮ, kurių galia yra 1–50 MW, pakeitimai jau įsigaliojo 2018 m. gruodžio 20 d. DKDĮ, kai katilų galia yra didesnė nei 50 MW, ribinės taršos vertės nustatomos remiantis aplinkos ministro įsakymu Nr. 486 „Dėl išmetamų teršalų iš didelių kurų deginančių įrenginių normos patvirtinimo“ [24]. 2 lentelėje pateikiamos ribinės taršos vertės KDĮ, kurių galia 20 MW ar daugiau, atsižvelgiant į naudojamą kurą. Visiems KDĮ leistinos ribinės taršos vertės pateikiamos 1 priede.

2 lentelė. Išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių ribinės vertės [23,24]

Kuro rūšis	Instaliuota nominali katilo galia, MW	Išmetamų teršalų ribinės vertės, mg/Nm ³							
		SO ₂		NO _x		CO		KD	
		Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys
Dujinis kuras	20≥MW<50	35 ¹	35 ⁶	250 ⁸	200 ⁹	-	-	-	-
Skystasis kuras		350 ²	350	650	300	-	-	30	20
Kietasis kuras		200 ³	200 ³	650	300	-	-	30	20
Dujinis kuras	50≥MW≤300	35 ^{4,5}	35 ⁴	350	350	300	300	20/ 5 ⁵	5

Kuro rūšis	Instaliuota nominali katilo galia, MW	Išmetamų teršalų ribinės vertės, mg/Nm ³							
		SO ₂		NO _x		CO		KD	
		Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys	Esamas įrenginys	Naujas įrenginys
Skystasis kuras	50≥MW≤300	2700/ 1700 ⁵	1700	450	450	400	400	100/ 50 ⁵	50
Kietasis kuras		2000	2000 ⁷	650	650	1000 ¹⁰ / 700 ^{11,5}	700 ¹¹	400 ¹² / 100 ⁵	100

Pastabos:

¹ biudujoms taikoma ribinė vertė – 170 mg/Nm³;

² iki 2030 m. sausio 1 d. – 850 mg/Nm³ mazutą deginančių VKDĮ;

³ vertė netaikoma vien tik kietąją medieną deginantiems VKDĮ, deginant vien tik kietąją medieną taikoma ribinė vertė – 400 mg/Nm³;

⁴ suskystintoms dujoms taikoma ribinė vertė – 170 mg/Nm³;

⁵ esamiems įrenginiams – nuo 2008 m. sausio 1 d.;

⁶ gamtinėms dujoms negalioja ribinė vertė, biudujoms taikoma ribinė vertė – 100 mg/Nm³;

⁷ taikoma tik kai instaliuota katilo nominali galia 50–100 MW;

⁸ gamtinėms dujoms taikoma ribinė vertė – 200 mg/Nm³;

⁹ gamtinėms dujoms taikoma ribinė vertė – 100 mg/Nm³;

¹⁰ esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100–300 MW taikoma ribinė vertė – 800 mg/Nm³;

¹¹ esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100–300 MW taikoma ribinė vertė – 500 mg/Nm³;

¹² esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100–300 MW taikoma ribinė vertė – 300 mg/Nm³.

Ribinės taršos vertėms esamiems ir naujiems VKDĮ ženkliai mažinamos, mažiausios galimos vertės nustatytos dujinį ir skystą KDĮ. Iš esmės kietasis kuras – skatinamas, jam suteikiamos didesnės ribinės taršos vertės, kadangi manoma, kad naudojant kietąjį biokurą CO₂ poveikis klimato kaitai yra neutralus procesas [25, 26]. Nevertinant to, kad kietojo biokuro degimas – neutralus CO₂ požiūriu, susiduriama su kita problematika, nes be CO₂ į aplinką patenka kitų žalingų degimo produktų (NO_x, KD, SO₂ ir kt.), norint valdyti taršą reikalinga naudoti filtravimo įrenginius, kurie užtikrins atitiktį aplinkosauginiams reikalavimams, nes priešingu atveju tarša viršys leistinas ribines vertes [25].

Remiantis aptartais teisės aktais ir strategijomis, galima teigti, kad CŠT stipriai prisideda prie ŠESD mažinimo, nustatytos žemesnės ribinės taršos vertės VKDĮ ir DKDĮ, kuriuos paprastai naudoja CŠT įmonės. CŠT įmonių naudojami KDĮ paprastai yra didelių galių, viršijantys vietiniu būdu apsirūpinančius šilumine energija, kurių galios praktiškai nesiekia 1 MW.

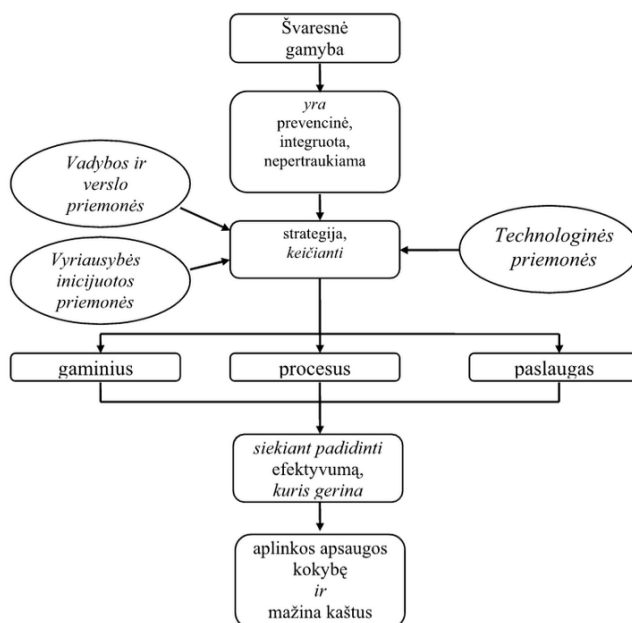
2. Darnios pramonės plėtros metodų taikymas energetikos pramonėje

Šiame skyriuje analizuojamos aplinkosauginės inovacijos šiluminės energijos gamybai taikant geriausiai prieinamus gamybos būdus (GPGB) ir švaresnės gamybos (ŠG) projektus taršos prevencijai ir atliekų mažinimui, taip pat analizuojamas pramoninės ekologijos metodas, pramoninė simbiozė.

Apžvelgiamas ir aplinkos vadybos sistemos, kurios sukuria tęstinį aplinkos apsaugos būklės gerėjimą.

2.1. Taršos prevencija ir atliekų mažinimas, diegiant GPGB ir švaresnės gamybos projektus

Aplinkos apsaugos problemos buvo sprendžiamos įvairiais būdais, pradedant ignoravimu apie susidariusią taršą, neribojamu atliekų šalinimu sąvartynuose ir tęsiant daliniu susidariusių atliekų perdurbimu ar stengiantis kurti prevencines programas, kurios imtųsi kontrolės. Visais minėtais būdais nebuvo išlaikomas balansas tarp visuomenės gerovės, pramonės vystymosi ir aplinkos būklės saugojimo. Praėjo nemažai laiko, kol imtasi rimtų veiksmų siekiant spręsti susidariusias ir būsimas problemas dėl atliekų ir taršos susidarymo. ŠG yra pirmasis prevencinis metodas, kuris skatina apie atliekas ir taršą galvoti prieš joms dar susidarant, metodas paremtas susidariusių atliekų mažinimu ar taršos prevencija jos susiformavimo vietoje. Šį metodą įmonėse paranku taikyti kai yra naudojami dideli kiekiai išteklių ar susidaro ženklus poveikis aplinkai dėl gamybinių procesų. ŠG galima apibrėžti kaip nuolatinę kontrolę, kuria siekiama valdant pramonės sistemą, ją atnaujinti ar pakeisti, atsižvelgiant į naudą į visuomenei ir aplinkai.



8 pav. Švaresnės gamybos apibrėžimas [27]

ŠG yra visapusiška, kadangi apima ne tik procesus ir gaminius bet ir paslaugas (žiūrėti 8 paveikslą), kuri gali sumažinti tų paslaugų daromą poveikį aplinkai viso būvio ciklo metu, taip padidinamas efektyvumas, kuris gerina aplinkos apsaugos kokybę ir mažina kaštus.

Pagrindinius ŠG principus galima apibrėžti [27]:

- prevencijos principas, kuriuo analizuojama susidariusios atliekos ir tarša, stengiantis rasti priežastį dėl jų susidarymo vartojimo ir gamybos procesuose;
- atsargumo principas, kuriuo pagrindinis tikslas yra sumažinti žmogaus daromą poveikį aplinkai, taip pat prisidedama prie kontrolės dėl įstatymų laikymosi, vertinama ir įmonės darbo saugos užtikrinimas;
- integracijos principas, kuriuo siekiama atlikti būvio ciklo analizę, aptinkant didžiausią neigiamą poveikį sukuriančias sritis; siekiant pažaboti daromą neigiamą poveikį aplinkai, žvelgiama plačiu mastu, ne tik siaurai įmonės viduje.

Vadovaujantis prevencijos, atsargumo ir integracijos principu ŠG taikomi prevenciniai būdai siekiant sumažinti aplinkos taršą [27]:

- žaliavų keitimas, parenkamos žaliavos, kurios daro mažesnę neigiamą poveikį arba išvis jo nedaro;
- gerasis ūkininkavimas, taikomos organizacinės ir vadybinės priemonės, skatinant laikytis darbo tvarkos ir instrukcijų;
- įrangos keitimas, parenkama didesnio našumo įranga arba modifikuojama esama;
- tobulinamas valdymas, koreguojamos darbo ir įrangos valdymo instrukcijos;
- technologijos keitimas, taikomos naujos gamybos technologijos, siekiant gauti tą patį produktą, bet jau kitu būdu;
- produkto keitimas, tam tikrų produkto savybių pakeitimas;
- energijos vartojimo efektyvinimas, numatomi būdai, kaip galima efektyviau naudoti energiją ar atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimas;
- susidariusių atliekų antrinis panaudojimas arba perdirbimas, nustatomi būdai, kaip įmanoma susidariusias atliekas galima pakartotinai panaudoti.

Išvardinti prevenciniai būdai – ilgalaikiai sprendimai, kurie prisideda prie nuolatinės aplinkos būklės gerėjimo, taip pat visų išvardintų būdų taikymas prisideda prie įmonės kaštų mažėjimo (žaliavoms ir kitiems ištekliams, teršalų deponavimui ar išvalymui), našumo didinimo (įmonė gali pagaminti didesnę kiekį produkcijos, teisingai paskirstydama turimus išteklius) ir konkurencinio pranašumo (įmonės produkcija gali būti palankiau vertinama prieš kito gamintojo) [27]. Vertinant visą naudą, kurią gaunama taikant ŠG metodą, tai aplinkos apsaugos būklės gerinimas įmonėje yra finansiškai naudingas.

Siekiant identifikuoti aplinkos apsaugos problemas svarbu sudaryti ir išanalizuoti įmonės medžiagų ir energijos srautus, kuriame surenkame informaciją apie naudojamus kiekius medžiagų ir energijos, taip pat nustatoma gamybos proceso metu prarandami energijos kiekiai ir susidaranti tarša. Identifikavus visas medžiagas ir energijos srautus galima įvertinti, koks poveikis daromas aplinkai norint pagaminti vieną produkcijos vienetą [28].

Šiluminės energijos gamybos sektoriuje plačiausiai taikomi ŠG taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodai [28]:

1. Įvedinių pakeitimas, pavyzdžiui, šiluminės energijos gamybai numatant panaudoti mažiau taršų kurą;
2. Procesų optimizavimas. Nekeičiant technologinių procesų padidinti jų efektyvumą, pavyzdžiui diegiant kondensacinio arba sauso tipo ekonomaizerį, siekiant regeneruoti su dūmais išmetamą šiluminę energiją, taip padidinant KDĮ naudingumo koeficientą;
3. Technologijos keitimas arba jos modernizavimas, pavyzdžiui gamtinių dujų katiluose įdiegiant mažų NO_x koncentracijų degiklius ar numatant kuro degimo laipsniavimą.

DKDĮ dažnai remiamasi ES GPGB informaciniame dokumente nurodytomis technologijos ir metodais [29]. Aukščiau pateikiami ŠG metodai GPGB informaciniame dokumente nurodyti kaip pirminiai ar prevenciniai metodai, galintys sumažinti arba eliminuoti susidarančią taršą arba atliekas. Taip pat minėtame informaciniame dokumente pateikiama nemažai kitų priemonių, kurių panaudojimas leidžia mažinti taršą.

Dūmų valymui nuo kietųjų dalelių (KD) analizuojami šlapi skruberiai bei rankoviniai arba elektrostatiniai filtrai. Cikloniniai ar mechaniniai filtrai nebuvo analizuojami, kadangi jų naudingumo koeficientas nėra didelis. Dažniausiai didelės galios katilinėse naudojami elektrostatiniai filtrai, kurių KD (< 10 μm) sugaudymo koeficientas yra daugiau nei 99,5 % [30]. Tuo tarpu mažiau populiarūs – rankoviniai filtrai, kurių yra apie 10 % nuo visų naudojamų įrenginių dūmų valymui nuo KD, o sugaudymo koeficientas yra daugiau nei 99,95 % (mažesnių nei 10 μm) [29].

Labai mažai populiarūs yra šlapi skruberiai, kurių yra iki 1 % nuo visų naudojamų įrenginių dūmų valymui nuo KD, sugaudymo koeficientas yra daugiau nei 98,5 % (mažesnių nei 1 μm) [29]. Elektrostatinio filtro pranašumai, lyginant su kitais valymo įrenginiais – nedideli eksploataciniai kaštai bei maži slėgio kritimai filtre.

Dūmų valymui nuo sieros oksidų (SO_x) analizuojami regeneraciniai ir neregeneraciniai metodai. Dažniausiai naudojamas metodas – neregeneracinis, iš visų naudojamų įrenginių 80 % sudaro šlapi skruberiai, kurių SO_x sugaudymo koeficientas yra 90–95 % [29]. Pagrindiniai naudojami reagentai šlapiame skruberyje – 72 % sudaro klintys, 16 % sudaro kalkės ir 12 % sudaro kiti reagentai [29]. Kitas mažiau populiarus neregeneracinis metodas – pusiau sausas skruberis, kurio SO_x sugaudymo koeficientas yra 80–92 % [29]. Pusiau sausas skruberis pasižymi tuo, kad yra geresnis sieros trioksido surinkimas ir susidaro mažesnės elektros energijos sąnaudos nei šlapiame skruberyje.

ES GPGB informaciniame dokumente azoto oksidų (NO_x) susidarymo prevencijai pateikiamos pirminės priemonės, kurias sudaro degimo modifikacijos [29]. Pagrindinės naudojamos degimo modifikacijos: mažas oro perteklius, oro laipsniavimas (dalies degiklių atjungimas, viršliepsninis oras, oro pertekliaus iškreipimas degikliuose), dūmų recirkuliacija, kuro laipsniavimas, oro pašildymo sumažinimas ir anksčiau minėti mažų NO_x koncentracijų degikliai (su oro arba kuro laipsniavimu, su dūmų recirkuliacija) [28, 29].

Didesnis NO_x išvalymo efektyvumas pasiekiamas (50–60 %), parenkant oro arba kuro laipsniavimą, tačiau susiduriama su kita problema, kad gali išaugti susidarantis CO kiekis [28, 29]. Norint pasiekti geresnį dūmų išvalymą nuo NO_x, galima dūmų recirkuliacijos metodą naudoti kartu su oro laipsniavimu, tačiau padidėja elektros energijos sąnaudos.

Siekiant valyti dūmuose esančius NO_x, naudojamos antrinės priemonės, kurios pasitelkiamos jau susidariusiai NO_x taršai. Antrinės priemonės gali būti naudojamos nepriklausomai nuo to ar yra įdiegtos, ar ne pirminės priemonės. Siekiant sumažinti NO_x kiekį į dūmus yra įpurškiamas karbamidas, amoniakas ar kitas komponentas, kuris, reaguodamas su NO_x redukuoja iki molekulinio azoto [29]. Plačiausiai naudojamos antrinės priemonės: selektyvinė katalitinė redukcija (SCR) arba selektyvinė nekatalitinė redukcija (SNCR) [29]. SCR metodu pasiekiamas 95 % naudingumo koeficientas, o tuo tarpu SNCR pasiekama tik 30–50 % [29].

2.2. Poveikio aplinkai vertinimas, planuojant naujas ūkines veiklas

Planuojant kiekvieną ūkinę veiklą, reikalinga numatyti daromą poveikį aplinkai, veiklos, kurioms reikalinga atlikti poveikį aplinkai vertinimą (PAV) nurodomos **Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymo** [31] pirmame priede. 3.1 punkte nurodoma, kad kai šiluminę energiją gaminančio įrenginio vardinė (nominali) šiluminė galia didesnė nei 150 MW yra reikalinga atlikti PAV.

Atliekant planuojamos ūkinės veiklos (PŪV) PAV, siekiama nustatyti netiesioginį ir tiesioginį poveikį aplinkai, taip pat ir sukiamą biologinių, fizikinių bei cheminių veiksnių poveikį žmonių sveikatai [31]. PAV taip nustatomos priemonės, kurių reikia imtis siekiant išvengti neigiamo poveikio aplinkai ir žmonių sveikatai. Įvertinama, ar PŪV galima numatomoje teritorijoje, kadangi **Lietuvos Respublikos specialiuju žemės naudojimo sąlygų įstatyme** [32] nurodomi sanitarinės apsaugos zonos. Šiluminę energiją gaminantiems įrenginiams, kurių vardinė (nominali) šiluminė galia didesnė nei 50 MW, yra nustatomas 100 m sanitarinės apsaugos zonos dydis. PŪV turi neprieštarauti aplinkos apsaugos, nekilnojamojo kultūros paveldo apsaugos, visuomenės sveikatos ir gaisrinės su civilinės saugos teisės aktų reikalavimais [31].

Kai šiluminę energiją gaminančių įrenginių vardinė (nominali) šiluminė galia didesnė nei 5 MW arba mažesnė nei 150 MW, taikoma tik atranka dėl poveikio aplinkai vertinimui. Atranka siekiama įvertinti, ar yra reikalinga atlikti PŪV PAV, taip pat numatomos priemonės išvengti neigiamo poveikio aplinkai.

2.3. Pramoninės simbiozės galimybės šiluminės energijos gamyboje

Perėjus nuo linijinės ekonomikos, kurioje buvo naudojamosi „imk – gamink – išmesk“ modelių, prie uždaro ciklo paremta žiedinė ekonomika, kuria siekiama kuo ilgiau išlaikyti medžiagų, išteklių ir produktų vertę, būtų galima mažinti susidarančių atliekų kiekį [33], nes ES per metus susidaro maždaug 2,5 mlrd. t. atliekų [34]. Efektyvus būdas prisidėti prie žiedinės ekonomikos tikslų įgyvendinimo bei susidarančių atliekų mažinimo – pramoninė simbiozė. Principas pagrįstas tuo, kad skirtingos įmonės tarpusavyje bendradarbiauja, apsikeisdamos šalutiniais produktais, kurios vienai įmonei yra visiškai nereikalingos atliekos, o kitai įmonei tai gali būti jos veiklos žaliava.

Ekonominiu požiūriu pramoninė simbiozė sukuria naudą, kadangi šalutinių produktų perdavimas vienai iš įmonių sukuria galimybę sumažinti produkto savikainą bei padidinti pajamas, dėl gautų žaliavų, kurios net gali būti gautos nemokamai ar už simbolinę sumą. O įmonė, atsikračiusi atliekų, taip pat pajaučia ekonominę naudą, kadangi susidariusių atliekų nereikia vežti į atliekų sąvartyną bei mokėti pinigų už jų sutvarkymą.

Pramoninei simbiozei reikia mažiausiai dviejų įmonių, didžiausia nauda jaučiama kai bendradarbiauja skirtingomis veiklomis užsiimančios įmonės. Šiluminės energijos gamyboje taip pat galima rasti pavyzdžių, kai įmonės bendradarbiauja pramoninės simbiozės pavyzdžiu, keletas pavyzdžių pateikta 3 lentelėje.

3 lentelė. Pramoninės simbiozės pavyzdžiai šiluminės energijos gamyboje [35]

Miestas	Įmonė	Įmonės pagrindinė veikla	Tiektos šiluminės energijos kiekis į CŠT, MWh
Pasvalys	UAB „Kurana“	Biodegalų gamyba	8,139
Kėdainiai	AB „Lifosa“	Trąšų gamyba	103,941
Klaipėda	AB „Klaipėdos baldai“	Baldų gamyba	14,961
	UAB „Home group“	Baldų gamyba	2,313
	AB „Klaipėdos mediena“	Medienos gaminiai	25,139
Vilnius	AB „Grigeo“	Popieriaus gamyba	2,418
Visaginas	UAB „Visagino linija“	Baldų gamyba	26,255

Įmonės, kuriuose susidarė perteklinė šiluma ir ją tiekia šilumos tiekėjui arba vartotojui, pagal **Lietuvos Respublikos šilumos ūkio įstatymą**, veikia kaip nepriklausomi šilumos gamintojai (NŠG) [36], tačiau paminėtos įmonės skirias tuo, kad šiluminės energijos gamyba nėra pagrindinė jų veikla.

Taip pat svarbu atkreipti dėmesį į PŪV, kadangi kuriant naujų teritorijų detaliuosius planus būtų naudinga juos vystyti ekologinio-pramoninio parko principu, pritaikius pramoninės simbiozės būdą, kuris leistų paskatinti darnų pramonės vystymąsi bei vystyti regionus, kuriant ir išlaikant darbo vietas [37].

Pramoninė simbiozė prisideda, kad PŪV teritorijoje neatsirastų stacionarūs taršos šaltiniai, kadangi skatinama tarpusavio sinergija tarp įmonių. Svarbūs iššūkiai, kuriuos imtasi spręsti – išteklių poreikvojimas, tarša ir susidariusių atliekų tvarkymas.

Pramoninė simbiozė – svarbus šiluminės energijos gamybos pramonės įrankis, kadangi prisideda prie neigiamo poveikio aplinkai mažinimo. Sukuriama galimybę pramonės įmonėms perduoti perteklinę šiluminę energiją CŠT įmonėms ar pačioms CŠT įmonėms deginant kietąjį biokurą susidariusias medienos degimo atliekas-pelenus perduoti žemės ūkio ar energetinių miškų plantacijų trešimui, kelių tiesimui ar betonui gaminti.

Taip pat pelenus galima kompostuoti kartu su dumbliu ar maisto atliekomis taip didinamas susidarančio komposto vertingumą pagal tokius kokybės kriterijus kaip kalis (K) ir fosforo (P) koncentracija (proc.) sausoje medžiagoje, bet ir mažinti kvapų susidarymą [38, 39]. Pagal **Lietuvos Respublikos rinkai pateikiamų ir tiekiamų trešiamųjų produktų įtraukimo į identifikavimo sąrašą ir išbraukimo iš šio sąrašo tvarkos aprašo ir Lietuvos Respublikos rinkai pateikiamų ir tiekiamų trešiamųjų produktų identifikavimo sąrašą** pelenai, atitinkantys nustatytus reikalavimus, yra priskiriami prie trešimo produktų [40].

2.4. Aplinkos vadybos sistemų diegimas šiluminę energiją gaminančiose įmonėse

Siekiant tausoti aplinką yra taikomi privalomieji reikalavimai, tačiau taip pat yra ir savanoriškos priemonės ir viena iš tokių dažniausiai taikomų darnios plėtros priemonių – aplinkos vadybos sistemos (AVS), kurios standartizuojamos pagal ISO 14001 (angl. international organization for standardization 14001) ir reglamentuojama pagal EMAS (angl. the EU eco-management and audit scheme) [41]. AVS – įmonės bendros vadybos dalis ir pasak Staniškio ir kitų [28]: „Tai veikianti organizacinė struktūra, planavimas, atsakomybė, įgūdžiai, procedūros, procesai ir ištekliai, skirti aplinkos vadybos sistemai diegti ir palaikyti“. Svarbu paminėti, kad AVS gali būti taikoma įmonėse, nepriklausant nuo jos dydžio bei veiklos pobūdžio.

ISO 14001 taikomas pasauliniu mastu, o EMAS tik Europos Sąjungoje. Taikant ISO 14001 svarbu užtikrinti pagrindinius kriterijus: taršos prevenciją, nuolatinį gerinimą, laikymąsi teisinių reikalavimų, kurie susiję su aplinkos apsauga [42].

EMAS reglamentas ir ISO 14001 standartas iš esmės yra panašūs, kadangi turi panašias nuostatas į aplinkos apsaugos sistemos kūrimą, aplinkos apsaugos politiką, panašūs ir AVS audito reikalavimai [41]. O pagrindinis skirtumas tarp ISO 14001 standarto ir EMAS reglamento yra toks, kad EMAS reglamente privaloma pateikti aplinkos apsaugos deklaraciją, kurią patvirtino įmonės vadovybė [41]. Aplinkos apsaugos deklaracijoje pažymima įmonės aplinkos apsaugos būklė, kuri įvertina reikšmingas aplinkos apsaugos problemas, susidariusią taršą ir atliekas, naudojamų medžiagų ir energijos kiekius bei kitus reikšmingus duomenis [41].

Į 2001 m. atnaujintą EMAS reglamentą jau buvo integruotas 1996 m. išleistas ISO 14001 standartas, kad būtų sklandesnis perėjimas prie naujojo reglamento.

AVS skirta valdyti reikšmingus aplinkos apsaugos aspektus, tam tikslui, kad būtų laikomasi visų privalomųjų reikalavimų [43]. AVS sukuria galimybes ŠG metodų diegimo tęstinumui įmonėje, kadangi AVS yra sisteminis požiūris, kuris prevencinėmis priemonėmis sprendžia aplinkos apsaugos problemas, siekiama užtikrinti pastovų aplinkos būklės gerinimą. Kiekviena AVS, siekianti būti efektyvi, turi užtikrinti, kad būtų apimta visa įmonės veikla, negali būti įtraukiami tik atskiri padaliniai ar darbuotojų grupė, svarbu, kad diegiama sistema bei tikslai būtų aiškiai ir suprantamai aprašyti, taip pat sistema turi būti atvira aplinkos apsaugos būklės analizei, kuri užtikrintų galimybę nuolatos ją tobulinti [28].

Nors kiekvienos įmonės veikla ir yra skirtinga, kaip ir požiūris į aplinkos apsaugą, tačiau naudojama AVS siekia tų pačių darnaus vystymosi prielaidų [44]. Darnaus vystymosi prielaidos sutelkia dėmesį ties mažiau taršia gamyba, taupant naudojamus išteklius, vystant mažaatliekinę technologiją [44]. Diegiama AVS sukuria naudą įmonei, kadangi [28]:

- identifikuojami ir kontroliuojami aplinkos apsaugos aspektai, kurie daro reikšmingą poveikį aplinkai;
- numatomi ilgalaikiai, vidutiniai ir trumpalaikiai tikslai, kurie kelia aplinkos apsaugos veiksmingumą, išlaikant balansą tarp išlaidų ir pajamų;
- vykdoma aplinkos apsaugai numatyta politika, keliami tikslai ir uždaviniai bei atitiktis teisiniams reikalavimams;

- įtraukiamas visas įmonės kolektyvas, darbuotojams nustatomos specialios užduotys, skiriamas tam reikalingus resursus, taip užtikrinamas visuotinis darbuotojų įsitraukimas.

Norint pasiekti aukščiau išvardintą naudą, reikalinga AVS valdyti su kitomis vadybomis sistemomis. Atskira AVS kaip ir kitos vadybos sistemos nėra efektyvios. Taip pat svarbu diegiant AVS ar bet kokią kitą vadybos sistemą – vadovybės pritarimas, kadangi vadybos sistemos diegimo metu turi būti užtikrinama finansiniais ir personalo ištekliais.

Kiekviena diegiama AVS turi panašumų ir didžiausias panašumas yra, kad kiekviena įmonė diegdama AVS turi susikurti aplinkos apsaugos veiksmų planą, kuriame aprašytų aplinkos apsaugai numatytus tikslus, uždavinius, veiklos kryptis, detalizuojama darbuotojų įsitraukimas bei skiriamų finansinių ir personalo išteklių skaičius [28]. Taip pat svarbų vaidmenį AVS atlieka aplinkos apsaugos politika, kuri apibrėžia, dėl įmonės veiklos poveikio, aplinkos būklės gerėjimui numatytus tikslus. Aplinkos apsaugos politika yra tvirtinama pagrindinio įmonės vadovo ir turi būti visi darbuotojai supažindinami su ja [28].

3. Tyrimo metodika

Darbo objektas: šiluminės energijos gamybos procesai.

Tyrimo etapai sutampa su darbo uždaviniais:

1. Atliekama statistinių duomenų analizė apimanti šiluminės energijos gamybą Lietuvoje;
2. Atliekama literatūros analizė, apimanti darnius pramonės plėtros metodus;
3. Analizuojamam objektui vertinamos esamos aplinkosaugos problemos, parenkami darnios pramonės plėtros metodai, kurių taikymas didintų išteklių naudojimo efektyvumą; atliekama įvykdomumo analizė parinktomis alternatyvoms;
4. Įvertinus gautus rezultatus, analizuojamo objekto lygmenyje, pateikiamos rekomendacijos šiluminę energiją gaminančioms įmonėms Lietuvoje.

Detalesnei analizei parinktas objektas: šiluminę energiją gaminanti AB „Klaipėdos energija“. Analizuojamos katilinės esančios Klaipėdos mieste, Gargždų miesto katilinės neanalizuojamos.

Identifikuoti aplinkos apsaugos problemas, jų susidarymo priežastis naudojantis prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose metodika, kurios svarbiausi etapai [28]:

- pradinis aplinkos apsaugos įvertinimas, identifikuojamos aplinkos apsaugos problemos (šiam etape sudaromas medžiagų ir energijos balansas);
- pagrindinių aplinkos įvertinimas, nustatant problemų atsiradimo priežastis ir pasiūlant prevencines alternatyvas (šiam etape atliekama procesų analizė, parenkamos alternatyvos, kurios atitiktų taršos prevencijos ar atliekų mažinimą metodus arba parenkamos pirminės priemonės nurodytos ES GPGB informaciniame dokumente);
- aplinkos apsaugos inovacijų planavimas ir jų įgyvendinimo analizė (šiam etape naudojama ŠG įvykdomumo analinė: alternatyvos techninis, aplinkosauginis ir ekonominis įvertinimas);
- inovacijų diegimas;
- įdiegtų inovacijų aplinkosauginio efektyvumo įvertinimas (naudojant santykinius aplinkos apsaugos indikatorius atliekama lyginamoji analizė prieš ir po inovacijos įdiegimą).

Šiluminės energijos gamybos aplinkos apsaugos problemų vertinimas atliekamas vadovaujantis:

- mokslinė ir praktinė literatūra,
- bendradarbiaujant su KTU Aplinkos inžinerijos instituto (APINI) ir AB „Klaipėdos energija“ specialistais,
- įgyta darbo patirtimi AB „Klaipėdos energija“ ir kitose energetikos įmonėse.

Ekonominiu vertinimu siekiama nustatyti susidariusius kaštus (Eur/m.) prieš ir po alternatyvos parinkimo. Jei susidarę kaštai po alternatyvos parinkimo, mažesni, palyginti su situacija prieš alternatyvos parinkimą, ir po inovacijos investicijos atsiperka per 3 m. ar greičiau, tai manoma, kad alternatyvą galima įgyvendinti, jei atsiperka ilgiau nei per 3 m., tai reikalinga ją atidėti.

Ekonominiam įvertinimas naudojamos 2 žemiau pateiktos formulės [28]:

$$S = K_{iki} - K_{po} \quad (1)$$

čia

S – sutaupomos lėšos po parinktos alternatyvos įdiegimo (Eur/m.);

K_{iki} – proceso tiesioginiai kaštai prieš alternatyvos įdiegimą (Eur/m.);

K_{po} – proceso tiesioginiai kaštai po alternatyvos įdiegimą (Eur/m.).

$$AT = I/S \quad (2)$$

čia

AT – atsipirkimo trukmė, m.;

I – alternatyvos diegimo investicijos, Eur;

S – sutaupomos lėšos įdiegus parinktą alternatyvą, Eur/m. (žiūrėti 1 formulę)

Aplinkosauginiu vertinimu siekiama nustatyti ar sunaudojamų žaliavų, kitų įvedinių, susidarantių atliekų, oro teršalų, nuotekų ir kitų išvedinių kiekis po vertinamos alternatyvos įdiegimo bus mažesnis nei prieš jos.

Nustatant ekonominę ir aplinkosauginę naudą pasirenkama vertinti santykinis aplinkos apsaugos indikatoriais (AAI_s) proceso įvediniams prieš ir po siūlomoms alternatyvos parinkimo, vertinant Eur/m. arba vnt./m. [28]. AAI_s nusako, kokie reikalingi įvediniai ir kokie susidaro išvediniai pagaminti vieną produkcijos vienetą.

Aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimas nustatomas pagal formulę (3) [28]:

$$AAV = AAI_{prieš} - AAI_{po} = S_{prieš}/P_{prieš} - S_{po}/P_{po} \quad (3)$$

čia

$AAI_{prieš}$ – santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai iki parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./t. arba vnt./MWh);

AAI_{po} – santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai po parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./t. arba vnt./MWh).

$S_{prieš}$ – apskaičiuotos sąnaudos, iki parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./m.);

$P_{prieš}$ – gaminamos produkcijos kiekis, iki parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./t. arba vnt./MWh);

S_{po} – planuojamos sąnaudos po parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./m.);

P_{po} – planuojamos gaminti produkcijos kiekis po parinktos alternatyvos įdiegimo (vnt./t. arba vnt./MWh).

Techniniu vertinimu siekiama nustatyti techninės alternatyvos įvykdomumo galimybes, t. y. ko papildomai reikia imtis norint įgyvendinti parinktą alternatyvą.

Kuro kiekis tam tikrą kiekį šiluminės energijos pagaminti nustatomas pagal formulę (4) [28]:

$$B = Q \times 3,6 / (Q_z \times \eta) \quad (4)$$

čia:

B – sudegintas kuro kiekis, t arba tūkst. nm^3 ;

Q – pagaminamos šiluminės energijos kiekis, MWh;

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

η – šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas.

Reikalingas privalomai kaupti rezervinio kuro atsargų kiekis nustatomas pagal formulę (5) [45]:

$$C = \frac{\sum \left(\frac{P_{\text{šalt. per.}}^m}{5} + \frac{P_{\text{šalt. per.}}^m}{5} + \frac{P_{\text{šalt. per.}}^m}{5} \right)}{9} \quad (5)$$

čia:

C – rezervinių kuro atsargų kiekis, tonomis naftos ekvivalento (tne);

$P_{\text{šalt. per.}}^m$, $P_{\text{šalt. per.}}^m$, $P_{\text{šalt. per.}}^m$ – sunaudoto kuro kiekis šaltuoju metų periodu (nuo lapkričio 1 dienos iki kovo 31 dienos imtinai), tne.;

Sudeginamo kuro energetinė vertė nustatoma pagal formulę (6) [28]:

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

čia:

Q – Sudeginto kuro energetinė vertė, MWh;

B – sudeginto kuro kiekis, t arba tūkst. nm^3 ;

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

Šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) reikalingas mazuto ūkio išlaikymui apskaičiuojamas pagal formulę (7) [28]:

$$Q_{GP} = Q \times P / 100. \quad (7)$$

čia:

Q_{GP} – šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) reikalingas mazuto ūkio išlaikymui, MWh/m.;

Q – rezervinis šiluminės energijos poreikis, MWh/m.;

P – šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) reikalingas mazuto ūkio išlaikymui, proc.

Sudeginamo kuro pagaminta šiluminė energija nustatoma pagal formulę (8) [28]:

$$Q = (B \times Q_z \times \eta) / 3,6 \quad (8)$$

čia:

Q – pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh;

B – sudeginto kuro kiekis, t arba tūkst. nm³;

Q_z – kuro žemutinė šilumingumo vertė, GJ/t arba GJ/tūkst. nm³;

η – šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas.

Sunaudotas dyzelinio kuro kiekis ratiniame krautuve apskaičiuojamas pagal formulę (9):

$$K_k = B / K_n \times N_k \quad (9)$$

čia:

K_k – sunaudojamas dyzelinio kuro kiekis ratiniame krautuve, t/m.;

B – katilinėje sudegintas biokuro kiekis, t/m.;

K_n – krautuvo našumas, t/h;

N_k – sunaudojamas dyzelinio kuro kiekis, t/h.

Deginant kurą susidaranti tarša (E) apskaičiuojama pagal formulę (10) [46]:

$$E = AR \times EF \times 10^{-6} \quad (10)$$

čia:

E – susidarančių teršalų kiekis, t/m.;

AR – sudeginto kuro energetinė vertė, GJ/m.;

EF – degimo produktų emisijų faktoriai, kurie parenkami pagal žemiau esančią 4 lentelę.

4 lentelė. Teršalų emisijų faktoriai pagal naudojamą kurą [46]

Įrenginių vardinė (nominali) šiluminė galia, MW	Naudojamas kuras	Teršalų emisijos faktorius, g/GJ			
		CO	NO _x	SO _x	KD
1 < MW ≤ 50	Biokuras	300	210	11	40
	Gamtinės dujos	29	74	0,67	0,78
	Mazutas	93	306	94	21
50 < MW ≤ 300	Biokuras	90	81	10,8	172
	Gamtinės dujos	39	89	0,281	0,89
	Mazutas	15,1	142	495	35,4

Susidaranti tarša (E) iš mobilių taršos šaltinių deginant dyzelinį kurą apskaičiuojama 10 formulę.

Jeigu dyzelinis kuras deginamas kelių transporto (sunkvežimių) vidaus degimo varikliuose emisijų faktoriai (EF):

EF: NO_x – 33,37g/kg; CO – 7,58 g/kg; KD – 0,94 g/kg, NH₃ – 0,013 g/kg, NMLOJ – 1,92 g/kg.

Jeigu dyzelinis kuras deginamas ne kelių transporto (pvz., traktoriai, pakrovėjai, kt.) vidaus degimo varikliuose emisijų faktoriai (EF)::

EF: NO_x – 33,629 g/kg; CO – 10,774 g/kg; KD – 2,104 g/kg, NH₃ – 0,008 g/kg, NMLOJ – 3,377 g/kg.

Elektros energijos sąnaudos biokurui transportuoti apskaičiuojamos pagal formulę (11):

$$E_s = B / N_{KT} \times P_{KT}. \quad (11)$$

čia:

E_s – sunaudotos elektros energijos kiekis, kWh/m.;

B – sudeginto biokuro kiekis, t/m.;

N_{KT} – kuro transporterio našumas, t/h;

P_{KT} – kuro transporterio galingumas, kW.

ŠESD kiekis, deginant iškastinį kurą, vertinamas naudojant formulę (12) [47]:

$$\text{ŠESD} = AR \times G\check{S}V \times ITF \times OF \quad (12)$$

čia:

ŠESD – išmetamas CO₂ kiekis, t/m.;

AR – sunaudoto kuro kiekis: sudegintų gamtinių dujų kiekis, tūkst. nm³/m.; sudeginto mazuto kiekis, t/m.;

GŠV – grynojo šilumingumo vertė: 2019 m. gamtinėms dujoms – 3,24 GJ/MWh arba 0,00324 TJ/MWh; mazutui – 39,77 GJ/t arba 0,03977 TJ/t [48];

ITF – kuro išmetamųjų teršalų faktorius: 2019 m. gamtinėms dujoms – 55,57 t/TJ; mazutui – 48,40 t/TJ [48];

OF – oksidacijos faktorius – 1.

4. Darnios pramonės plėtros metodų taikymas AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinėse

4.1. Klaipėdos miesto katilinės: esamos situacijos analizė

Detalesnei analizei parinktas objektas – AB „Klaipėdos energija“ (Klaipėdos energija) Klaipėdos miesto katilinės. Įmonė yra viena iš daugiausiai patirties turinčių energetikos pramonės įmonių Lietuvoje. Savo veiklą pradėjo jau nuo 1929 m., kai ant Danės upės kranto buvo pastatyta anglimis kūrenama „Klaipėdos šiluminė elektrinė“ (dabar vadinasi „Klaipėdos elektrinė“), pagrindinė „Klaipėdos šiluminės elektrinės“ paskirtis buvo tiekti elektros energiją, tik vėliau, 1959 m., imtasi gaminti ir šiluminę energiją [49]. Plečiantis miestui, daugeliui vartotojų, įmonė tapo pagrindiniu šiluminės energijos tiekėju. Siekiant plėtoti centralizuotą šilumos tiekimą (CŠT), įmonė investavo į naujų šiluminės energijos generavimo šaltinių ir tiekimo tinklų statybą, jungiančius vartotojus ir šiluminės energijos generavimo šaltinius.

Iki šių dienų yra išlikusi ir veikianti „Klaipėdos elektrinė“, įsikūrusi Danės g. 8, Klaipėda. Sekantys Klaipėdos energijos šiluminės energijos generavimo šaltiniai esantys Klaipėdos mieste:

- „Klaipėdos rajoninė katilinė“, kuri įsikūrusi Šilutės pl. 26, Klaipėda.
- „Lypkių rajoninė katilinė“, kuri įsikūrusi Lypkių g. 13, Klaipėda.
- „Paupių katilinė“, kuri įsikūrusi Jaunystė g. 3, Klaipėda.

Dabartinę Klaipėdos energijos veiklą galima apibūdinti kaip gaminančią ir parduodančią šiluminę energiją, patalpų šildymui, vėdinimui ir karšto vandens ruošimui bei garų pramonės įmonių gamybos procesams. Taip pat superka šiluminę energiją iš nepriklausomų šilumos gamintojų (NŠG). 2020 m. duomenimis Klaipėdos mieste veikė 6 NŠG, iš kurių buvo supirkta šiluminė energija: AB „Klaipėdos mediena“, UAB „Fortum Klaipėda“, UAB „Home group“, UAB „Miesto energija“, AB „Klaipėdos baldai“ ir UAB „Pramonės energija“. Taip pat Klaipėdos energija užsiima įmonių pastatų šildymo, vėdinimo ir karšto vandens sistemos priežiūra ir remontu Klaipėdos mieste.

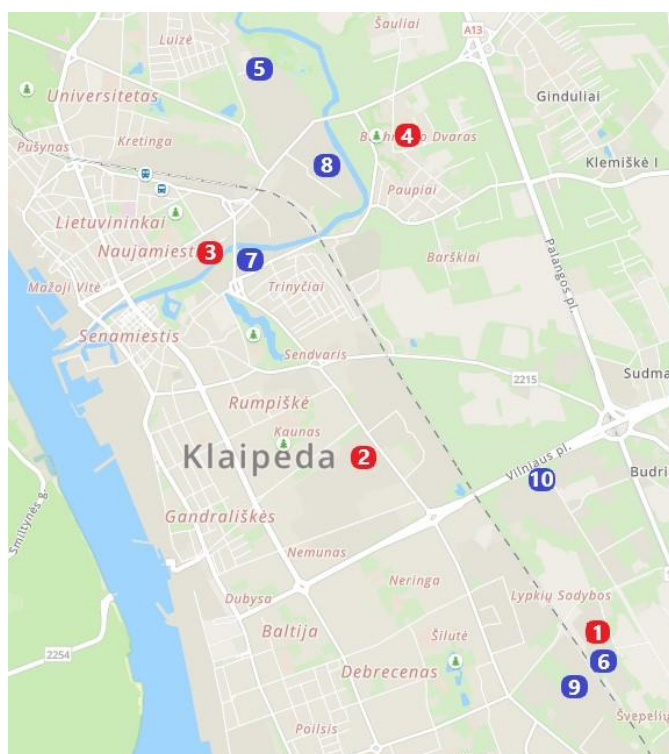
Klaipėdos energijos ir NŠG šiluminę energiją generuojančių įrenginių išsidėstymas Klaipėdos mieste pavaizduotas 9 paveiksle. Šiluminės energijos generavimo šaltiniai yra plačiai išsidėstę mieste ir nėra susikonglomeravę vienoje vietoje, o tai leidžia užtikrinti tinkamus kokybės parametrus visame mieste.

2020 m. duomenimis Klaipėdos energija šiluminę energiją tiekia 80 proc. vartotojų, iš kurių daugiau nei 69 tūkst. buitiniai vartotojai, 1 195 biudžetinės ir valstybinės organizacijos, 49 pramonės objektai ir 2 363 verslo ir viešosios įstaigos [49]. Didžiausia koncentracija vartotojų yra centrinėje ir pietinėje (Rumpiškės, Kauno, Neringos, Debreceno ir Šilutės mikrorajonuose) Klaipėdos miesto dalyje.

Klaipėdos energijos Klaipėdos mieste esančių įrenginių instaliuota šiluminė galia – 292,08 MW (žiūrėti 5 lentelę). 2019 metais šiose katilinėse pagaminta 277 694,71 MWh šiluminės energijos, sudeginta 13 872,67 tūkst. m³ gamtinių dujų, 59 161,41 t biokuro ir 339 t rezervinio kuro – mazuto (žr. 6 lentelę).

58,09 proc. šiluminės energijos pagaminta naudojant biokurą, todėl galima daryti išvadą, kad biokuras – pagrindinis Klaipėdos energijos kuras. Perėjimas prie vietinio kuro (biokuro) leido prisidėti prie šalies aplinkosauginio veiksmingumo augimo, didinant energijos gamybą iš

atsinaujinančių energijos išteklių (AEI), taip pat šalies ekonomikos rėmimo, didinti energetinį saugumą ir mažinti šiluminės energijos kainas.



1. „Lypkių rajoninė katilinė“,
2. „Klaipėdos rajoninė katilinė“,
3. „Klaipėdos elektrinė“,
4. „Paupių katilinė“,
5. UAB „Pramonės energija“,
6. UAB „Fortum Klaipėda“,
7. AB „Klaipėdos baldai“,
8. AB „Klaipėdos mediena“,
9. UAB „Home group“,
10. UAB „Miesto energija“.

Raudonais kvadratais žymimi Klaipėdos energijos šiluminės energijos šaltiniai, o mėlynais NSG šiluminės energijos šaltiniai.

9 pav. Šiluminės energijos šaltiniai Klaipėdos mieste [50]

5 lentelė. Kuro struktūra ir pagamintas šiluminės energijos kiekis nuosavuose šaltiniuose 2019 m. [51]

Įrenginio pavadinimas	Naudojamas kuras	Nominali galia, MW	Sudeginamas kuro kiekis ¹	Pagamintas šiluminės energijos kiekis, MWh	
				Pagal kuro kiekį	Iš viso
„Lypkių rajoninė katilinė“	Biokuras	16	8 277,5	27 631,92	43 057,60
	Gamtinės dujos	73,9	1 880,38	15 425,68	
„Klaipėdos rajoninė katilinė“	Biokuras	32	50 883,91	133 672,73	197 940,88
	Gamtinės dujos	35,1	7 500,2	61 102,67	
	Gamtinės dujos	33			
	Mazutas		339	3 165,48	
„Klaipėdos elektrinė“	Gamtinės dujos	99,5	4 182,04	34 205,75	34 205,75
„Paupių katilinė“	Gamtinės dujos	2,58	310,05	2 490,48	2 490,48

Pastabos:

¹ biokuro ir mazuto *sudeginto kuro kiekio* matavimo vienetai – t; gamtinių dujų – tūkst. nm³.

Visi šiluminės energijos šaltiniai apart „Paupių katilinė“ yra labai panašios nominalios galios, tačiau Klaipėdos energijos pagrindinis šiluminės energijos šaltinis yra „Klaipėdos rajoninė katilinė“, virš 71,28 proc. visos pagamintos šiluminės energijos buvo pagaminta joje. Tokiam šiluminės energijos gamybos dominavimui padarė įtaką, tai kad „Klaipėdos rajoninė katilinė“ yra didžiausios techninės ir geografinės galimybės gaminti šiluminę energiją, naudojant AEI.

Siekiant nustatyti reikšmingus aplinkosaugos aspektus, sudarytas Klaipėdos energijos Klaipėdos miesto katilinių medžiagų ir energijos balansas, išskaičiuoti santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI_s) situacijai iki projekto įdiegimo. Rezultatai pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinių šiluminės energijos gamybos medžiagų ir energijos balansas 2019 m. [51]

Eil. Nr.	Įvediniai ir išvediniai	Kiekis		AAI	
		Vnt.	Vnt./m.	Vnt.	Reikšmė
1	Įvediniai				
1.1	Kuras (energetinė vertė)	MWh	282 969,84	MWh/MWh	1,02
1.1.1	^{1,5} Biokuras	t MWh	59 161,41 154 358,52		0,56
1.1.2	^{1,5} Gamtinės dujos	tūkst. nm ³ MWh	13 872,67 124 854,07		0,45
1.1.3	¹ Mazutas	t MWh	339 3 757,25		0,01
1.4	¹ Vanduo	m ³	430 000	m ³ /MWh	1,55
1.4.1	¹ Vanduo gamyboje	m ³	86 000		
1.4.2	¹ Vanduo tiekimo tinklų papildymams	m ³	344 000		
1.5	¹ Elektros energija	GWh	4,28	kWh/MWh	15,39
1.5.1	¹ Elektros energija gamyboje	GWh	0,83		
1.5.2	¹ Elektros energijos šiluminės energijos tiekimui	GWh	3,45		
1.6	¹ Žaliavos ir medžiagos	t	50,92	kg/MWh	0,18
1.7	¹ Kuras transportui	t	87	kg/MWh	0,31
2	Išvediniai				
2.1	¹ Šiluminė energija	MWh	277 694,71		
2.1.1	¹ Šiluminė energija iš biokuro	MWh	161 304,65		
2.1.2	¹ Šiluminė energija iš gamtinių dujų	MWh	113 224,58		
2.1.3	¹ Šiluminė energija iš mazuto	MWh	3 165,48		
2.2	¹ Šiluminės energijos nuostoliai gamybos metu	MWh	5 275,12	MWh/MWh	0,02
2.3	¹ Pelenai iš biokuro	t	420,70	kg/MWh	1,51
2.4	² Išlakos į aplinkos orą (bendrai)	t	175,78	kg/MWh	0,63
2.4.1	² CO	t	67,65		
2.4.2	² NO _x	t	86,78		
2.4.3	² SO ₂	t	12,83		
2.4.4	² KD	t	8,52		
2.5	³ ŠESD (CO ₂ (nebiogeninės kilmės))	t	23 132,11	kg/MWh	83,3
2.6	² Išlakos į aplinkos orą iš mobilių taršos šaltinių	t	4,16	kg/MWh	0,015
2.7	Vandens nuostoliai ir nuotekos	m ³	430 000	m ³ /MWh	1,55

Pastabos:

¹ duomenis pateikti, AB „Klaipėdos energija“;

² apskaičiuota, naudojant metodikos 10 formulę;

³ apskaičiuota, naudojant metodikos 12 formulę;

⁴ nuostoliai šiluminės energijos tiekimo tinkluose, tiekiant šiluminę energiją pas vartotojus, 2019 metais sudarė 37 488,79 MWh/m. arba 13,5 proc. nuo šiluminės energijos gamybas;

⁵ sudeginto kuro kiekis per 2019 m. po įdiegtos pirmos alternatyvos, kuri analizuojama 4.2.1 skyriuje.

Išlakos į aplinkos orą, deginant biokurą DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 555\,690,66 \times 90 \times 10^{-6} = 50,01 \text{ t/m};$$

$$E_{NO_x} = 555\,690,66 \times 81 \times 10^{-6} = 45,01 \text{ t/m};$$

$$E_{SO_x} = 555\,690,66 \times 10,8 \times 10^{-6} = 6 \text{ t/m};$$

$$E_{KD} = 555\,690,66 \times 172 \times 10^{-6} = 95,58 \text{ t/m}.$$

čia:

sudeginto biokuro energetinė vertė – 555 690,66 GJ/m. arba 154 358,52 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamas biokuras: $EF_{CO} - 90 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} - 81 \text{ g/GJ}$, $EF_{SO_x} - 10,8 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 172 \text{ g/GJ}$.

Išlakos į aplinkos orą, deginant gamtines dujas DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 439\,429,01 \times 39 \times 10^{-6} = 17,14 \text{ t/m};$$

$$E_{NO_x} = 439\,429,01 \times 89 \times 10^{-6} = 39,11 \text{ t/m};$$

$$E_{SO_x} = 439\,429,01 \times 0,281 \times 10^{-6} = 0,12 \text{ t/m};$$

$$E_{KD} = 439\,429,01 \times 0,89 \times 10^{-6} = 0,39 \text{ t/m}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 439 429,01 GJ/m. arba 122 063,62 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamos gamtinės dujos: $EF_{CO} - 39 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} - 89 \text{ g/GJ}$, $EF_{SO_x} - 0,281 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 0,89 \text{ g/GJ}$.

Išlakos į aplinkos orą, deginant gamtines dujas VKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 10\,045,63 \times 29 \times 10^{-6} = 0,29 \text{ t/m};$$

$$E_{NO_x} = 10\,045,63 \times 74 \times 10^{-6} = 0,74 \text{ t/m};$$

$$E_{SO_x} = 10\,045,63 \times 0,67 \times 10^{-6} = 0,007 \text{ t/m};$$

$$E_{KD} = 10\,045,63 \times 0,78 \times 10^{-6} = 0,008 \text{ t/m.}$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 10 045,63 GJ/m. arba 2 790,45 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai VKDĮ deginamos gamtinės dujos: $EF_{CO} = 29 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} = 74 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} = 0,67 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} = 0,78 \text{ g/GJ}$.

Išlakos į aplinkos orą, deginant mazutą DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 13\,526,10 \times 15,1 \times 10^{-6} = 0,20 \text{ t/m.};$$

$$E_{NOx} = 13\,526,10 \times 142 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ t/m.};$$

$$E_{SOx} = 13\,526,10 \times 495 \times 10^{-6} = 6,70 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 13\,526,10 \times 35,4 \times 10^{-6} = 0,48 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto mazuto energetinė vertė – 13 526,10 GJ/m. arba 3 757,25 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamas mazutas: $EF_{CO} = 15,1 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} = 142 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} = 495 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} = 35,4 \text{ g/GJ}$.

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant gamtines dujas, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 124\,854,07 \times 0,00324 \times 55,57 \times 1 = 22\,479,58 \text{ t/m.}$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 124 854,07 MWh/m. arba 13 872,67 tūkst. nm³/m.;

gamtinių dujų grynojo šilumingumo vertė – 0,00324 TJ/MWh [48];

gamtinių dujų išmetamųjų teršalų faktorius – 55,57 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant mazutą, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 339 \times 0,03977 \times 48,4 \times 1 = 652,53 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto mazuto kiekis – 339 t/m.;

mazuto grynojo šilumingumo vertė – 0,03977 TJ/t [48];

mazuto išmetamųjų teršalų faktorius – 48,4 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

Išlakos į aplinkos orą, deginant dyzeliną kelių transporto vidaus degimo variklyje, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{NO_x} = 1\,285,8 \times 778,58 \times 10^{-6} = 1,0 \text{ t/m};$$

$$E_{CO} = 1\,285,8 \times 176,85 \times 10^{-6} = 0,23 \text{ t/m};$$

$$E_{KD} = 1\,285,8 \times 21,93 \times 10^{-6} = 0,028 \text{ t/m};$$

$$E_{NH_3} = 1\,285,8 \times 0,3 \times 10^{-6} = 0,00039 \text{ t/m};$$

$$E_{NMLOJ} = 1\,285,8 \times 44,8 \times 10^{-6} = 0,058 \text{ t/m}.$$

čia:

sudeginto dyzelinio kuro vertė – 30 t/m. arba 1 285,8 GJ/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai deginamas dyzelinis kuras kelių transporto vidaus degimo variklyje: $EF_{NO_x} - 33,37 \text{ g/kg} = 778,58 \text{ g/GJ}$, $EF_{CO} - 7,58 \text{ g/kg} = 176,85 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 0,94 \text{ g/kg} = 21,93 \text{ g/GJ}$, $EF_{NH_3} - 0,013 \text{ g/kg} = 0,3 \text{ g/GJ}$, $EF_{NMLOJ} - 1,92 \text{ g/kg} = 44,80 \text{ g/GJ}$.

Išlakos į aplinkos orą, deginant dyzeliną ne kelių transporto vidaus degimo variklyje, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{NO_x} = 2\,443,02 \times 784,62 \times 10^{-6} = 1,92 \text{ t/m};$$

$$E_{CO} = 2\,443,02 \times 251,38 \times 10^{-6} = 0,61 \text{ t/m};$$

$$E_{KD} = 2\,443,02 \times 49,09 \times 10^{-6} = 0,12 \text{ t/m};$$

$$E_{NH_3} = 2\,443,02 \times 0,19 \times 10^{-6} = 0,00046 \text{ t/m};$$

$$E_{NMLOJ} = 2\,443,02 \times 78,79 \times 10^{-6} = 0,19 \text{ t/m}.$$

čia:

sudeginto dyzelinio kuro vertė – 57 t/m. arba 2 443,02 GJ/m.;

Emisijų faktoriai (EF), kai deginamas dyzelinis kuras ne kelių transporto vidaus degimo variklyje: $EF_{NO_x} - 33,629 \text{ g/kg} = 784,62 \text{ g/GJ}$, $EF_{CO} - 10,774 \text{ g/kg} = 251,38 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 2,104 \text{ g/kg} = 49,09 \text{ g/GJ}$, $EF_{NH_3} - 0,008 \text{ g/kg} = 0,19 \text{ g/GJ}$, $EF_{NMLOJ} - 3,377 \text{ g/kg} = 78,79 \text{ g/GJ}$.

Klaipėdos miesto katilinių šiluminės energijos gamybos medžiagų ir energijos balansas parodė, kad biokurą deginančių katilų efektyvumas siekia 104,5 proc., tam įtakos turi kartu su katilais naudojami kondensaciniai ekonomizeriai, todėl šiuose katiluose nesusidarė šiluminės energijos nuostolių. Tokiu būdu galima daryti išvadą, kad jau šiuo metu Klaipėdos miesto katilinėse taikomi ŠG procesų optimizavimo metodai, leidžia tausoti kurą ir mažinti išlakas į aplinkos orą.

Kur kas mažiau efektyvūs yra seni rezerviniai mazutą deginantys katilai, jų efektyvumas siekia 84,25 proc., ir gamtines dujas deginantys katilai, kurių efektyvumas siekia 90,69 proc. Mazutą ir gamtines dujas deginančiuose katiluose susidarė 12 221,26 MWh/m. šiluminės energijos nuostolių. Šiluminės energijos nuostolių susidarė ne tik KDI gaminant šiluminę energiją, bet ir šilumą tiekiant vartotojams, pavyzdžiui, per 2019 m. susidarė 37 488,79 MWh. Gaminant šiluminę energiją per 2019 m., į aplinkos orą buvo išmesta 175,78 t teršalų, daugiausiai susidarė NO_x teršalų, ypatingai deginant mazutą.

Katilinėse biokurą deginantys katilai naudoja sausą valymą – multicikloną, ir šlapią valymą – kondensacinį ekonomaizerį. Toks 2-jų pakopų valymas virš 92 proc. sumažina kietųjų dalelių (KD) išmetimus į aplinkos orą. Pelenai pelenų transporteriu nukreipiami į specialų pelenų konteinerį ir vėliau perduodami atliekų tvarkytojui. Kaip buvo minėta anksčiau, pirmiausia kondensaciniai ekonomaizeriai sukuria galimybę panaudoti (regeneruoti) išmetamuose dūmuose esančių vandens garų kondensacinę šilumą. Visų Klaipėdos miesto katilinėse turimų kondensacinių ekonomaizerių galingumas siekia 19,4 MW, jie apie 20 % didina katilų naudingumo koeficientą [51].

Procesai katilinėse valdomi automatizuotai, yra užtikrinama stebėseną visų technologinių parametrų. Vykdoma automatinė biokuro katilų degimo procesų kontrolė, užtikrinant CO ir O₂ korekciją išmetamuose dūmuose. Klaipėdos energijos katilinėse yra įdiegta aplinkos vadybos sistema, kuri atitinka tarptautinį standartą ISO 14001:2015/LST EN ISO 14001:2015, sertifikuotos sritys [51]:

1. šiluminės energijos (garo ir termofikacinio vandens) gamyba, šiluminės energijos perdavimas ir pardavimas;
2. pastatų šildymo ir karšto vandens sistemų priežiūra.

2020 m. „Klaipėdos rajoninė katilinė“ katiluose, deginantiesiems gamtines dujas, pradėti naudoti moduliaciniai mažos generacijos NO_x degikliai, kartu su dažnio keitikliu [51]. Degiklių pakeitimas esamuose katiluose leis efektyviau deginti kurą, tuo pačiu užtikrinant atitiktą ribinems NO_x taršos vertėms.

4.2. Išteklių efektyvumo didinimas Klaipėdos miesto katilinėse diegiant darnias inovacijas

Skyriuje pateikiama šių darbe siūlomų alternatyvų įvykdomumo analizė:

- Žaliavų pakeitimas, siekiant mažinti aplinkos oro taršą naudojant AEI. Numatoma Paupių kvartale esančių CŠT tinklų prijungimą prie bendrų Klaipėdos miesto CŠT tinklų, dėl to „Paupių katilinė“ nustos gaminti šiluminę energiją, jos KDI degindamas gamtines dujas. Paupių kvartale esantys vartotojai šiluminę energiją bus aprūpinami iš „Klaipėdos rajoninė katilinė“ ir „Lypkių rajoninė katilinė“, kur pagrindinis naudojamas kuras – biokuras.
- Žaliavų pakeitimas, siekiant mažinti aplinkos oro taršą ir padidinti bendrą katilinės efektyvumą. Numatoma AB „Klaipėdos energija“ naudojamo rezervinio kuro – mazuto keitimas į gamtines dujas.
- Įrangos pakeitimas, siekiant sumažinti naudojamą šiluminę energiją kuro džiovinimui ir elektros energiją kuro transportavimo iš sandėlio į katilo pakuras. Numatoma „Klaipėdos rajoninė katilinė“ biokuro sandėlio išplėtimas, siekiant visą kaupiamą kurą laikyti po pastoge.

4.2.1. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas centralizuotam šiluminės energijos tiekimui Paupių mikrorajone

Paupių mikrorajone (toliau – Paupiai) esančius vartotojus šilumine energija aprūpina „Paupių katilinė“, o nuo 2019 m. šildymo sezono pradžios, spalio mėnesio, aprūpina ir „Klaipėdos rajoninė katilinė“ ir „Lypkių rajoninė katilinė“. Lyginant su kitomis Klaipėdos miesto katilinėmis „Paupių katilinė“ nėra didelė, jos galia siekia tik 2,58 MW, o naudojamas kuras yra gamtinės dujos. Šiluminės energijos tiekimo tinklai esantys Paupiuose buvo atskirti nuo bendro Klaipėdos miesto tinklo. „Paupių katilinė“ aprūpino vartotojus reikalinga šilumine energija, tačiau dėl nuolat augančio vartotojų skaičiaus Paupiuose gali būti nepatenkinami šiluminės energijos poreikiai iš „Paupių katilinės“.

„Paupių katilinė“ identifikuotos dvi problemos:

- nėra užtikrintas šiluminės energijos tiekimas, jei nutrūktų pagrindinio kuro tiekimas;
- šiluminės energijos gamybai yra naudojamas neatsinaujinantis kuras – gamtinės dujos, kurios deginamos pakankamai senuose KDĮ.

Techninis įvertinimas

Sprendžiant identifikuotas problemas siūloma įvertinti Paupiuose esančių šiluminės energijos tiekimo tinklų prijungimą prie Klaipėdos miesto šiluminės energijos tiekimo tinklų. Prijungus Paupiuose esančius šiluminės energijos tiekimo tinklus prie tinklų, kuriuose yra „Klaipėdos rajoninė katilinė“, „Lypkių rajoninė katilinė“ ir kiti šiluminės energijos gamintojai, neplanuojama statyti naujų įrenginių šilumai gaminti, kadangi reikalingas šiluminės energijos poreikis bus užtikrinamas iš esamų įrenginių.

Aplinkosauginis įvertinimas

„Paupių katilinė“ per 2018 metus pagamino 3 752,4 MWh, KDĮ sudegindama 467,15 tūkst. nm³ gamtinių dujų. Vertinama, kad reikės pagaminti tą patį šiluminės energijos kiekį – 3 752,4 MWh/m., bet jau „Klaipėdos rajoninė katilinė“ ar „Lypkių rajoninė katilinė“ įrenginiuose.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 6 formulę apskaičiuojama sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė:

$$Q = (467,15 \times 32,4)/3,6 = 4\,204,37 \text{ MWh/m.}$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 467,15 tūkst. nm³/m.;

gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 32,4 GJ/tūkst. nm³.

Išlakos į aplinkos orą, deginant gamtines dujas VKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 15\,135,73 \times 29 \times 10^{-6} = 0,44 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 15\,135,73 \times 74 \times 10^{-6} = 1,12 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 15\,135,73 \times 0,67 \times 10^{-6} = 0,01 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 15\,135,73 \times 0,78 \times 10^{-6} = 0,012 \text{ t/m.}$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 15 135,73 GJ/m. arba 4 204,37 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamos gamtinės dujos: $EF_{CO} = 29 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} = 74 \text{ g/GJ}$, $EF_{SO_x} = 0,67 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} = 0,78 \text{ g/GJ}$.

ŠESD (CO_2) kiekis, deginant gamtines dujas, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 4\,204,37 \times 0,00324 \times 55,57 \times 1 = 756,98 \text{ t/m.}$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 4 204,37 MWh/m arba 467,15 tūkst. $nm^3/m.$;

gamtinių dujų grynojo šilumingumo vertė – 0,00324 TJ/MWh [48];

gamtinių dujų išmetamųjų teršalų faktorius – 55,57 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę apskaičiuojamas reikalingas biokuro kiekis:

$$B = 3\,752,4 \times 3,6 / (8,22 \times 1,045) = 1\,572,62 \text{ t/m.}$$

čia:

reikalingas pagaminti šiluminės energijos kiekis – 3 752,4 MWh/m.;

biokuro žemutinė šilumingumo vertė – 8,22 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 1,045.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 6 formulę apskaičiuojama biokuro energetinė vertė:

$$Q = (1\,572,62 \times 8,22) / 3,6 = 3\,590,81 \text{ MWh/m.}$$

čia:

biokuro kiekis – 1 572,62 t/m.;

biokuro žemutinė šilumingumo vertė – 8,22 GJ/t.

Išlakos į aplinkos orą, deginant biokurą DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 12\,926,93 \times 90 \times 10^{-6} = 1,16 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 12\,926,93 \times 81 \times 10^{-6} = 1,05 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 12\,926,93 \times 10,8 \times 10^{-6} = 0,14 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 12\,926,93 \times 172 \times 10^{-6} = 2,22 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto biokuro energetinė vertė – 12 926,93 GJ/m. arba 3 590,81 MWh/m.;

Emisijų faktoriai (EF), kai DKĮD deginamas biokuras: $EF_{CO} - 90 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} - 81 \text{ g/GJ}$, $EF_{SO_x} - 10,8 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 172 \text{ g/GJ}$.

Deginant biokurą katile šiluminės energijos pagaminti reikės mažiau, kadangi apie 20 proc. bus pagaminta kondensaciniame ekonomizaizeryje. Taip pat kondensacinis ekonomizaizeris iš dūmų pašalins 92 proc. KD.

Siekiant atlikti aplinkosauginį ir ekonominį įvertinimą visą turimą informaciją pateikiama 7 lentelėje.

7 lentelė. Gamtinių dujų keitimas į biokurą šiluminės energijos gamybai ir tiekimui Paupiams: aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas

Pagrindiniai įvediniai ir išvediniai	Esama situacija (2018 m.)		Įdiegus projektą		Sutaupoma (sumažėja) (+)/ Padidėja (-)	
	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.
Šiluminės energijos poreikis, MWh	3 752,4		3 752,4		0	
Šiluminės energijos nuostoliai gamyboje, MWh	451,97		0		451,97	
^{1,2} Gamtinių dujų sąnaudos nurodytam šiluminės energijos kiekiui pagaminti, tūkst. nm ³	467,15	81 541,77	-	-	467,15	81 541,77
² Biokuro sąnaudos nurodytam šiluminės energijos kiekiui pagaminti, t			1 572,62	45 122,95	-1 572,62	-45 122,95
³ Aplinkos oro tarša, t/m.						
CO (A)	0,44	2,83	1,16	0,00	-0,72	2,83
NO _x (A)	1,12	353,53	1,05	0,00	0,07	353,53
KD (A)	0,012	1,16	0,18	0,00	-0,17	1,16
SO ₂ (A)	0,01	1,70	0,14	0,00	-0,13	1,70
Iš viso:	1,58	359,22	2,53	0,00	-0,95	359,22
ŠESD (CO ₂ (nebiogeninės kilmės)), t	756,98				756,98	
⁴ Pajamos gautos sumažinus CO ₂ emisijas		16 146,45				16 146,45
Iš viso, Eur/m.:					52 924,49	

Pastabos:

¹ mokestis už vartojimo pajėgumus/užsakomus pajėgumus/perduodamą kiekį įvertintas naudojant Amber grid skaičiuoklę [58].

² naudojamo kuro kaina apskaičiuota remiantis Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos nurodytomis vidutinėmis kuro kainomis [54].

³ mokestis už aplinkos teršimą apskaičiuotas pagal **Mokesčio už aplinkos teršimą apskaičiavimo ir mokėjimo tvarkos aprašą** [52]. Pagal **Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymą** susidariusi aplinkos oro tarša iš biokuro katilų, nuo mokesčio už aplinkos teršimą yra atleidžiama [53].

⁴ apyvartinių taršos leidimų kainos apskaičiuotos remiantis Investing rinkos duomenimis [55].

Ekonominis įvertinimas

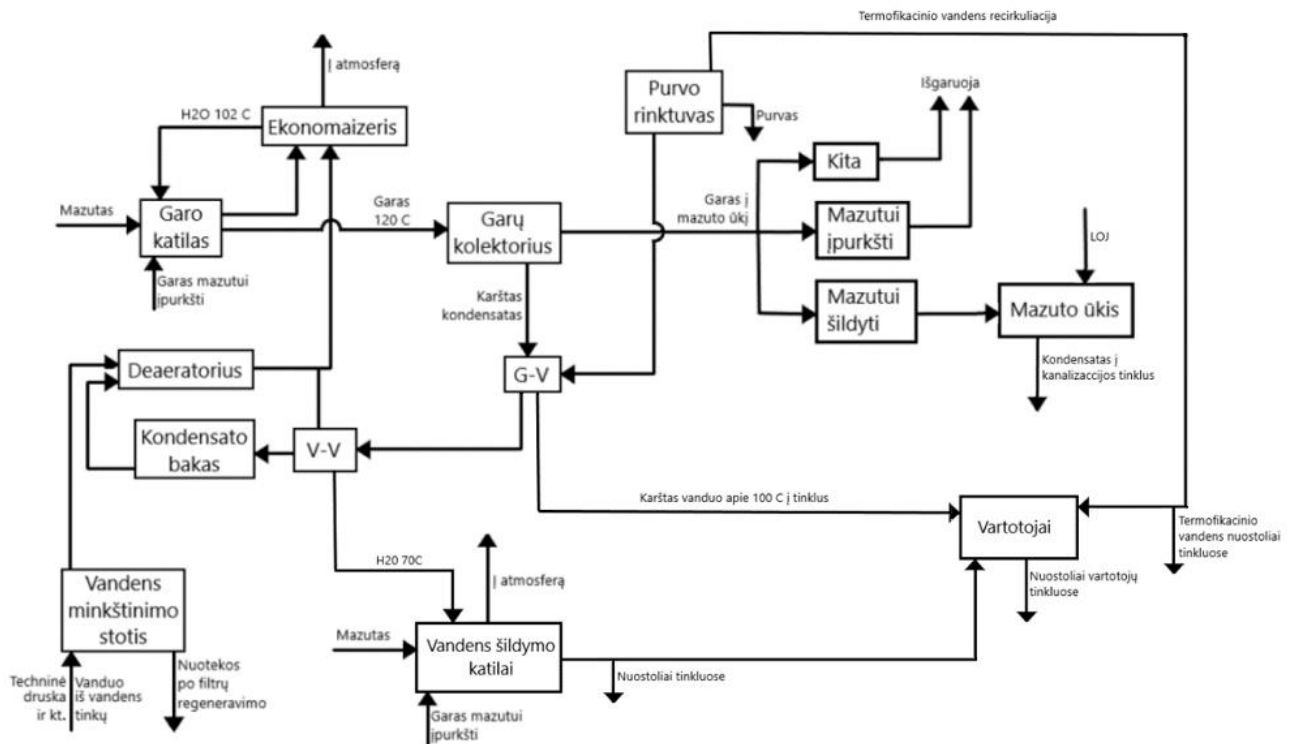
Pagal Paupių šiluminės energijos poreikį numatoma pakloti DN125mm sąlyginio skersmens vamzdžius, bendras ilgis siekia 850 m, investicijos į šiluminės energijos tiekimo tinklų statybą, įskaitant visas išlaidas statybos leidimui gauti, projektavimo darbus ir statybines medžiagas pagal rinkos kainas – 380 000 Eur. Įdiegus siūlomą alternatyvą per metus galima sutaupyti 52 924,49 Eur. Investicijų atsipirkimo trukmė – 7,18 m.

Tačiau pagal esamą situaciją įmonė, numatydama plėtrą, investavo į didesnio pralaidumo vamzdžius (numatytas sąlyginis skersmuo siekia DN250mm), todėl investicijų suma padidėjo iki 879 670 Eur. 850 m klojamų šiluminės energijos tiekimo tinklų atkarpoje bus prijungiami nauji vartotojai, todėl reali projekto atsipirkimo trukmė, įvertinant šiluminės energijos pardavimo pajamų padidėjimą, bus greitesnė nei 7,18 metai.

4.2.2. Rezervinio kuro keitimas iš mazuto į gamtines dujas Klaipėdos rajoninėje katilinėje

Pagal šiuo metu galiojantį **Lietuvos Respublikos energetikos įstatymą** šiluminę energiją gaminančios įmonės turi kaupti ne mažesnę negu trijų paskutinių metų vidutinį mėnesinį šaltuoju periodu suvartojamą kuro kiekį, kurio užtektų 10 kalendorinių dienų [56]. Rezervinio kuro atsargų kiekis privalomai kaupiamas ištisus metus, nepaisant to, ar jis naudojamas ar ne.

AB „Klaipėdos energija“ naudojamas rezervinis kuras – mazutas. Mazutas naudojamas tik „Klaipėdos rajoninė katilinė“, kur per 2019 m. sudeginta 339 t, gaminant 3 165,48 MWh šiluminės energijos, tai yra tik 1,14 proc. nuo visos pagamintos šiluminės energijos. Katilai, deginantys mazutą, yra seni, todėl jų naudingumo koeficientas labai žemas, katilams dirbant 80 proc. apkrova jų naudingumo koeficientas siekia tik 82 proc. 10 paveiksle pateikiama srautų diagrama šiluminės energijos gamybai deginant mazutą.



10 pav. Šiluminės energijos gamyba, deginant mazutą: pagrindinių technologinių procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama

Mazuto degimas yra sudėtingas procesas, reikalinga nemažai pagalbinių įrenginių. Eksploatuojant mazutą susidaro nemažos techninės priežiūros išlaidos, kadangi reikia rūpintis kuro paruošimu ir saugojimu, nors mazutas gali būti ir nenaudojamas ištisuos metus. Staniškis ir kiti [28] paskaičiavo, kad šiluminės energijos (garo pavidalu) kiekis mazuto ūkio išlaikymui sudaro 5,48 % nuo viso pagaminamo šiluminės energijos kiekio.

Atlikus esamų įrenginių analizę pastebėta, kad didžiausia stebima problema – sieros dioksidai (SO_x), kadangi jų susidaro didžiausias kiekis. Dėl ekonominių sumetimų perkamo ir deginamo rezervinio kuro – mazuto sieringumas $S^f > 1$ proc. Todėl siekiant mažinto taršą nebeužtenka pirminių priemonių, reikalinga naudoti sudėtingas valymo technologijas, kurios padidintų gaminamos šiluminės energijos kainą [28].

8 lentelė. Mazutą deginančio katilo taršos palyginimas su leistinomis ribinėmis vertėmis (2019 m. duomenys)

Šiluminės energijos šaltinis	Teršalai ^[51]			Leistinos ribinės taršos vertės pagal LAND DKDĮ ^[24] , mg/Nm ³
	Pavadinimas	Kiekis, t/m.	Numatoma (prašoma leisti) tarša ¹ , mg/Nm ³	
Vandens šildymo katilas Nr. 4 PTVM-100, 33 MW	KD	0,48	iki 92	100
	CO	0,2	iki 400	400
	NO _x	1,92	iki 440	450
	SO ₂	6,7	iki 1 534	2 700

Pastabos:

¹ taikomas kombinuotas mazuto ir gamtinių dujų deginimą, katilai dirba 90% mazuto ir 10% gamtinių dujų apkrovimu.

Kombinuotas mazuto degimas su kitu, mažiau sieringu kuru, šiuo atveju gamtinėmis dujomis buvo parinktas vien dėl to, kad būtų neviršijamos leistinos ribinės taršos vertės, nes nuo 2004 m. sausio 1 d. visiems skystą kurą deginantiems įrenginiams nepaisant instaliuoto šiluminio našumo SO₂ leistina ribinė vertė negali būti didesnė nei 1 700 mg/Nm³ [24]. Esant nekombinuotam degimui, naudojant tik vieną mazutą (kai sieros kiekis virš 1 %) netaikant dūmų nusierinimo metodų faktiškai nėra įmanoma pasiekti leistinų ribinių taršos verčių [60]. Dūmų nusierinimo metodai aptariami 2.1 skyriuje.

Techninis įvertinimas

Atsižvelgus į tai, kad skystojo kuro, mazuto, naudojimas yra finansiškai brangus ir darantis didžiausią poveikį aplinkai lyginant su kitom kuro rūšim, jo naudojimas yra nenaudingas. Toliau analizuojama alternatyva „Klaipėdos rajoninė katilinė“ rezervinį kurą mazutą pakeisti į gamtines dujas. Vandens šildymo katile Nr. 4 galima deginti tiek mazutą tiek gamtines dujas, todėl nuspręsta neįrengti naujo gamtines dujas naudojančio katilo.

Aplinkosauginis įvertinimas

Apskaičiuojamas įmonei reikalingas kaupti kuro (rezervinio kuro) kiekis, kuris turi užtikrinti ne mažesnę negu trijų paskutinių metų vidutinį mėnesių šaltuoju periodu suvartojamą kuro kiekį, kurio užtektų 10 kalendorinių dienų. Kuro kiekis randamas naudojant tyrimo metodikoje nurodytą 5 formulę:

$$C = \frac{\sum \left(\frac{36\,256,80}{5} + \frac{45\,376,87}{5} + \frac{41\,891,31}{5} \right)}{9} = 2\,745 \text{ t. n. e.}$$

čia:

sunaudoto kuro kiekis šaltuoju metų periodu (nuo 2017 lapkričio 1 dienos iki 2018 kovo 31 dienos imtinai) – 36 256,80 tne;

sunaudoto kuro kiekis šaltuoju metų periodu (nuo 2018 lapkričio 1 dienos iki 2019 kovo 31 dienos imtinai) – 45 376,87 tne;

sunaudoto kuro kiekis šaltuoju metų periodu (nuo 2019 lapkričio 1 dienos iki 2020 kovo 31 dienos imtinai) – 41 891,31 tne.

Sunaudoto kuro kiekiai 2017–2020 m. šaltuoju periodu kiekvienu mėnesiu pateikiami 2 priede.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 7 formulę apskaičiuojamas reikalingas šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) mazuto ūkio išlaikymui:

$$Q_{GP} = 31\,918,85 \times 5,48/100 = 1\,749,15 \text{ MWh/m.}$$

čia:

rezervinis šiluminės energijos poreikis – 31 918,85 MWh/m. arba 2 745 tne/m.;

šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) reikalingas mazuto ūkio išlaikymui – 5,48 proc.

Garas, mazuto ūkio išlaikymui, įmonėje gaminamas, deginant gamtines dujas. Reikalingas gamtinių dujų kiekis apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę:

$$B = 1\,749,15 \times 3,6 / (32,4 \times 0,9052) = 214,7 \text{ tūkst. nm}^3.$$

čia:

šiluminės energijos poreikis (garo pavidalu) – 1 749,15 MWh/m.;

gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 32,4 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 0,9052.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 6 formulę apskaičiuojama sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė:

$$Q = (214,7 \times 32,4) / 3,6 = 1\,932,34 \text{ MWh}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 214,7 tūkst. nm³;

gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 32,4 GJ/tūkst. nm³.

Išlakos į aplinkos orą, deginant gamtines dujas DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 6\,956,42 \times 39 \times 10^{-6} = 0,27 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 6\,956,42 \times 89 \times 10^{-6} = 0,62 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 6\,956,42 \times 0,281 \times 10^{-6} = 0,002 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 6\,956,42 \times 0,89 \times 10^{-6} = 0,006 \text{ t/m}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 6 956,42 GJ/m. arba 1 932,34 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamos gamtinės dujos: EF_{CO} – 39 g/GJ, EF_{NO_x} – 89 g/GJ, EF_{SO_x} – 0,281 g/GJ, EF_{KD} – 0,89 g/GJ [46].

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant gamtines dujas, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 1\,932,34 \times 0,00324 \times 55,57 \times 1 = 347,91 \text{ t/m}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 1 932,34 MWh/m. arba 214,7 tūkst. nm³/m.;

gamtinių dujų grynojo šilumingumo vertė – 0,00324 TJ/MWh [48];

gamtinių dujų išmetamųjų teršalų faktorius – 55,57 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę apskaičiuojamas reikalingas mazuto kiekis:

$$B = 31\,918,85 \times 3,6/39,9 = 2\,879,9 \text{ t/m.}$$

čia:

mazuto energetinė vertė – 31 918,85 MWh/m. arba 2 745 tne/m.;

mazuto žemutinė šilumingumo vertė – 39,39 GJ/t;

Sudeginamo mazuto pagaminta šiluminė energija nustatoma pagal tyrimo metodikoje nurodytą 8 formulę:

$$Q = (2\,879,9 \times 39,9 \times 0,8425)/3,6 = 26\,891,64 \text{ MWh/m.}$$

čia:

sudeginto mazuto kiekis – 2 879,9 t;

mazuto žemutinė šilumingumo vertė – 39,9 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 0,8425.

Išlajos į aplinkos orą, deginant mazutą DKDI, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 114\,907,88 \times 15,1 \times 10^{-6} = 1,74 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 114\,907,88 \times 142 \times 10^{-6} = 16,32 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 114\,907,88 \times 495 \times 10^{-6} = 56,88 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 114\,907,88 \times 35,4 \times 10^{-6} = 4,07 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto mazuto energetinė vertė – 114 907,88 GJ/m. arba 31 918,85 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDI deginamas mazutas: EF_{CO} – 15,1 g/GJ, EF_{NO_x} – 142 g/GJ, EF_{SO_x} – 495 g/GJ, EF_{KD} – 35,4 g/GJ [46].

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant mazutą, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 2\,879,9 \times 0,03977 \times 48,4 \times 1 = 5\,543,42 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto mazuto kiekis – 2 879,9 t/m.;

mazuto grynojo šilumingumo vertė – 0,03977 TJ/t [48];

mazuto išmetamųjų teršalų faktorius – 48,4 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę apskaičiuojamas gamtinių dujų kiekis:

$$B = 26\,891,64 \times 3,6 / (32,4 \times 0,9052) = 3\,300,88 \text{ tūkst. nm}^3.$$

čia:

reikalingas pagaminti šiluminės energijos kiekis – 26 891,64 MWh/m.;

gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 32,4 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 0,9052.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 6 formulę apskaičiuojama sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė:

$$Q = (3\,300,88 \times 32,4) / 3,6 = 29\,707,95 \text{ MWh}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 3 300,88 tūkst. nm³;

gamtinių dujų žemutinė šilumingumo vertė – 32,4 GJ/tūkst. nm³.

Išlakos į aplinkos orą, deginant gamtines dujas DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 106\,948,62 \times 39 \times 10^{-6} = 4,17 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 106\,948,62 \times 89 \times 10^{-6} = 9,52 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 106\,948,62 \times 0,281 \times 10^{-6} = 0,003 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 106\,948,62 \times 0,89 \times 10^{-6} = 0,1 \text{ t/m}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 106 948,95 GJ/m. arba 29 707,95 MWh/m.;

emisijų faktoriai (EF), kai DKDĮ deginamos gamtinės dujos: EF_{CO} – 39 g/GJ, EF_{NO_x} – 89 g/GJ, EF_{SO_x} – 0,281 g/GJ, EF_{KD} – 0,89 g/GJ [46].

ŠESD (CO₂) kiekis, deginant gamtines dujas, apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 12 formulę:

$$\text{ŠESD} = 29\,707,95 \times 0,00324 \times 55,57 \times 1 = 5\,348,82 \text{ t/m}.$$

čia:

sudegintų gamtinių dujų kiekis – 29 707,95 MWh/m. arba 3 330,88 tūkst. nm³/m.;

gamtinių dujų grynojo šilumingumo vertė – 0,00324 TJ/MWh [48];

gamtinių dujų išmetamųjų teršalų faktorius – 55,57 t/TJ [48];

oksidacijos faktorius – 1.

Siekiant atlikti aplinkosauginį ir ekonominį įvertinimą visą turimą informaciją pateikiama 9 lentelėje.

9 lentelė. Mazuto pakeitimo gamtinėmis dujomis: aplinkosauginio efekto ir sutaupomų lėšų įvertinimo rezultatas

Proceso įvediniai ir išvediniai	Prieš projekto įdiegimą		Įdiegus projektą		Sutaupoma (sumažėja) (+)/ Padidėja (-)	
	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.
Šiluminės energijos poreikis, MWh	26 891,64		26 891,64		0	
¹ Mazuto sąnaudos nurodytam šiluminės energijos kiekiui pagaminti, t	2 879,9	1 128 469,32	0	0	2 879,9	1 128 469,32
^{1,2} Gamtinių dujų sąnaudos nurodytam šiluminės energijos kiekiui pagaminti, tūkst. nm ³	0	0	3 300,88	1 068 662,47	-3 300,88	-1 068 662,47
Proceso įvediniai ir išvediniai	Prieš projekto įdiegimą		Įdiegus projektą		Sutaupoma (sumažėja) (+)/ Padidėja (-)	
	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.
Šiluminės energijos (garo pavidalu) poreikis mazuto ūkiui, MWh	1 749,15				1 749,15	
¹ Gamtinių dujų sąnaudos nurodytam garo kiekiui pagaminti, tūkst. nm ³	214,7	35 957,81	0	0	214,7	35 957,81
³ Aplinkos oro tarša, t/m.						
CO (A)	2,01	12,92	4,17	26,87	-2,16	-13,95
NOx (A)	16,94	5 345,66	9,52	3 004,38	7,42	2 341,28
SOx (A)	56,88	9 526,58	0,03	5,03	56,85	9 521,55
KD (A)	4,07	400,2	0,1	9,35	3,97	390,85
Iš viso:	79,9	15 285,36	13,82	3 045,63	66,08	12 239,73
ŠESD (CO ₂ (nebiogeninės kilmės)), t	5 891,33		5 348,82		542,51	
⁴ Pajamos gautos sumažinus CO ₂ emisijas		0		11 571,77		11 571,77

LOJ išlankos į aplinkos orą iš mazuto rezervuarų, t	0,0168	0,11	0		0,0168	0,11
Minkšto vandens sąnaudos technologinėms reikmėms (garo gamybai mazuto ūkyje), m ³	391,87	1 336,26	0	0	391,87	1 336,26
Iš viso, Eur/m.:						120 912,53

Pastabos:

¹ naudojamo kuro kaina apskaičiuota remiantis Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos nurodytomis vidutinėmis kuro kainomis [54].

² mokestis už vartojimo pajėgumus/užsakomus pajėgumus/perduodamą kiekį įvertintas, naudojant Amber grid skaičiuoklę [58].

³ mokestis už aplinkos teršimą apskaičiuotas pagal **Mokesčio už aplinkos teršimą apskaičiavimo ir mokėjimo tvarkos aprašą** [52].

⁴ apyvartinių taršos leidimų kainos apskaičiuoto remiantis Investing rinkos duomenimis [55].

Be to, esamas mazuto talpas bus galima naudoti kaip šiluminės energijos akumuliacines talpyklas, ir juose bus kaupiama šiluminė energija, pagaminta, deginant biokurą.

Ekonominis įvertinimas

Įdiegus siūlomą alternatyvą, per metus galima sutaupyti iki 120 912,53 Eur. Vertinama, kad nebus reikalingos investicijos į dujotiekio vamzdyno statybą (nes įmonė jau yra gamtinių dujų vartotoja), į naujų gamtinių dujų saugojimo rezervuarus (nenumatyta statyti įmonės teritorijoje).

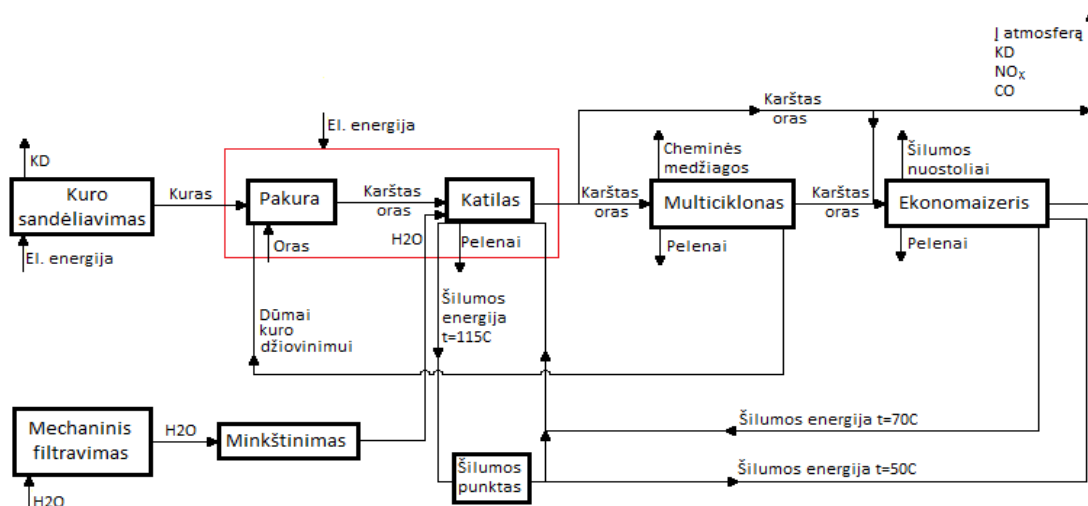
4.2.3. Energijos gamybos efektyvumo didinimas

AB „Klaipėdos energija“ „Klaipėdos rajoninė katilinė“ per 2019 m. pagamino 133 672,73 MWh šiluminės energijos degindama kietąjį biokurą. Pirmąjį metų pusmetį šiluma buvo gaminama dvejuose biokurą deginančiuose katiluose, nuo 2019 m. antro pusmečio šiluma gaminama dar dvejuose biokurą deginančiuose katiluose. 2020 m. duomenimis „Klaipėdos rajoninė katilinė“ yra 4 biokuro katilai, kurių bendra šiluminė galia siekia 32 MW [51].

Biokuras kaupiamas sandėlyje, kuris yra uždaras iš trijų pusių, su slenkančiomis grindimis. Sandėlio plotas – 544,10 m², o aukštis iki 6 m [51]. Biokuras atvežamas sunkvežimiais ir yra iškraunamas sandėlio viduje, siekiant išvengti KD išmetimų iš neorganizuoto oro taršos šaltinio. Sandėlyje biokuras stumdomas ratiniu krautuvu. Biokuras į katilinę iš sandėlio perduodamas automatine sistema, sandėlyje esantys hidrauliniai stumtuvai stumia biokurą ant transporterio, kuris nugabena kurą į katilų pakuras.

Esamas biokuro sandėlis statytas 2015 m. kartu su pirmaisiais dviem biokurą deginančiais katilais, todėl pastačius sekančius du katilus visas kuras netelpa po pastoge, todėl dalis kuro laikoma prie kuro sandėlio lauke, todėl kuro drėgnumas gali padidėti iki 50 proc. Esant didesniai kuro drėgnumui, sunaudojama daugiau elektros energijos, kuri reikalinga kuro transportavimui iš sandėlio į katilo pakurą, taip pat ir daugiau tenka dirbti krautuvu stumiant kurą iki kuro paėmimo transporterio sandėlyje. Taip pat daugiau sudeginama kuro tą patį energijos kiekį pagaminti.

Iš multiciklono į pakurą tiekama dalis dūmų (kita dalis į ekonomazerį) kuro džiovimui. Dūmų paskirtis džiovinti kurą, prieš degimą, kuomet kuras drėgnesnis, tuo dūmų reikia daugiau, kuro džiovimui. Jeigu nereiktų arba minimaliai reiktų džiovinti kurą, tai dūmai būtų panaudojami ekonomazeriye pašildyti iš šilumos punktų grįžtantį termofikacinį vandenį. Pašilęs vanduo tiekiamas į katilą, ir kuomet tas vanduo šiltesnis, tuo mažiau reikalinga energijos pakelti iki norimos temperatūros.



11 pav. Šiluminės energijos gamyba, deginant biokurą: pagrindinių technologinių procesų medžiagų ir energijos srautų diagrama

Techninis įvertinimas

Siekiant išvengti medienoje esančių terpenų ir terpenoidų (LOJ) bei aldehydų grupės junginių patekimo į atmosferą, projektuota, kad sandėlis užtikrins biokuro kuro rezervą iki 3 dienų [51]. Tačiau dėl 2019 m. pastatytų dviejų katilų kuro užtenka kur kas mažiau, todėl siekiant išlaikyti iki 3 dienų kuro rezervą nuspręsta pastatyti biokuro sandėlį. Prie esamų 544,10 m², bus pastatytas tokio pat dydžio sandėlis ir bendras plotas sieks 1088,20 m².

Aplinkosauginis įvertinimas

Projektuojamas sandėlis bus dvigubai didesnis, todėl siekiant įvertinti realią naudą veikiant katilams pilnus metus, skaičiavimams priimama, kad pagamintas šiluminės energijos kiekis bus 33,33 proc. didesnis nei realus 2019 m. Taip bus įvertinti nuo 2019 m. antrojo pusmečio pradžios pradėję veikti 2 biokurą deginantys katilai. Pagamintas šiluminės energijos kiekis padidėja nuo 133 672,73 MWh/m. iki 178 225,86 MWh/m.

Kintant biokure esančiai drėgmei (drėgmė siekia iki 50 %), reikalingas pagaminti šiluminės energijos kiekis MWh nepakis, tačiau dėl kure esančios drėgmės (iki 50%) sumažės biokuro masė tonomis. Taip bus tausojamas biokuras, sumažės susietos elektros energijos ir dyzelinio kuro sąnaudos. Pastačius biokuro sandėlį numatoma, kad biokuro žemutinė šilumingumo vertė padidės dėl sumažėjusio kuro drėgnumo nuo 50 % iki 30 %.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę apskaičiuojamas reikalingas biokuro kiekis, kai biokuro drėgnumas sieks 50 proc.:

$$B = 178\,225,86 \times 3,6 / (8,22 \times 1,045) = 74\,693,9 \text{ t/m.}$$

čia:

reikalingas pagaminti šiluminės energijos kiekis – 178 225,86 MWh/m.;

biokuro žemutinė šilumingumo vertė – 8,22 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 1,045.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 4 formulę apskaičiuojamas reikalingas biokuro kiekis, kai drėgnumas sieks 30 proc.:

$$B = 178\,225,86 \times 3,6 / (12,52 \times 1,045) = 49\,040,24 \text{ t/m.}$$

čia:

reikalingas pagaminti šiluminės energijos kiekis – 178 225,86 MWh/m.;

biokuro žemutinė šilumingumo vertė – 12,52 GJ/t;

šiluminės energijos gamybos įrenginio naudingumo koeficientas – 1,045.

Kuro apatinė šilumingumo vertė parenkama pagal 10 lentelę, kuro apatinei šilumingumo vertei įtaką daro kuro drėgmė, drėgnumui sumažėjus nuo 50 % iki 30 % kuro šilumingumo vertė padidėja 52 %.

10 lentelė. Biokuro apatinė šilumingumo vertės (kuro peleningumas – 1 proc.) [28]

W, %	0	10	20	30	35	40	45	50	55	60	65
MJ/kg	18,96	16,81	14,66	12,52	11,44	10,37	9,29	8,22	7,15	6,07	5,00

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 6 formulę apskaičiuojama sudeginto biokuro energetinė vertė:

$$Q = (74\,693,9 \times 8,22) / 3,6 = 170\,551,06 \text{ MWh.}$$

čia:

sudeginto biokuro kiekis – 74 693,9 t;

biokuro žemutinė šilumingumo vertė – 12,52 GJ/t.

Biokuro energetinė vertė kintant kuro masei tonomis nepakis, todėl susidaranti aplinkos oro taršą yra vienoda deginant tiek 30 proc., tiek 50 proc. drėgmės kurą.

Išlakos į aplinkos orą, deginant biokurą DKDĮ, apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{CO} = 613\,983,82 \times 90 \times 10^{-6} = 55,26 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 613\,983,82 \times 81 \times 10^{-6} = 49,73 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 613\,983,82 \times 10,8 \times 10^{-6} = 6,63 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 613\,983,82 \times 172 \times 10^{-6} = 105,61 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto biokuro energetinė vertė – 613 983,82 GJ/m. arba 170 551,06 MWh/m.;

Emisijų faktoriai (EF), kai DKID deginamas biokuras: $EF_{CO} - 90 \text{ g/GJ}$, $EF_{NOx} - 81 \text{ g/GJ}$, $EF_{SOx} - 10,8 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 172 \text{ g/GJ}$ [46].

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 11 formulę apskaičiuojamos elektros energijos sąnaudos biokurui transportuoti į pakurą kai kuro drėgnumas siekia iki 50 proc.:

$$E_s = 74\,693,9 / 12 \times 44 = 273\,877,62 \text{ kWh/m.}$$

čia:

sudegintas biokuro kiekis – 74 693,9 t/m.;

kuro transporterio našumas – 12 t/val.;

kuro transporterio galingumas – 44 kW.

Pagal tyrimo metodikoje nurodytą 11 formulę apskaičiuojamos elektros energijos sąnaudos biokurui transportuoti į pakurą kai kuro drėgnumas siekia iki 30 proc.:

$$E_s = 49\,040,24 / 12 \times 44 = 179\,814,22 \text{ kWh/m.}$$

čia:

sudeginto biokuro kiekis – 49 040,24 t/m.;

kuro transporterio našumas – 12 t/val.;

kuro transporterio galingumas – 44 kW.

Sunaudotas dyzelinio kuro kiekis ratiniame krautuve, stumdyti biokurą kai jo drėgnumas siekia iki 50 proc., apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 9 formulę:

$$K_k = 74\,693,9 / 60 \times 0,013 = 15,69 \text{ t/m.}$$

čia:

sudegintas biokuro kiekis – 74 693,9 t/m.;

krautuvo našumas – 60 t/val.;

sunaudojamas dyzelinio kuro kiekis – 0,013 t/ val. arba 14,77 l/ val.

Sunaudotas dyzelinio kuro kiekis ratiniame krautuve, stumdyti biokurą kai jo drėgnumas siekia iki 30 proc., apskaičiuojamas pagal tyrimo metodikoje nurodytą 9 formulę:

$$K_k = 49\,040,24 / 60 \times 0,013 = 10,3 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto biokuro kiekis – 49 040,24 t/m.;

krautuvo našumas – 60 t/ val.;

sunaudojamas dyzelinio kuro kiekis – 0,013 t/h arba 14,77 l/val.

Išlakos į aplinkos orą, deginant dyzeliną ratinio krautuvo vidaus degimo variklyje, kai biokuro drėgnumas siekia iki 50 proc., apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{NO_x} = 672,29 \times 784,62 \times 10^{-6} = 0,53 \text{ t/m.};$$

$$E_{CO} = 672,29 \times 251,38 \times 10^{-6} = 0,17 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 672,29 \times 49,09 \times 10^{-6} = 0,033 \text{ t/m.};$$

$$E_{NH_3} = 672,29 \times 0,19 \times 10^{-6} = 0,00013 \text{ t/m.};$$

$$E_{NMLOJ} = 672,29 \times 78,79 \times 10^{-6} = 0,053 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto dyzelinio kuro vertė – 672,29 GJ/m. arba 15,69 t/m.;

Emisijų faktoriai (EF), kai deginamas dyzelinis kuras ne kelių transporto vidaus degimo variklyje: $EF_{NO_x} - 33,629 \text{ g/kg} = 784,62 \text{ g/GJ}$, $EF_{CO} - 10,774 \text{ g/kg} = 251,38 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 2,104 \text{ g/kg} = 49,09 \text{ g/GJ}$, $EF_{NH_3} - 0,008 \text{ g/kg} = 0,19 \text{ g/GJ}$, $EF_{NMLOJ} - 3,377 \text{ g/kg} = 78,79 \text{ g/GJ}$ [46].

Išlakos į aplinkos orą, deginant dyzeliną ratinio krautuvo vidaus degimo variklyje, kai biokuro drėgnumas siekia iki 30 proc., apskaičiuojamos pagal tyrimo metodikoje nurodytą 10 formulę:

$$E_{NO_x} = 441,39 \times 784,62 \times 10^{-6} = 0,35 \text{ t/m.};$$

$$E_{CO} = 441,39 \times 251,38 \times 10^{-6} = 0,11 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 441,39 \times 49,09 \times 10^{-6} = 0,022 \text{ t/m.};$$

$$E_{NH_3} = 441,39 \times 0,19 \times 10^{-6} = 0,000082 \text{ t/m.};$$

$$E_{NMLOJ} = 441,39 \times 78,79 \times 10^{-6} = 0,035 \text{ t/m.}$$

čia:

sudeginto dyzelinio kuro vertė – 441,39 GJ/m. arba 10,3 t/m.;

Emisijų faktoriai (EF), kai deginamas dyzelinis kuras ne kelių transporto vidaus degimo variklyje: $EF_{NO_x} - 33,629 \text{ g/kg} = 784,62 \text{ g/GJ}$, $EF_{CO} - 10,774 \text{ g/kg} = 251,38 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} - 2,104 \text{ g/kg} = 49,09 \text{ g/GJ}$, $EF_{NH_3} - 0,008 \text{ g/kg} = 0,19 \text{ g/GJ}$, $EF_{NMLOJ} - 3,377 \text{ g/kg} = 78,79 \text{ g/GJ}$ [46].

Visa apskaičiuota tarša ir kiti reikalingi duomenys pateikiami 11 lentelėje siekiant palyginti aplinkosauginę ir ekonominę naudą.

11 lentelė. Biokuro uždaras sandėliavimas: aplinkosauginio efekto ir sutapomų lėšų įvertinimo rezultatas

Analizuojami įvediniai ir išvediniai	2018 m. (esama situacija)		2019 m. (įdiegus projektą)		(+ Sutaupoma (sumažėja) (-) padidėja)	
	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.
¹ Šiluminės energijos poreikis, MWh	178 225,86		178 225,86		0	
Kietojo biokuro drėgnumas, %	Iki 50		Iki 30		Iki 20	
Kietojo biokuro kaloringumas, MJ/kg	Iki 8,22		Iki 12,52			
² Biokuro sąnaudos, t;	74 693,90	2 143 182,08	49 040,24	2 143 182,08	25 653,66	0,00
³ Aplinkos oro tarša, t/m.						
CO (A)	55,26	0,00	55,26	0,00	0	0,00
NOx (A)	49,73	0,00	49,73	0,00	0	0,00
KD (A)	8,45	0,00	8,45	0,00	0	0,00
SOx (A)	6,63	0,00	6,63	0,00	0	0,00
Iš viso:	120,07	0,00	120,07	0,00	0	0,00
⁴ Nepavojingos degimo produktų atliekos, t	485,75	22 041	0	0,00	485,75	22 041
Elektros energija, kWh	273 877,62	40 807,77	179 814,22	26 792,32	94 063,4	14 015,45
Dyzelinis kuras (biokurui gabenti), t	15,69	20 541,08	10,3	13 486,23	5,39	7 054,85
Analizuojami įvediniai ir išvediniai	2018 m. (esama situacija)		2019 m. (įdiegus projektą)		(+ Sutaupoma (sumažėja) (-) padidėja)	
	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.	vnt./m.	Eur/m.
³ Išlakos į aplinkos orą iš mobilių taršos šaltinių, t	0,78	124,18	0,51	81,53	0,27	42,65
Iš viso, Eur/m.:					43 153,95	

Pastabos:

¹ šiluminės energijos poreikis vertinamas pagal 2019 m. „Klaipėdos rajoninė katilinė“ pagamintą šiluminės energijos kiekį, padidinus 33,33 proc., siekiant įvertinti realų katilų darbą visus metus.

² naudojamo kuro kaina apskaičiuota remiantis Valstybinės energetikos reguliavimo tarybos nurodytomis vidutinėmis kuro kainomis [54].

³ mokestis už aplinkos teršimą apskaičiuotas pagal **Mokesčio už aplinkos teršimą apskaičiavimo ir mokėjimo tvarkos aprašą** [52].

⁴ po įdiegto projekto susidarantys nepavojingi degimo produktai – pelenai bus perduoti panaudoti žemės ūkio ir miškų trešimui bei kelių tiesimui, todėl bus sutaupoma mokesčiui už teršimą sąvartynuose šalinamomis atliekomis.

Ekonominis įvertinimas

Investicijos į sandėlio statybą, įskaitant visas susijusias išlaidas, pagal rinkos kainas – 145 000 Eur. Įdiegus siūlomą alternatyvą, per metus galima sutaupyti 43 153,95 Eur. Investicijų atsipirkimo trukmė – 3,36 m.

5. Išteklių tausojimo galimybes šiluminės energijos gamybos sektoriuje Lietuvoje

Darnių (tausojančių) pramonės plėtros metodų taikymo AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinėse analizė parodė, kad išteklių naudojimo efektyvumas, diegiant ŠG prevencines inovacijas, didėja, pavyzdžiui:

- Įdiegiant 1-ąją inovaciją, kurioje siūloma atsisakyti gamtinių dujų deginimo Paupių katilinėje, prijungiant šiluminės energijos tiekimo tinklą prie „Klaipėdos rajoninė katilinė“ ir „Lypkių rajoninė katilinė“ šiluminės energijos tiekimo tinklą, tokiu būdu padidint energijos gamybą iš biokuro, leistų sumažinti gamybos nuostolius – 452 MWh/m.; dar daugiau sumažinti šiluminės energijos gamybą iš neatsinaujinančių energijos išteklių (atsisakoma iki 467,2 tūkst. nm³/m. gamtinių dujų) bei ŠESD (CO₂ (nebiogeninės kilmės)) – iki 757 t/m.
- Įdiegiant 2-ąją inovaciją, kurioje siūloma atsisakyti rezervinio kuro – mazuto naudojimo, vietoj jo deginant mažiau taršesnę kurą – gamtines dujas, nereikėtų papildomai gaminti iki 1 749,2 MWh/m. šiluminės energijos mazuto ūkiui; būtų atsisakyta mazuto (iki 2 879,9 t/m.) ir gamtinių dujų deginimo (iki 214,7 tūkst. nm³), sumažėtų ŠESD (CO₂ (nebiogeninės kilmės)) – iki 542,5 t/m.
- Įdiegus 3-ąją inovaciją, kurioje siūloma pastatyti papildomą biokuro sandėlį, tokiu būdu sumažinant deginamo biokuro drėgmę, leis taupyti iki 94 063,4 kWh/m. elektros energijos ir 5,4 t/m. dyzelinio kuro.

Kadangi pirmoji inovacija jau įdiegta 2019 m. spalio mėnesį, aplinkos apsaugos veiksmingumas (AAV) vertinamas tik planuojamoms inovacijoms (žr. 12 lentelę).

12 lentelė. Siūlomų alternatyvų įdiegimo AB „Klaipėdos energija“ aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas

Ištekliai ir poveikis aplinkai	Vnt.	Situacija 2019 m.		Planuojama situacija, įdiegus visas 3 inovacijas		Išteklių naudojimo efektyvumo ir poveikio aplinkos orui pokytis
		³ Kiekis, vnt./m.	AAI _{iki} , vnt./MWh	Kiekis, vnt./m.	AAI _{po} , vnt./MWh	
Šiluminė energija	MWh	277 694,7		275 945,6		
^{1,4} Biokuras	t MWh	60 205,2 156 741,8	564,4	46 585,4 159 770,9	579	3,2 kWh/MWh
¹ Gamtinės dujos	tūkst. nm ³ MWh	13 562,6 122 063,6	439,6	13 347,9 120 131,3	435,3	
¹ Mazutas	t MWh	339 3 757,3	13,5	0 0	0	
² Kuras transportui	t	87	0,31	84	0,3	0,01 kg/MWh
¹ Elektros energija	GWh	4,28	15,4	4,2	15,3	0,1 kWh/MWh
² ŠESD (CO ₂ (nebiogeninės kilmės))	t	22 629,7	81,5	21 629,3	78,4	3,1 kg/MWh
² Aplinkos oro tarša (CO, NO _x , SO ₂ , KD)	t	421,3	1,52	413,3	1,5	0,02 kg/MWh

Pastabos:

¹ AAI matavimo vienetai – kWh/MWh;

² AAI matavimo vienetai – kg/MWh;

³ vertinama, analizuojant 2019 m. medžiagų ir energijos balansą;

⁴ faktiškai 2019 m. biokuro sunaudota 59 161,4 t/m. (154 358,5 MWh), nes šiluminės energijos gamyba Paupių mikrorajonu, deginant biokurą pradėta tik 2019 m. spalio mėnesį; teoriškai vertinama, kad biokuro sunaudota daugiau (tiek, kiek reiktų pagaminti energijos Paupių katilinėje)).

Be darbe išanalizuotų ir diegimui siūlomų inovacijų AB „Klaipėdos energija“ lygmenyje, taip pat siūlomos darnios inovacijos bendram šiluminės energijos gamybos sektoriui:

- Siekiant tausoti išteklius šilumos ūkyje, svarbu įvertinti ir surinkti susidarančią perteklinę arba atliekamą šiluminę energiją. Šios energijos surinkimas gali duoti tiek finansinę, tiek aplinkosauginę naudą įmonei bei regionui, kadangi taupomi ne tik ištekliai, bet ir mažinama priklausomybė nuo iškastinio kuro, nes dažnu atveju, staigūs šiluminės energijos svyravimai padengiami deginant gamtines dujas. Gamtinės dujos pasirinktos dėl savo lankstumo ir greito šiluminės energijos išgavimo nuo užkūrimo momento.

Susidariusi perteklinė arba atliekamą šiluminę energiją kaupiama akumuliacinėse talpyklose, kurioms gali būti pasitelkti mazuto saugojimo rezervuarai. Minėti rezervuarai yra vis mažiau naudojami, kadangi mazuto naudojimas mažėja.

- Dar viena galimybė tausoti išteklius – žemų temperatūrų šilumnešio (50–70 °C) naudojimas šiluminės energijos tiekime. Vis didesnė pastatų dalis tampa energetiškai efektyvūs, todėl užtikrinti reikiamą komfortą patalpose galima ir naudojant žemos temperatūros šilumnešį. Toks tiekimo būdas – kiekybinis reguliavimas, kai kinta tik šilumnešio srautas. Paprastai naudojamas kokybinis/kiekybinis reguliavimas, kai priklausomai nuo aplinkos oro temperatūros kinta tiek šilumnešio temperatūra, tiek srautas. Pasirinkus žemos temperatūros kiekybinį reguliavimą, sumažėja šiluminės energijos tiekimo nuostoliai, padidėja elektrinių ir katilinių efektyvumas bei sunaudojamas mažesnis kuro kiekis. Verta paminėti, kad dėl sumažėjusių temperatūrų būtų galima pakeisti plieninius vamzdinius į plastikinius šiluminės energijos tiekimui, kadangi jie yra kur kas patvaresni ir gali tarnauti ilgiau.
- Šiluminės energijos gamybai Lietuvoje pagrindiniai, apie 99 %, naudojami AEI yra mediena ir jos atliekos, o bendroje kuro struktūroje AEI sudaro 67,5 % [35]. Pasiekus 80 proc. ribą, investicijos į biokuro katilus jau bus nebe tokios efektyvios, kokios buvo iki tol. Medienos ir jos atliekų kiekis taip sparčiai nedidėja, kaip yra naudojamos, todėl svarbu plačiau naudoti ir kitus AEI išteklius. Pavyzdžiui, išnaudojant Lietuvoje turimą didelį šiaudų potencialą (virš 500 ktne) [57]. Įvertinta, kad šiluminės energijos gamybai galima panaudoti apie 60 % šio potencialo. Šiaudus paranku naudoti ir dėl ekonominių sumetimų, jų kainą yra sąlyginai nedidelė kaip ir susidarymo trukmė [57]. Taip pat siūloma panaudoti ir grūdinių kultūros apdorojimo metu susidarančias atliekas (pavyzdžiui, lukštus) šiluminės energijos gamybai, taikant kombinuotą degimą kartu su biokuru.

6. Išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad Lietuvos šiluminės energijos gamybos ir tiekimo ūkio sektoriuje didžiausios aplinkosaugos problemos susijusios su neefektyviu pirminės energijos (kuro) ir iškastinio kuro naudojimu, kurio deginimo metu į aplinką išskiria šiltnamio efektą sukeliančios dujos (ŠESD). Siekiant didinti išteklių efektyvumą ir mažinti ŠESD išsiskyrimą šiluminės energijos gamybos sektoriuje plačiausiai taikomi švaresnės gamybos (ŠG) taršos prevencijos ir atliekų mažinimo metodai: įvedinių pakeitimas, technologijos pakeitimas arba modernizacija, procesų optimizavimas. Aplinkos vadybos sistemų (AVS) įdiegimas įmonėje sukuria galimybes palaikyti ŠG tęstinumą, siekiant užtikrinti pastovų aplinkosauginio veiksmingumo gerinimą, kadangi AVS skatina aplinkos apsaugos problemų sprendimui taikyti sisteminių požiūrį ir visų pirmą diegti prevencines priemones.

2. Iškastinio kuro naudojimas sąlygoja didėjančią aplinkos oro taršą (CO, NO_x, SO₂, KD). Teisės aktų analizė parodė, kad oro taršos ribinės vertės ateityje tik didės, skatinamas bus tik atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimas, todėl, siekiant atitiktį numatytoms taršos ribinėms vertėms, energiją gaminančios įmonės turės atsisakyti neefektyvaus iškastinio kuro naudojimo arba diegti sudėtingas ir brangias taršos valymo priemones.

3. Taikant ŠG diegimo pramonės įmonėse metodiką, AB „Klaipėdos energija“ Klaipėdos miesto katilinėse identifikuotos pagrindinės aplinkosauginės problemos, susijusios su neefektyviu išteklių naudojimu ir nustatytos jų atsiradimo priežastys: šiluminės energijos nuostoliai, deginat iškastinį kurą senuose kurą deginančiuose įrenginiuose (pvz., Paupių katilinėje – apie 452 MWh/m.); neefektyvus gamtinių dujų naudojimas Klaipėdos rajoninėje katilinėje dėl rezervinio kuro – mazuto naudojimo (mazuto rezervuarų šildymui sunaudojama virš 5 % pagaminto garo); neefektyvus biokuro naudojimas dėl dalies šio kuro laikymo atviroje teritorijoje.

4. AB „Klaipėdos energija“ efektyviam išteklių naudojimui darbe įvertintos ir pasiūlytos diegimui šios alternatyvos:

- *AEI išteklių naudojimas centralizuotam šilumos tiekimui (CŠT) Paupių mikrorajone.* Šiluminės energijos gamybai naudojamų gamtinių dujų pakeitimas į biokurą, leistų eliminuoti gamybos nuostolius, atsisakyti gamtinių dujų naudojimo (virš 467 tūkst. nm³/m.), sumažinti ŠESD (CO₂ (nebiogeninės kilmės)) išsiskyrimą – apie 757 t/m.
- *Klaipėdos rajoninėje katilinėje rezervinio kuro keitimas iš mazuto į gamtines dujas* leistų sutaupyti gaminamą šiluminę energiją mazuto ūkio išlaikymui (teoriškai virš 1,7 tūkst. MWh/m.); taip pat sumažėja ŠESD (CO₂ (nebiogeninės kilmės)) išsiskyrimas (virš 542 t/m.).
- *Energijos gamybos efektyvumo didinimas, optimizuojant biokuro katilinės procesus.* Klaipėdos rajoninėje katilinėje biokuro sandėlio išplėtimas leistų sumažinti teritorijoje kaupiamo biokuro drėgmę, tuo pačiu sumažėtų elektros energijos sąnaudos (virš 94 MWh/m.) ir dyzelinio kuro sąnaudas (virš 5 t/m.).
Įdiegus siūlomas inovacijas, kasmet būtų sutaupoma virš 217 tūkst. Eur, bendrų inovacijų apsipirkimo trukmė siektų – 2,4 m.

5. Pirmoji siūloma inovacija įdiegta 2019 metais. Jos įdiegimas leido iki 3,4 % sumažinti gamtinių dujų sąnaudas Klaipėdos miesto katilinėse.

Palyginti su situacija 2019 m. kitų dviejų siūlomų inovacijų įdiegimas leistų AB „Klaipėdos energija“ sumažinti kuro sąnaudas iki 3,2 kWh kiekvienai MWh šiluminės energijos pagaminti, elektros energijos sąnaudas sumažėtų 0,1 kWh/MWh, dyzelinio kuro – 0,01 kg/MWh.

6. Magistro baigiamajame darbe pateikiamos rekomendacijos Lietuvos šiluminės energijos gamintojams dėl darnių inovacijų įdiegimo, didinant energijos gamybos efektyvumą, taip tausojant išteklius ir mažinant poveikį aplinkos orui dėl oro teršalų ir klimato kaitai dėl ŠESD.

Šaltinių sąrašas

1. Oficialiosios statistikos portalas [interaktyvus]. 2020. [2020-03-02]. Prieiga per: <https://osp.stat.gov.lt/>
2. Energetika darnios plėtros kontekste [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2020-02-16]. Prieiga per: https://lsta.lt/files/seminarai/121026_KTU%20konf/01_Energetika%20darnios%20pletros%20kontekste%20%28J.K.Staniskis%29.pdf
3. Marcinauskas, K., Korsakienė, I., Centralizuotas šilumos tiekimas ir šilumos kainos 1945–2011 m. Lietuvoje: istorinė-ekspertinė apžvalga. Energetika. 2011. t. 57. nr. 4. P. 207–230.
4. Rio Declaration on Environment and Development [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-02-16]. Prieiga per: <https://www.cbd.int/doc/ref/rio-declaration.shtml>
5. Murauskaitė L., Klevas V., Biekša K., Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos reformavimo prielaidos Lietuvoje. Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai, 2013, 7(1), p. 191–209, ISSN 1822–7996.
6. Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo sektoriaus 2018 metų apžvalga [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2020-02-09]. Prieiga per: https://lsta.lt/wp-content/uploads/2019/10/LSTA_apzvalga_2018.pdf
7. Kauno kogeneracinė jėgainė [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per: <https://kkj.lt/>
8. Vilniaus kogeneracinė jėgainė [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per: <https://www.vkj.lt/>
9. Europos Parlamento 2016-09-13 rezoliucija „Dėl ES šildymo ir vėsinimo strategijos“ (2016/2058(INI)).
10. Šilumos tiekimo vamzdynų optimizavimas [interaktyvus]. 2010. [žiūrėta 2020-03-15]. Prieiga per: https://lsta.lt/aktualijos/renginys_260/
11. Oficiali Lietuvoje susidariusių, surinktų ir sutvarkytų atliekų suvestinė [interaktyvus]. 2020 [žiūrėta 2020-02-23]. Prieiga per: <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=01f545a1-ebed-4f2d-b05a-2b1bf5e7494>
12. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2019-04-17 nutarimas Nr. 371 „Dėl nacionalinio oro taršos mažinimo plano patvirtinimo“ (TAR., 2019, Nr. 6860).
13. Lecomte, Thierry ir kiti. Best available techniques (BAT) reference document for large combustion plants. 2017. ISBN 978-92-79-74303-0.
14. Burlakvas, A., Katinas, V., Atliekinės šilumos energijos utilizavimas, naudojant organinį Renkino ciklą, elektros energijai gaminti. Energetika. 2011. t. 57. nr. 2. P. 115-122.
15. Lukoševičius, V. Detalai reguliuojamo Lietuvos šilumos ūkio raida. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija [interaktyvus]. Vilnius, 2016 [žiūrėta 2020-04-25]. Prieiga per: https://lsta.lt/files/events/2016-01-11%20LSTA%20ekspertai/Efektyvus%20reguliavimas%20ir%20LT%20CST%20raida_VL_2016-01-13.pdf
16. Rutz, D., Winterscheid, C., Pauschinger, T., Grimm, S., Roth, T., Doračić, B., Dyer, G., Østergaard, T. A., Hummelshøj, R., Upgrading the performance of district heating networks Technical and non-technical approaches. A Handbook, 2019. P. 100.
17. Lietuvos Respublikos Seimo 2012-06-26 nutarimas Nr. XI-2133 „Dėl Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos patvirtinimo“ (Žin., 2012, Nr. 80-4149; TAR., 2018, Nr. 10958).

18. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2018-12-05 nutarimas Nr. 1210 „Dėl nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos įgyvendinimo priemonių plano patvirtinimo“.
19. Europos komisijos 2011-12-15 komunikatas Nr. 885 Energetikos veiksmų planas iki 2050 m.
20. Europos komisijos 2010-11-10 komunikatas Nr. 639 Energetika 2020 - konkurencingos, darnios ir saugios energetikos strategija.
21. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2012-06-26 įsakymas „Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ patvirtinimo“ (Žin., 2016, Nr. 27896).
22. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2013-04-10 įsakymas Nr. D1-244 „Dėl išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių normų LAND 43-2013 patvirtinimo“ (Žin., 2013, Nr.39-1925, Nr. 139-7015; TAR, 2013, Nr. 00066, 2014, Nr. 02538, 2016, Nr. 28124).
23. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2017-09-18 įsakymas Nr. D1-778 „Dėl išmetamų teršalų iš vidutinių kurų deginančių įrenginių normų patvirtinimo“.
24. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2001-09-28 įsakymas „Dėl specialiųjų reikalavimų dideliems kurų deginantiems įrenginiams patvirtinimo“ (Žin., 2001 Nr. 88-3100; Žin., 2013 Nr. 38-1871).
25. Ambrulevičius, R., Biomassės deginimas mažos bei vidutinės galios katilinėse ir emisijų problemos. Energetika. 2010. Nr. 56(2). P. 103–109.
26. Sodsai, P., Rachdawong, P., The current situation on CO2 emissions from the steel industry in Thailand and mitigation options. International Journal of Greenhouse Gas Control. 2012. No. 6. P. 48–55.
27. Staniškis, J. K., Kriaučionienė, M., Darni plėtra: mokomoji knyga. 2008, p. 450.
28. Staniškis, J. K., Kliopova, I., Stasiškienė, Ž., Varžinskas, V., 2010. Darnios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas. p. 458.
29. Lecomte, T., de la Fuente, J. F. F., Neuwahl, F., Canova, M., Pinasseau, A., Jankov, I., Brinkmann, T., Roudier, S. Best available techniques (BAT) reference document for large combustion plants [interaktyvus]. [žiūrėta 2020-05-16]. Prieiga per: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/JRC_107769_LCPBref_2017.pdf
30. Intra P., Limueadphai P., Tippayawong P. Particulate emission reduction from biomass burning in small combustion systems with a multiple tubular electrostatic precipitator. Particulate Science and Technology. 2010. Vol. 28(6). P. 547–565.
31. Lietuvos Respublikos Seimo 1996-08-15 įstatymas Nr. I-1495 „Lietuvos Respublikos planuojamos ūkinės veiklos poveikio aplinkai vertinimo įstatymas“ (Žin., 1996, Nr. 61-82-1965; TAR, 2016, Nr. 10411, 2017 Nr. 11562).
32. Lietuvos Respublikos Seimo 2019-06-06 įstatymas Nr. XIII-2166 „Lietuvos Respublikos specialiųjų žemės naudojimo sąlygų įstatymas“ (TAR 2019 Nr. 9862).
33. Europos komisijos 2015-12-02 komunikatas Nr. 614 Uždaro ciklo kūrimas. ES žiedinės ekonomikos veiksmų planas.
34. Žiedinė ekonomika: kas tai ir kodėl ji svarbi? [interaktyvus]. 2012. [2020-02-25]. Prieiga per: <https://www.europarl.europa.eu/news/lt/headlines/economy/20151201STO05603/ziedine-ekonomika-kas-tai-ir-kodel-ji-svarbi>

35. Šilumos tiekimo bendrovių 2018 metų techninių – ekonominių rodiklių suvestinės lentelės [interaktyvus]. 2019. [žiūrėta 2020-02-18]. Prieiga per: https://lsta.lt/wp-content/uploads/2019/10/Lenteles_WEB_final.pdf
36. Lietuvos Respublikos Seimo 2003-05-20 įstatymas Nr. IX-1565 „Lietuvos Respublikos šilumos ūkio įstatymas“.
37. Chertow, M. R., “Uncovering” Industrial Symbiosis. *Journal of Industrial Ecology*. 2007. 11(1), P. 11–30.
38. Staniškis, J. K., Kliopova, I., Miliūtė-Plepienė, J., Kruopienė, J., Uselytė, R., Varžinskas, V. Darni atliekų vadyba. Mokslo monografija. Kaunas, 2017.
39. Staugaitis, G., Kliopova, I., Mažeika, R., Gvildienė, K., Barčauskaitė, K., Jurovickaja, E., Stunženas, E. Reikalavimai (kriterijai) iš biologiškai skaidžių atliekų pagamintiems produktams [interaktyvus]. 2017. [žiūrėta 2020-05-16]. Prieiga per: <https://www.slideshare.net/LRATCA/reikalavimai-is-biologiskai-skaidziu-atlieku-pagamintiems-produktamsii>
40. Lietuvos Respublikos Žemės ūkio ministro 2019-05-10 įsakymas Nr. 3D-292 „Dėl Lietuvos Respublikos rinkai pateikiamų trešiamųjų produktų įtraukimo į identifikavimo sąrašą ir išbraukimo iš šio sąrašo tvarko aprašo ir Lietuvos Respublikos rinkai pateikiamų ir tiekiamų trešiamųjų produktų identifikavimo sąrašo patvirtinimo“ (TAR, 2019, Nr. 7514).
41. Ruževičius, J., Aplinkosaugos vadybos priemonių sistemos analizė. *Ekonomika ir vadyba*, 2009. 14, p. 1084–1090.
42. Arbačiauskas, V., Aplinkos apsaugos ir kokybės vadybos integravimas bei įtaka Lietuvos pramonės įmonių ekonominiam ir aplinkos apsaugos veiksmingumui. *Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba* 2(16). 2001
43. Bagdonienė, D., Galbuogienė, A., Paulavičienė, E., Darnios organizacijos koncepcijos formavimas visuotinės kokybės vadybos pagrindu. *Ekonomika ir vadyba*, 2009. 14 p. 1044–1053.
44. Čiegis, R., Zeleniūtė, R., Ekonomikos plėtra darnaus vystymosi aspektu. *Taikomoji ekonomika: sisteminiai tyrimai*, 2008, p. 37–54, ISSN 1392-1142.
45. Energijos išteklių rezervinių atsargų sudarymo, tvarkymo, kaupimo ir naudojimo Lietuvos energetikos įmonėse taisyklių projekto parengimas [interaktyvus]. 2012. [žiūrėta 2020-03-03]. Prieiga per: www.lsta.lt/files/studijos/2012%20metu/A-76_RK%20studija%202012%2012%2019%20galutine_korg_130404.pdf
46. EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2019 [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-04-21]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>
47. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2004-04-29 įsakymas Nr. D1-231 „Dėl Šiltnamio efekta sukeliančių dujų apyvartinių taršos leidimų skyrimo ir prekybos jais tvarkos aprašo patvirtinimo“ (Žin., 2014, Nr. 78-2764).
48. Lietuvoje taikomos kuro grynosios šiluminės vertės ir išmetamų teršalų faktoriai [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020 05 16]. Prieiga per: <http://klimatas.gamta.lt/cms/index?rubricId=b83233ea-a295-4e27-a50d-be1a6f748aee>
49. AB „Klaipėdos energija“ [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-02-13]. Prieiga per: www.klenergija.lt
50. maps.lt [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-04-15]. Prieiga per: <https://beta.maps.lt/>
51. AB „Klaipėdos energija“ [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-05-12]. Prieiga per www.klenergija.lt

52. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro ir Lietuvos Respublikos finansų ministro 2008-07-09 įsakymas Nr. D1-370/1K-230 „Dėl Mokesčio už aplinkos teršimą apskaičiavimo ir mokėjimo tvarkos aprašų patvirtinimo“ (Žin., 2008, Nr. 79-3140).
53. Lietuvos Respublikos Prezidento 1999-05-13 įstatymas Nr. VIII-1183 „Lietuvos Respublikos mokesčio už aplinkos teršimą įstatymas“ (Tar, 2013, Nr. XII-288).
54. Valstybinė energetikos reguliavimo taryba [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-04-21]. Prieiga per: <https://www.vkekk.lt/siluma/Puslapiai/kuro-ir-perkamos-silumos-kainos/vidutine-salies-kuro-zaliavos-kaina.aspx>
55. Investing [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-05-25]. Prieiga per: <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions>
56. Lietuvos Respublikos Seimo 2002-05-16 įstatymas Nr. IX-884 „Lietuvos Respublikos energetikos įstatymas“.
57. Galinis, A., Miškinis, V., Konstantinavičiūtė, I., Norvaiša, E., Tarvydas, D., Pažėraitė, A., Gatautis, R., Lekavičius, V., Alėbaitė, I., Lietuvos energetikos sektoriaus perspektyvinės plėtros analizė atsižvelgiant į ES strategines iniciatyvas energetikos srityje. 2014, p. 384.
58. Amber grid [interaktyvus]. 2020. [žiūrėta 2020-05-27]. Prieiga per: <https://www.ambergrid.lt/lt/paslaugos/kainos-ir-mokesciai/calculator>
59. Gudzinskas, J., Lukoševičius, V., Martinaitis, V., Tuomas, E., Šilumos vartotojo vadovas. Vilnius, 2011.
60. Buinevičius, K., Mockuvienė, J., Puida, E. Aplinkosauginių reikalavimų įtakos šilumos tiekimo įmonių rezervinio kuro kaupimui analizė ir rekomendacijos įmonėms dėl rezervinio kuro optimalaus panaudojimo [interaktyvus]. Kaunas, 2007. [žiūrėta 2020-04-05]. Prieiga per: http://www.lsta.lt/files/studijos/2007/2_Aplinkosa_reikalav.pdf

Priedai

1 Priedas. Išmetamų teršalų iš kura deginančių įrenginių ribinės vertės (mg/Nm³)

Kuro rūšis	Instaliuota nominali katilo galia, MW	Išmetamų teršalų ribinės vertės, mg/Nm ³															
		SO ₂				NO _x				CO				KD			
		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys	
		Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵	Pagal KDI ²⁴	Pagal VKDI ²⁵
Dujinis kuras	0,12≥MW<1	-	-	-	-	350	-	350	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Skystasis kuras		3400 ¹⁶	-	1700	-	700	-	700	-	-	-	-	-	250	-	250	-
Kietasis kuras		2000	-	2000	-	650 ²	-	650 ²	-	-	-	-	-	800	-	800	-
Dujinis kuras	1≥MW<5	-	200	35	35 ⁷	350	250	350	200 ⁸	400	-	400	-	-	-	20	-
Skystasis kuras		2700	350	2700	350	650	650	450	300	500	-	500	-	250	50	200	50
Kietasis kuras		2000	200 ⁵	2000	200 ⁵	650 ²	50	650 ²	500	2000 ¹	-	1000 ¹	-	700	50	400	50
Dujinis kuras	5≥MW<20	-	35 ³	35	35 ⁷	350	250 ⁹	350	200 ⁸	400	-	400	-	-	-	20	-
Skystasis kuras		2700	350 ⁶	2700	350	650	650	450	300	500	-	500	-	250	30	200	20
Kietasis kuras		2000	200 ⁴	2000	200 ⁵	650 ²	650	650 ²	300	2000 ¹	-	1000 ¹	-	700	50	400	30
Dujinis kuras	20≥MW<50	-	35 ³	35	35 ⁷	350	250 ⁹	350	200 ⁸	400	-	400	-	-	-	20	-
Skystasis kuras		2700	350 ⁶	2700	350	650	650	450	300	400	-	400	-	250	30	100	20
Kietasis kuras		2000	200 ⁵	2000	200 ⁵	650 ²	650	650 ²	300	1500	-	1000	-	500	30	300	20

Priedas Nr. 1 tęsinys.

Kuro rūšis	Instaliuota nominali katilo galia, MW	Išmetamų teršalų ribinės vertės, mg/Nm ³															
		SO ₂				NO _x				CO				KD			
		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys		Esamas įrenginys		Naujas įrenginys	
		Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵	Pagal DKDI ²⁶	Pagal VKDI ²⁵
Dujinis kuras	50≥MW≤300	35 ^{11,13}	-	35 ¹¹	-	350	-	350	-	300	-	300	-	20/ 5 ¹³	-	5	-
Skystasis kuras		2700/ 1700 ¹³	-	1700	-	450	-	450	-	400	-	400	-	100/ 50 ¹³	-	50	-
Kietasis kuras		2000	-	2000 ¹⁰	-	650	-	650	-	1000 ¹⁵ / 700 ^{12,13}	-	700 ¹²	-	400 ¹⁴ / 100 ¹³	-	100	-

Pastabos:

¹ biokurui taikoma ribinė vertė – 4000 mg/Nm³.

² biokurui taikoma ribinė vertė – 750 mg/Nm³.

³ biodujoms taikoma ribinė vertė – 170 mg/Nm³.

⁴ vertė netaikoma vien tik kietąją medieną deginantiems VKDI, deginant vien tik kietąją medieną taikoma ribinė vertė – 1100 mg/Nm³.

⁵ vertė netaikoma vien tik kietąją medieną deginantiems VKDI, deginant vien tik kietąją medieną taikoma ribinė vertė – 400 mg/Nm³.

⁶ iki 2030 m. sausio 1 d. – 850 mg/Nm³ mazutą deginančių VKDI.

⁷ gamtinėms dujoms negalioja ribinė vertė, biodujoms taikoma ribinė vertė – 100 mg/Nm³.

⁸ gamtinėms dujoms taikoma ribinė vertė – 100 mg/Nm³.

⁹ gamtinėms dujoms taikoma ribinė vertė – 200 mg/Nm³.

¹⁰ taikoma tik kai instaliuota katilo nominali galia 50–100 MW.

¹¹ suskystintoms dujoms taikoma ribinė vertė – 170 mg/Nm³.

¹² esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100 – 300 MW taikoma ribinė vertė – 500 mg/Nm³.

¹³ esamiems įrenginiams – nuo 2008 m. sausio 1 d.

¹⁴ esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100 – 300 MW taikoma ribinė vertė – 300 mg/Nm³.

¹⁵ esant instaliuotai katilo nominaliai galiai 100 – 300 MW taikoma ribinė vertė – 800 mg/Nm³.

¹⁶ nuo 2004 m. sausio 1 d. visiems įrenginiams, deginantiems skystą kurą SO₂, nustatoma ribinė vertė negali būti didesnė negu 1 700 mg/Nm³.

¹⁷ didelių kurą deginančių įrenginių ribinės normos nustatomos pagal įsakymą Nr. 486 „Išmetamų teršalų ir didelių kurą deginančių įrenginių normos“, šaltinis – [24].

¹⁸ vidutinių kurą deginančių įrenginių ribinės normos nustatomos pagal įsakymą Nr. D1-778 „Išmetamų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių normų“, šaltinis – [23].

¹⁹ kurą deginančių įrenginių ribinės normos nustatomos pagal įsakymą Nr. D1-244 „Išmetamų teršalų iš kurą deginančių įrenginių normos LAND 43-2013“, šaltinis – [22].

2 Priedas. Sunaudoto kuro kiekis šiluminei energijai gaminti šaltuoju metų periodu (tne) [49, 33]

Laikotarpis		Naudotas kuro kiekis šiluminės energijos gamybai		Iš viso	
		AB „Klaipėdos energija“	Nepriklausomi šilumos gamintojai		
2017 m.	Lapkritis	1 238,39	6 038,53	7 276,92	36 256,80
	Gruodis	1 279,67	6 216,89	7 496,56	
2018 m.	Sausis	1 279,67	6 072,84	7 352,511	45 376,87
	Vasaris	1 155,83	5 523,05	6 678,88	
	Kovas	1 279,67	6 172,26	7 451,93	
	Lapkritis	1 069,17	5 732,97	6 802,14	41 891,31
	Gruodis	3 206,58	6 822,53	10 029,11	
	Sausis	4 410,29	6 656,95	11 067,24	
2019 m.	Vasaris	2 604,61	6 070,50	8 675,11	41 891,31
	Kovas	2 907,31	5 895,96	8 803,27	
	Lapkritis	2 823,72	4 730,81	7 554,53	
	Gruodis	1 934,09	7 158,14	9 092,26	
	Sausis	1 609,30	7 075,75	8 685,05	
2020 m.	Vasaris	1 889,67	6 440,5	8 330,17	8 229,3
	Kovas	3 143,14	5 086,16	8 229,3	

3 Priedas. Numatoma lakiųjų organinių junginių (kodas 308) tarša į aplinkos orą iš mazuto ūkio įrenginių [51]

Susidarymo vieta	Susidarymo laikotarpis	Susidarantis LOJ kiekis, t/m.
2 000 m ³ mazuto rezervuaras	Saugant rezervuare	0,0015
2 000 m ³ mazuto rezervuaras		0,0015
2 000 m ³ mazuto rezervuaras		0,0015
5 000 m ³ mazuto rezervuaras		0,0038
5 000 m ³ mazuto rezervuaras		0,0038
5 000 m ³ mazuto rezervuaras		0,0038
Mazuto saugykla	Visu laikotarpiu	0,0001
Pagrindinė mazuto siurblinės patalpa	Visu laikotarpiu	0,0007
Pagrindinė mazuto siurblinė, nulinio rezervuaro patalpa	Visu laikotarpiu	0,0001
Iš viso:		0,0168

4 Priedas. Pirkto biokuro kiekis 2018 m. [49]

Laikotarpis		Kuro kiekis, tne	Nustatyta kuro kaina, Eur/tne	Bendras kiekis		
				Eur	tne/m.	Eur/m.
2018 m.	Sausis	30	308,55	9 256,5	9 942	2 978 131,86
		150	315,81	47 371,5		
		30	326,7	9 801		
		60	317,02	19 021,2		
		180	332,75	59 895		
		30	344,85	10 345,5		
		150	324,28	48 642		
		30	338,8	10 164		
	Vasaris	90	296,45	26 680,5		
		90	290,4	26 136		
		120	286,77	34 412,4		
		30	283,14	8 494,2		
		600	266,2	159 720		
		150	271,04	40 656		
	Kovas	30	193,6	5 808		
		132	175,45	23 159,4		
	Balandis	24	186,34	4 472,16		
	Gegužė	150	205,7	30 855		
		150	196,02	29 403		
		150	203,28	30 492		
	Birželis	18	217,8	3 920,4		
		60	198,44	11 906,4		
		30	187,55	5 626,5		
		18	211,75	3 811,5		
		30	205,7	6 171		
	Liepa	120	211,75	25 410		
		18	260,15	4 682,7		
	Rugpjūtis	72	266,2	19 166,4		
		1980	318,23	630 095,4		
		3780	320,65	1 212 057		
	Rugsėjis	390	314,6	122 694		
		330	318,23	105 015,9		
	Spalis	120	287,98	34 557,6		
		120	281,93	33 831,6		
		150	277,09	41 563,5		
		60	257,73	15 463,8		

Priedas Nr. 4 tęsinys.

Laikotarpis		Kuro kiekis, tne	Nustatyta kuro kaina, Eur/tne	Bendras kiekis		
				Eur	tne/m.	Eur/m.
	Lapkritis	30	239,58	7 187,4		
		30	235,95	7 078,5		
		210	252,89	53 106,9		