



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Tausojanti išteklius ir mažai anglies dioksido į aplinką
išskirianti šiluminės energijos gamyba nedideliuose kūrų
deginančiuose įrenginiuose**

Baigiamasis magistro projektas

Kostas Mažonas

Projekto autorius

Doc. dr. Irina Kliopova

Vadovė

Kaunas, 2025



Kauno technologijos universitetas

Aplinkos inžinerijos institutas
Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas

**Tausojanti išteklius ir mažai anglies dioksido į aplinką
išskirianti šiluminės energijos gamyba nedideliuose kūrų
deginančiuose įrenginiuose**

Baigiamasis magistro projektas
Darnus valdymas ir gamyba (6213EX001)

Kostas Mažonas

Projekto autorius

Doc. dr. Irina Kliopova

Vadovė

Doc. dr. Visvaldas Varžinskas

Recenzentas

Kaunas, 2025

Kostas Mažonas. Tausojanti ištekliai ir mažai anglies dioksido į aplinką išskirianti šiluminės energijos gamyba nedideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose. Magistro baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Irina Kliopova; Kauno technologijos universitetas, Mechanikos inžinerijos ir dizaino fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Aplinkos inžinerija (E03) – pagrindinė, Gamybos inžinerija (E10), Verslas (L1), Inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: švaresnė gamyba, šiluminių katilinių efektyvumas, ŠESD mažinimas.

Kaunas, 2025. 61 p.

Santrauka

Kuro deginimas – pagrindinis būdas šilumai gaminti ir tiekti į centralizuotus šilumos tinklus (CŠT) Lietuvoje. Šilumai gaminti pagrinde naudojamas kietasis biokuras bei gamtinės dujos. Deginant gamtines dujas, kaip ir bet kokią kitą iškastinį kurą, išskiriamas didelis kiekis šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), kurios daro poveikį klimato kaitai. Nors kietojo biokuro katilų tiesioginė įtaka klimato kaitai nėra tokia didelė dėl biogeninės kilmės CO₂, dažnai deginant drėgną ir peleningą biokurą krinta katilinių bendras efektyvumas, prarandama dalis naudingos šilumos.

Šio magistro baigiamąjo projekto metu siekiama įvertinti šilumos gamybos efektyvinimo galimybes nedideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose (KDI) bei pakeisti darančius didesnę poveikį klimato kaitai iškastinį kurą deginančius įrenginius į alternatyvas, naudojančias atsinaujinančią energiją išteklius (AEI).

Tyrimo objektu pasirinkta UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT) įmonė bei jos objektai išsidėstę po Vakarų Lietuvą. Tyrimo metu naudoti faktiniai pateikti įmonės duomenys už 2022 metus. Atliekant analizę remtasi švaresnės gamybos (ŠG) diegimo metodika, taikoma prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose. Pagal šią metodiką sudaryti: kuro ir energijos balansai įmonės lygmenyje, įvertintas poveikis klimato kaitai dėl ŠESD. Rezultatams sudarytas aplinkos apsaugos veiksmingumo vertinimas, jame remtasi lyginamosios analizės metodu, kuriame vertinami santykiniai ir absoliutiniai aplinkos apsaugos indikatoriai.

Darbo metu nustatyta, kad per 2022 metus sudeginus 50 254,321 MWh kuro, visos įmonės bendras šiluminis efektyvumas siekė 83,7 proc. ir patirta virš 8,2 tūkst. MWh nuostolių. Biokuro katilinių bendras efektyvumas 78 proc. Didžiausias poveikis klimato kaitai sukeliamas dėl deginamų gamtinių dujų, kas sudarė 1 031,895 t CO_{2e} arba 71 proc. visų įmonės ŠESD išlakų į orą.

Šiame magistro baigiamajame projekte siūlomos dvi alternatyvos, padėsiančios padidinti katilinių efektyvumą bei sumažinti poveikį klimato kaitai. Viena iš siūlomų projektų – didžiausioje bei galingiausioje katilinėje Nr. 2 papildomai įdiegti absorbcinį šilumos siurblių bei įrengti kompresorinį 1,5 MW galios šilumos siurblių. Šis projektas leistų per metus sumažinti beveik 5 242 tonų kietojo biokuro bei padidintų bendrą katilinės naudingumą nuo esamų 84 proc. iki 95,4 proc., padidinant suvartojamos elektros energijos kiekį beveik 3 000 MWh, tačiau sumažinant oro taršą beveik 34 t/m. Atlikus projekto įvykdymo analizę, padaryta išvada, kad bendras poveikis klimato kaitai ženkliai padidės dėl elektros sąnaudų iš tinklų bei šios alternatyvos finansiškai nėra naudingos. Tad KŠT

siūloma visų pirmą pereiti prie „Žaliosios“ elektros energijos naudojimo. Tuomet siūlomų alternatyvų įdiegimas leistų sumažinti tiesioginį poveikį klimato kaitai 125,376 t CO₂e/m.

Norint jau dabar sumažinti ŠESD išlakas į aplinkos orą, siūloma didžiausioje gamtinių dujų katilinėje Nr. 5 pakeisti esamus katilus į kompresorinius šilumos siurblius, paliekant dujinius atsargai šaltuoju metų periodu, kai šilumos siurblių sugeneruojamos šilumos neužteks. Ši alternatyva leistų per metus sumažinti apie 152,656 tūkst. m³ gamtinių dujų ir 294,088 t CO₂e ŠESD emisijų sunaudojant 347,453 MWh elektros energijos. Bendras poveikis klimato kaitai sumažės 148,152 t CO₂e/m.

Atsižvelgus į gautus rezultatus pritaikytos galimos alternatyvos likusiems KŠT objektams – pritaikius dūminį kondensacinį ekonomizerį kietojo biokuro KDI (14 objektų) galima sumažinti biokuro sąnaudas iki 1 716 MWh/m. Įdiegus šilumos siurblius vietoje gamtinių, suskystintų bei skystojo kuro katilinėms (9 objektai) per metus leistų sumažinti kuro sąnaudas 3498 MWh/m. Bendras kuro sąnaudų sumažėjimas siektų 5 214 MWh/m. arba virš 24 proc., analizuojant įmonės lygiu, bendras poveikis klimato kaitai dėl ŠESD sumažėtų 373,381 t CO₂e/m., arba 41,78 kg CO₂e/MWh, pagamintos šiuose KŠT objektuose šiluminės energijos.

KŠT objektui, kaip ir kitiems nedideliems kurą deginantiems įrenginiams rekomenduojama pereiti prie elektros energijos gamybos ir naudojimo, tai sumažintų šiluminės energijos gamybos tiesioginius kaštus, leistų drąsiai diegti siūloma alternatyvas, kuriose taupomas kuras, bet didėja elektros sąnaudos. Pavyzdžiui, KŠT pradėjus naudoti „žaliąją“ elektrą, visų darbe analizuotų pasiūlymų įdiegimas leistų sumažinti įmonės veiklos poveikį klimato kaitai 1 142 t CO₂e/m. arba virš 65 proc.

Kostas Mažonas. Resource-Efficient and Low-Carbon Thermal Energy Production in Small-Scale Combustion Plants. Master's Final Degree Project / supervisor Associate Professor Irina Kliopova; 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, thermal energy efficiency, green house gasses (GHG) reduction.

Kaunas, 2025. 61 p.

Summary

Fuel combustion remains the primary method for heat production and supply to district heating networks (DHNs) in Lithuania. The main fuels used for heat generation are solid biofuels and natural gas. The combustion of natural gas, like any other fossil fuel, results in substantial emissions of greenhouse gases (GHGs), which contribute to climate change. Although the direct climate impact of solid biofuel boilers is generally lower due to the biogenic origin of CO₂ emissions, frequent use of moist and ash-rich biomass reduces the overall efficiency of boiler houses and leads to the loss of usable heat.

This master's thesis aims to evaluate opportunities for improving heat production efficiency in small-scale fuel combustion units (FCUs) and to propose alternatives that replace fossil fuel-based systems with renewable energy source (RES) technologies, thereby mitigating climate impact.

The case study focuses on UAB Kretingos šilumos tinklai (KŠT), a district heating company with facilities across Western Lithuania. The analysis is based on actual operational data provided by the company for the year 2022. The methodological framework is based on the Cleaner Production (CP) approach, which supports the implementation of preventive innovations in energy facilities. Following this methodology, company-level fuel and energy balances were developed, and the climate impact due to GHG emissions was assessed. Environmental performance evaluation was conducted using comparative analysis based on both relative and absolute environmental indicators.

The study found that in 2022, the company combusted 50,254.321 MWh of fuel, achieving an overall thermal efficiency of 83.7%, with energy losses exceeding 8.2 thousand MWh. The combined efficiency of biofuel-fired boiler houses was 78%. The largest contributor to climate impact was the combustion of natural gas, accounting for 1,031.895 t CO₂e, or 71% of the company's total direct GHG emissions.

This thesis proposes two alternatives to improve boiler house efficiency and reduce climate impact. One of the proposed projects involves the installation of an absorption heat pump and a 1.5 MW compression heat pump at Boiler House No. 2, the largest and most powerful facility. This project would reduce annual solid biofuel consumption by approximately 5,242 tons and increase the thermal efficiency of the boiler house from the current 84% to 95.4%. Although electricity consumption would rise by nearly 3,000 MWh/year, air pollutant emissions would decrease by almost 34 t/year. However, a feasibility analysis concluded that the overall climate impact would significantly increase due to electricity consumption from the grid, making this alternative financially unviable. Therefore, the company is advised to transition to the use of green electricity. In this case, the implementation of the proposed solution would reduce direct climate impact by 125.376 t CO₂e/year.

To achieve immediate GHG emission reductions, it is proposed to replace the existing boilers at the largest natural gas-fired Boiler House No. 5 with compression heat pumps, retaining the gas boilers

as backup during the cold season when heat pump output may be insufficient. This alternative would annually reduce natural gas consumption by approximately 152.656 thousand m³ and cut GHG emissions by 294.088 t CO₂e, while consuming 347.453 MWh of electricity. The net reduction in climate impact would amount to 148.152 t CO₂e/year.

Based on the results, applicable alternatives were also proposed for other KŠT facilities. Installing flue gas condensing economizers in solid biofuel FCUs (14 facilities) could reduce biofuel consumption by up to 1,716 MWh/year. Replacing fossil fuel-based boiler systems (natural gas, liquefied petroleum gas, and liquid fuels) in nine facilities with heat pumps could reduce fuel consumption by 3,498 MWh/year. The total fuel consumption reduction across the company would amount to 5,214 MWh/year, or over 24%. At the company level, this would lower GHG emissions by 373.381 t CO₂e/year, equivalent to a reduction of 41.78 kg CO₂e per MWh of thermal energy produced.

It is recommended that KŠT, like other small-scale FCUs, transition to the generation and use of electricity. This would reduce the direct cost of thermal energy production and support the adoption of fuel-saving but electricity-intensive alternatives. For example, if KŠT adopts green electricity, full implementation of the proposed measures would reduce the company's climate impact by 1,142 t CO₂e/year — more than 65%.

Turinys

Lentelių sąrašas	8
Paveikslų sąrašas	9
Santrumpų ir terminų sąrašas	10
Įvadas.....	11
1. Šiluminės energijos gamyba ir centralizuotas tiekimas Lietuvoje.....	13
1.1. Šiluminės energijos gamyba ir centralizuotas tiekimas Lietuvoje	13
1.2. Klimato kaita bei poveikis klimato kaitai dėl ŠESD deginant kurą	15
1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimas energijos gamyboje	16
1.4. Teisės aktų ir reglamentų analizė	19
2. Pramonės ekologijos metodų pritaikymas šiluminę energiją gaminantiems ir tiekiantiems objektams	21
2.1. Taršos prevencija diegiant švaresnės gamybos projektus energetiniuose projektuose	22
2.2. Plačiausia naudojami šiluminę energiją gaminantys arba gamybą efektyvinantys įrenginiai..	24
2.2.1. Dūminis kondensacinis ekonomizeris, didinantis kurą deginančių įrenginių efektyvumą..	24
2.2.2. Šilumos siurblių naudojimas centralizuotos šiluminės energijos gamybai	25
3. Tyrimo metodika	29
4. Pramoninės ekologijos metodų taikymas UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinėse, siekiant tausoti išteklius ir mažinti poveikį klimato kaitai	34
4.1. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ esamas aplinkosauginis veiksmingumas ir esamas poveikis klimato kaitai	34
4.2. Aplinkosauginių problemų priežasčių nustatymas	38
4.3. Šilumos gamybos efektyvinimas kartu mažinant poveikį aplinkai, remiantis darnios pramonės plėtros metodais.....	42
4.3.1. Pramoninės ekologijos metodų taikymas, mažinant UAB „Kretingos šilumos tinklai“ Katilinės Nr. 2 poveikį klimato kaitai	42
4.3.2. Gamtinių dujų katilų pakeitimas Kretingos katilinėje Nr. 5 į šilumos siurblius oras – vanduo	49
4.3.3. Alternatyvų pritaikymas visiems įmonės objektams	52
5. Rekomendacijos nedideliems kurą deginantiems objektams, tiekiantiems šiluminę energiją į CŠT	53
Išvados	56
Literatūros sąrašas	58
Priedai.....	62
1 priedas. Oro teršalų iš vidutinių kuro deginančių įrenginių ribinės vertės Oro teršalų iš vidutinių kuro deginančių įrenginių ribinės vertės pagal LAND 43-2013 reikalavimai [23].....	62
2 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT) oro teršalų išmetimų vertinimo rezultatai (2022 m.)	64
3 priedas. Šiluminės energijos, pagaminamos, naudojant šilumos siurblių, kiekio įvertinimas	66
4 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinių kurą deginančių įrenginių sąrašas	67
5 priedas. Sunaudoto kuro ir elektros energijos UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinėse įdiegiant siūlomas alternatyvas (situacija prieš ir po projektų įdiegimo).....	70
6 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinės Vakarų Lietuvoje	74

Lentelių sąrašas

1.1 lentelė. Vidutinė metinė temperatūros kaita pagal SKN [5]	15
1.2 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių dalis energijos suvartojime Lietuvoje [1]	18
1.3 lentelė. Kietąjį biokurą diegiančių įrenginių išmetamų teršalų ribinės vertės [23, 48].....	19
3.1 lentelė. Tyrimo etapai ir naudojami moksliniai metodai	29
3.2 lentelė. ŠESD emisijų faktoriai, deginant įvairių kurą energetikos objektuose (informacija pagal 2025 m. Nacionalinę ŠESD inventorizavimo ataskaitą).....	31
3.3 lentelė. Emisijų faktoriai oro teršalų, kuries susidaro, deginant įvairių kurą energetikos objektuose su nedideliais KDI [40]	33
4.1 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ kurą deginančių įrenginių (KDI) kuro – energijos balansas.....	35
4.2 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ poveikis klimato kaitai dėl ŠESD, kurios susidaro deginant įvairių kurą ir dėl elektros energijos sąnaudų iš tinklų ne iš AEI (2022 m.)	36
4.3 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinių kuro – energijos balansas ir efektyvumo įvertinimas, 2022 m.	39
4.4 lentelė. Absorbcinio šilumos siurblio įdiegimas Kretingos Katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui šildymo sezono metu: pasiūlymo aplinkosauginio įvertinimo rezultatas.....	44
4.5 lentelė. Absorbcinio šilumos siurblio įdiegimas Kretingos katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui šildymo sezono metu: sutaupomų lėšų įvertinimas.....	45
4.6 lentelė. Šilumos siurblio įdiegimas Kretingos Katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui ne šildymo sezono metu: pasiūlymo aplinkosauginio įvertinimo rezultatas.....	46
4.7 lentelė. AŠS ir ŠS įdiegimas Kretingos katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui: sutaupomų lėšų įvertinimas	48
4.8 lentelė. Kretingos katilinei Nr. 5 siūlomos alternatyvos aplinkosauginio įvertinimo rezultatas	50
4.9 lentelė. Kretingos katilinei Nr. 5 siūlomos alternatyvos sutaupomų lėšų įvertinimas	51
5.1 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ Kretingos Katilinei Nr. 2 ir Nr. 5 siūlomų alternatyvų planuojamo aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas	54

Paveikslų sąrašas

1 pav. Šiluminės energijos vartotojai pagal sektorių [3]	14
2 pav. Vidutinė metinė pasaulinė temperatūra nuo XX amžiaus iki šių dienų [8]	15
3 pav. ŠESD pokytis skirtinguose sektoriuose pasaulyje (pav. sugeneruotas DI) [10]	16
4 pav. AEI sunaudojimas pagal energijos kilmę [47]	18
5 pav. Prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose pagrindiniai etapai [24].....	23
6 pav. Dūminio kondensacinio ekonomizerio principinė schema [31]	25
7 pav. Pagrindiniai šilumos siurblių tipai pagal šilumos šaltinius (pav. sugeneruotas DI) [33]	25
8 pav. Šilumos siurblio principinė sistema [35].....	26
9 pav. Dujinio absorbcinio siurblio principinė schema [38]	27
10 pav. Dujinis–variklinis šilumos siurblys (pav. sugeneruotas DI) [38].....	28
11 pav. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ poveikis klimato kaitai pagal deginamo kuro rūšį, 2022 m.	38
12 pav. Katilinės Nr. 2 pareikalaujama šiluma (2022 m.)	43
13 pav. Katilinės Nr. 5 šilumos poreikis (2022 m.)	49

Santrumpų ir terminų sąrašas

AAI – aplinkos apsaugos indikatorius;
AAIs – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius;
AAV – aplinkosauginis veiksmingumas;
AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;
AT – atsipirkimo trukmė;
CH₄ – metanas;
CO – anglies monoksidas;
CO₂ – anglies dvideginis arba anglies dioksidas;
CO_{2e} – CO₂ ekvivalentas;
COP – veiksmingumo koeficientas (Angl. – *Coefficient of Performance*);
ČŠT – centralizuotas šilumos tiekimas;
DI – dirbtinis intelektas;
DLK – didžiausia leistina koncentracija;
DKI – dūminis kondensacinis ekonomaizeris;
GPGB – geriausi prieinami gamybos būdai;
KD – kietosios dalelės;
KDI – kurą deginantis įrenginys;
KŠT – UAB „Kretingos šilumos tinklai“;
LR – Lietuvos Respublika;
LŠTA – Lietuvos centralizuoto šilumos tiekėjų asociacija;
n. k. – naudingumo koeficientas;
N₂O – diazoto oksidas arba diazoto monoksidas;
NO_x – azoto oksidai;
RV – ribinė vertė;
SKN – standartinė klimato norma;
SO₂ – sieros dioksidas;
ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;
ŠG – tvaresnė gamyba;
ŠS – šilumos siurblys;
t. š. – oro taršos šaltinis;
TIPK – taršos integruota prevencija ir kontrolė;
UAB – Uždaroji akcinė bendrovė;
VKDI – vidutinis kurą deginantis įrenginys;
VŠK – vandens šildymo katilas;
VŠP – visuotinio šiltėjimo potencialas (Angl. – *Global Warming Potential*).

Įvadas

Šilumos gamyba – neatskiriama buitinių bei komercinių vartotojų gyvenimo dalis. 2022 metais šilumos pagaminta 10 105,7 GWh, o didžioji dalis šios energijos sugeneruota sudeginant kietąjį biokurą. Ši kuro rūšis yra plačiausiai naudojama Lietuvoje – net 53 148 TJ pirminės energijos buvo pagaminta deginant malkas, kurui skirtas medienos ir žemės ūkio atliekas. Iš viso 2022 metais pagaminta 36 380,52 TJ šiluminės energijos. Pagal Oficialios statistikos portalo duomenis galima matyti, kad pagrindiniai energijos šaltiniai Lietuvoje yra biokuras ir gamtinės dujos [1].

Biokurą ir gamtines dujas deginantiesiems įrenginiams būdingi įvairūs trūkumai: biokuro katilų efektyvumas dažnai būna žemesnis, didelę įtaką turi deginamo biokuro drėgnis. Nors gamtinių dujų katilai energetiškai yra efektyvūs, tačiau jų šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) išlakos į orą yra žymiai didesnės. Griežtėjant aplinkosauginiams reikalavimams šiuos katilus netolimoje ateityje bus būtina pakeisti į atsinaujinančios energijos išteklius (AEI) naudojančius įrenginius.

Nedideli kurą deginantys įrenginiai (KDI) susiduria su dar viena problema – kaip šis tyrimas parodys, dažnai įrenginiai veikia neefektyviai, yra pasenę, nėra integruotų energetinį efektyvumą didinančių priemonių.

Objektas – šiluminės energijos gamyba nedideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose (KDI).

- Nedideli kurą deginantys įrenginiai (KDI) – <50MW;
- Vidutinis kurą deginantys įrenginiai (VKDI) – $1 \geq \text{MW} < 50$;
- Maži KDI – <1 MW.

Ypatingas dėmesys skiriamas iki 5MW galios KDI.

Detalesnei analizei (tyrimui) pasirinkta įmonė UAB „Kretingos šilumos tinklai“, kuriai priklauso 25 katilinės.

Tikslas – įvertinti galimybę sumažinti poveikį aplinkos orui ir klimato kaitai dėl ŠESD nedideliuose KDI, taikant pramoninės ekologijos metodus.

Uždaviniai:

- atlikti statistinių duomenų, aplinkosaugos teisės aktų, mokslinės ir praktinės literatūros analizę išteklių tausojo, ŠESD mažinimo šiluminės energijos gamybos KDI srityse;
- analizei parinktame objekte įvertinti esamą aplinkosauginį veiksmingumą, įskaitant poveikį klimato kaitai dėl ŠESD, identifikuoti problemų atsiradimo priežastis;
- taikant pramoninės ekologijos elementus, pasiūlyti alternatyvas, padėsiančias sumažinti poveikį aplinkos oro kokybei ir klimato kaitai, atlikti jų įvykdomumo analizę;
- pateikti rekomendacijas energetikos objektams, kuriuose šiluminė energija gaminama nedideliuose KDI.

Atlikto tyrimo praktinė nauda – šiame magistro projekte pasiūlytų alternatyvų įdiegimas centralizuotai šilumą teikiančiai įmonei UAB „Kretingos šilumos tinklai“ leistų sutaupyti 5 242 t/m.

kietojo biokuro galingiausioje katilinėje Nr. 2 bei 1 600 tūkst. m³ gamtinių dujų katilinėje Nr. 5. Įdiegus visus siūlomus projektus bendras biokurą deginančių objektų naudingumas padidėtų iki 89 proc. ir tai leistų sutaupyti apie 230 tonų kietojo biokuro per metus. Gamtines, suskystintas dujas bei skystąjį kurą deginančiuose įrenginiuose įdiegus šilumos siurblius, būtų galima sutaupyti apie 350 tūkst. m³/m. dujų, bei 1,9 t/m. skystojo kuro. Kuro suvartojimo intensyvumas sumažėtų 0,516 MWh vienai MWh šiluminės energijos pagaminti. Tiesioginis poveikis klimato kaitai dėl kuro taupymo sumažėtų 1 142 t CO₂e/m. arba 27,161 kg CO₂e/MWh arba virš 65 proc.

Atlikto tyrimo naujumas – nedidelių kurą deginančių įrenginių šiluminės energijos gamybos procesų medžiagų ir energijos srautų bei tiesioginių procesų kaštų analizės rezultatai parodė, kad jeigu kietąjį biokurą deginančiame įrenginyje elektros energija gaminama ne iš AEI, katilinių papildomas optimizavimas, kai jau prie esamų dūminių ekonomizerių įdiegiami absorbciniai siurbliai, 2,5 kartų padidins netiesioginį poveikį klimato kaitai dėl elektros sąnaudų, taip pat padidės bendras poveikis, pvz., KŠT Katilinės Nr. 2 atveju – nuo 13,64 iki 24,99 kg CO₂e/MWh šaltuoju metų sezonu. Taip pat tokie projektai neturi ekonominės naudos. Jeigu šiltuoju sezonu metu bus naudojamas šilumos siurblys (vietoj deginimo procesų, kartu šios dvi alternatyvos padidintų netiesioginį poveikį klimato kaitai dėl elektros sąnaudų iš tinklų bei 3,7 kartus padidintų Katilinės Nr.2 bendrą poveikį (nuo 15,7 iki 57,9 kg CO₂e/MWh). Tuo atveju, jeigu Katilinėje Nr. 2 būtų naudojama elektrą iš AEI, alternatyvų įdiegimas leistų sumažinti poveikį klimato kaitai dėl kuro deginimo 49 proc. (125,4 t CO₂e/ t arba apie 4 kg CO₂e/MWh). Tai pat nereikėtų papildomai diegti kietųjų dalelių valymo įrenginių siekiant neviršyti 50 mg/Nm³ – ribinę vertę, numatyta VKDĮ normose [48].

Dalyvavimas mokslinėje konferencijoje – šio tyrimo rezultatai pristatyti ketvirtojoje tarptautinėje mokslinėje konferencijoje „Strategijos žaliajam kursui įgyvendinti – vanduo, žaliavos ir energija“ (Angl. – „Strategies toward Green Deal Implementation – Water, Raw Materials & Energy“ (2023-12-15)).

1. Šiluminės energijos gamyba ir centralizuotas tiekimas Lietuvoje

Šiame skyriuje apžvelgiamas centralizuotas šilumos tiekimas (CŠT) Lietuvoje, statistiniai duomenys apie šiluminės energijos gamybą kurą deginančiuose įrenginiuose (KDI), kurie tiekia šiluminę energiją į CŠT tinklus, poveikis klimato kaitai dėl šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD), kurios susidaro deginant kurą. Taip pat pateikta informacija apie aplinkosaugos reikalavimus, taikomus teršalams (degimo produktams), kurie išskiriami iš stacionarių taršos šaltinių – nedidelių kurą deginančių įrenginių dūmtraukių.

1.1. Šiluminės energijos gamyba ir centralizuotas tiekimas Lietuvoje

Centralizuotas šilumos tiekimas (CŠT) – tai šiluminės energijos (termofikacinio vandens arba garo) gamyba viename ar keliuose šaltiniuose ir tolesnis jos paskirstymas tinklais iki vartotojų [2]. CŠT pradžia Lietuvoje laikoma 1947 birželio 7 d., kai Petrašiūnų šiluminė elektrinė, įsikūrusi Kauno mieste, pradėjo tiekti garą vietiniam popieriaus fabrikui. Po metų kartu pradėtas tiekti ir karštas vanduo Tunelio g. (dab. K. Baršausko g.) pastatų šildymui [2].

Pokario metais, ypač praeito amžiaus šeštajame dešimtmetyje, pradėjo sparčiai kurtis CŠT didžiuosiuose, netrukus ir mažesniuose miestuose. Lietuvos įstojimo į Europos sąjungą (ES) metais, centralizuotai buvo apšildyta net 63 proc. viso gyvenamojo ploto miestuose ir vartotojams teko 72 proc. visos patiektos šiluminės energijos [3].

CŠT sistemos yra naudingos ne tik gyventojams, bet ir valstybei:

- gaminant šilumą bei elektrą termofikacinėse elektrinėse atsiranda galimybė efektyviau panaudoti kurą, taip santykinai mažiau išmetant teršalų;
- efektyviau panaudojamas žemos vertės kuras bei komunalinės ar kitos atliekos (dėl įrengtų efektyvių valymo įrenginių nedidėja poveikis oro kokybei);
- atsiranda galimybė panaudoti geotermine ar nuo pramoninių procesų liekančia šiluminę energiją (pvz., AB „Lifosa“ perteklinės šiluminės energijos tiekimas Kėdainių miestui);
- sutaupoma vietos esamuose ir naujai statomuose pastatuose, nelieta poreikio įrengti atskiras patalpas katilinėms;
- lengviau kontroliuoti ir valdyti teršalus iš kelių didelių šaltinių nei iš kiekvieno individualaus ūkio.

Apskritai Lietuvoje 2022 m. pagaminta 10,1057 TWh šiluminės energijos, o galutinis šiluminės energijos suvartojimas siekė 8,5618 TWh [47]. Šiluminėse elektrinėse ir katilinėse, kurių pagrindinė veikla – gaminti energiją, pagaminta 8,6 TWh šiluminės energijos (arba virš 85 proc. visos pagamintos energijos). Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos (LŠTA) duomenimis, visas šis nurodytas šiluminės energijos kiekis (8,6 TWh) buvo nukreiptas į centralizuotus šilumos tinklus [3].

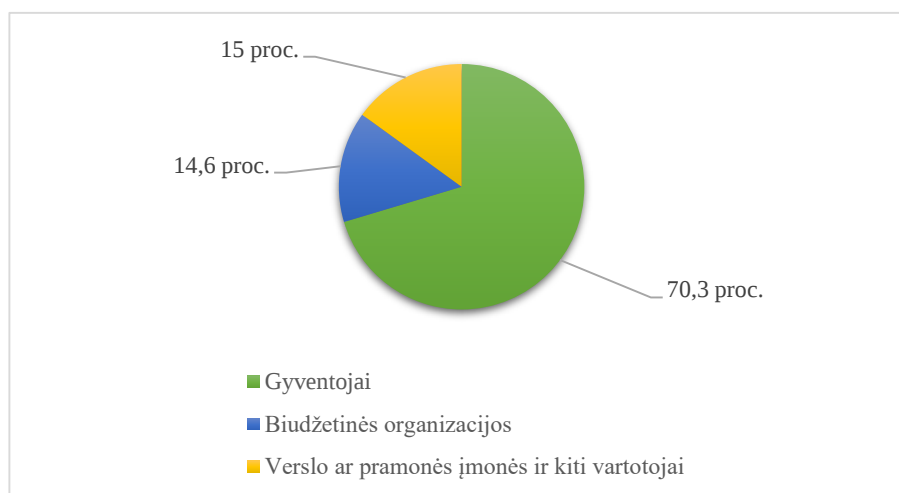
Statistinių duomenų apie šiluminės energijos gamybą analizės rezultatai rodo, kad šiluminės energijos gamyba ir galutinis suvartojimas turi mažėjimo tendenciją [47]. Pvz., 2022 metais šiluminės energijos buvo pagaminta virš 18 proc. mažiau, o galutinai suvartota virš 17,5 proc. mažiau, palyginus su 2021 m. Tai lemia švelnėjantis klimatas, pavyzdžiui, 2022 metais žiemos mėnesių vidutinė temperatūra buvo +0,5 °C, kai tuo pat metu 2021 metais vidutinė temperatūra buvo -1,3 °C, o techniniuose

projektuose iki šiol vertinamas ankstesnių laikotarpių vidurkis – $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Iš to galima daryti išvadą, kad vidutinė oro temperatūra tiesiogiai koreliuoja su reikalingu šilumos kiekiu.

2022 m. 48 proc. viso minėto šiluminės energijos kiekio buvo pagaminta CŠT įmonių katilinėse (4,108 TWh/m.) ir 13 proc. šiluminės energijos (1,070 GWh/m.) – kogeneracinėse elektrinėse [3]. Taip pat būtina paminėti, kad tik 14 proc. šiluminės energijos, kuri pateko į CŠT tinklus (1,223 TWh/m.), buvo pagaminta didžiuosiuose miestuose (Vilnius, Kaunas, Klaipėda), t. y. pagrinde – dideliuose kurą deginančiuose įrenginiuose (DKDĮ).

CŠT įmonių kietąjį biokurą deginančių įrenginių kartu su kondensaciniais ekonomizeriais šiluminė galia 2022 m. siekė 1 053 MW. Veikiančių kogeneracinių įrenginių, kuriuose deginamas biokuras, šiluminė galia siekia 497 MW (dar 145 MW – elektros energijos galia).

Pagrindinis šilumos vartotojas – gyventojai. Jie suvartoja apie 70 proc. visos šiluminės energijos (žr. 1 pav.). Likusią šiluminę energiją praktiškai po lygiai suvartoja biudžetinės organizacijos bei verslo ar pramonės subjektai.



1 pav. Šiluminės energijos vartotojai pagal sektorių [3]

LŠTA duomenimis, „Lietuvos CŠT sistemos atitinka Europos Sąjungos nustatytus efektyvumo kriterijus, todėl laikomos energiškai efektyviomis“ [3]. Bet remiantis informacija, pateikta Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo sektoriaus apžvalgoje, CŠT sistemų optimizavimui ir efektyvumo didinimui potencialas yra dar didelis, pavyzdžiui, taip rašoma apie situaciją 2022 m. [3]:

- nuostoliai CŠT tinkluose siekė apie 14 proc. (1,26 TWh/m.), bet, palyginus su 2004 metais, dėl tinklų renovavimo projektų įgyvendinimo, nuostoliai sumažėjo daugiau kaip 30 proc.;
- tik 20 proc. vartotojų, kurie gyvena daugiabučiuose, prijungtuose prie CŠT, turėjo galimybę reguliuoti šilumos energijos padavimą (šiai dienai jau įgyvendinta nemažai projektų, kurie leidžia apskaityti vandens padavimą nuotoliniu būdu);
- 73,1 proc. šiluminės energijos, tiekiamos centralizuotai, pagaminta iš atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) (biokuras ir biologiškai skaidi dalis deginamų atliekų iš komunalinių atliekų srauto). Bet kurą deginančiuose įrenginiuose (KDĮ), ypač dideliuose KDĮ (DKDĮ), kurie realizuoja į tinklą ≥ 100 GWh/m. šiluminės energijos, skatinama deginti žemiausios kokybės SM3 biokurą iš miško kirtimo atliekų (pagal aplinkosaugos reikalavimus SM3 kuras turi sudaryti ≥ 30 proc.).

Nors DKDĮ (≥ 50 MW) efektyvumas yra pakankamai didelis ir dažnai viršija 100 proc. (jų darbas optimizuotas diegiant kondensacinius ekonomizerius bei kitas geriausiai prieinamų gamybos būdų

(GPGB) priemonės [3, 24]), bet vidutinių KDI (VKDI) (≥ 1 MW <50 MW), ypač <5 MW ir <1 MW, efektyvumo rodikliai dažnai nesiekia 90 proc.

1.2. Klimato kaita bei poveikis klimato kaitai dėl ŠESD deginant kurą

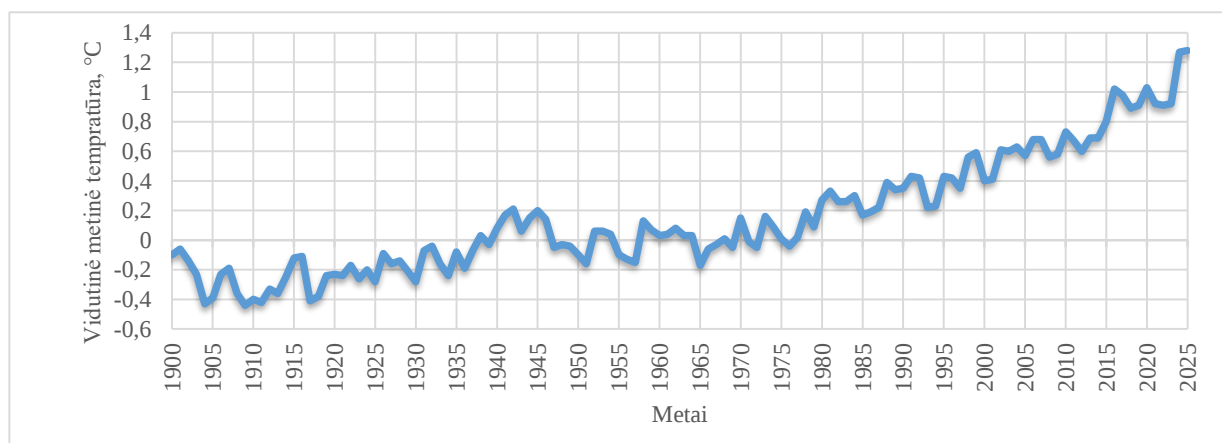
Klimato kaita yra nenuginčijamas faktas, kurį galima pastabėti. 2024 metai buvo šilčiausi per istoriją. Vidutinė metinė temperatūra šoktelėjo iki 9,5 °C, t. y. viršijo daugiametį vidurkį net 2,1 °C [4]. Tai taip pat matosi iš standartinės klimato normos (SKN) duomenų, kuri apibūdina Lietuvos įprastines klimato sąlygas. Palyginus ankstesnį SKN (1981–2010) su naujuoju (1991–2020), matoma 1.1 lentelėje, kad temperatūra vidutiniškai pakilo 0,5 °C [5].

1.1 lentelė. Vidutinė metinė temperatūros kaita pagal SKN [5]

SKN/mėn	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Metai
1981–2010, °C	-3,2	-3,2	0,4	6,7	12,4	15,4	17,9	17,1	12,2	7,2	1,9	-1,9	6,9
1991–2020, °C	-2,9	-2,5	0,9	7,2	12,5	15,9	18,3	17,6	12,8	7,3	2,6	-1,1	7,4
Skirtumas, °C	0,3	0,7	0,5	0,5	0,1	0,5	0,4	0,5	0,6	0,1	0,7	0,8	0,5

Toliau kylant temperatūrai gausės karščio bangų, (reiškinys, kai aukščiausia temperatūra tris dienas iš eilės laikosi daugiau kaip 30 °C), dažnės ir tropinės naktys (kai temperatūra tamsiu paros metu išlieka daugiau nei 20 °C). Kylanti temperatūra ir kartu mažėjantis kritulių kiekis per metus didina gaisrų pavojų [6].

Situacija Europoje bei visame pasaulyje labai panaši – fiksuojamas globalinis temperatūros kilimas. 2 paveikslėlyje pateikta, kaip temperatūra nuo XX amžiaus 7–8 dešimtmečio pradėjo intensyviai kilti [7].



2 pav. Vidutinė metinė pasaulinė temperatūra nuo XX amžiaus iki šių dienų [8]

Klimato kaitai daro įtaką nuolat didėjantys ŠESD išmetimai, ypač šaltuoju metų periodu. Didžioji dalis energijos vis dar yra gaunama deginant kietąjį kurą.

Remiantis 2025 m. Lietuvos Nacionalinės ŠESD apskaitos ataskaitos duomenimis [42], 2022 m. Lietuvoje į aplinkos orą buvo išmesta apyt. 18,4 mln. t CO₂e. Neįskaitant žemės naudojimo keitimo ir miškininkystės (ŽNPKM) sektoriaus, išmetimai sudarė apyt. 12,6 mln. t CO₂e. Lietuvos energetikos sektorius yra pagrindinis ŠESD emisijų šaltinis, kasmet išmetantis daugiau kaip 60 proc.

visų šalies ŠESD emisijų. Daugiau nei 96 proc. šių emisijų kyla iš stacionarių ir mobilių kurą deginančių įrenginių, veikiančių Lietuvoje [42].

LŠTA duomenimis, 2022 m. iš CŠT įrenginių į aplinkos orą pateko apyt. 0,52 mln. t CO_{2e}, vidutiniškai ŠESD kiekis 1 MWh šiluminės energijos pagaminti siekė apie apyt. 60 kg CO_{2e} /MWh [3].

Norint stabdyti klimato atšilimą bei mažinti ŠESD, būtina pereiti prie alternatyvių energijos išteklių (AEI). Gaminant bei naudojant energiją, sukurtą iš atsinaujinančių šaltinių, bus galima sumažinti ŠESD bei siekti Paryžiaus susitarimo nustatytos 1,5 °C visuotinio atšilimo ribos [9]. Deja, pastarųjų metų tendencija rodo, kad ŠESD emisijos didėja. Europa deda dideles pastangas į klimato kaitos stabdymą, bet tokios šalys kaip Indija, Kinija, Brazilija vis didina savo emisijas [10]. Žemiau pateiktame 3 paveikslėlyje parodytas pasaulinis ŠESD pokytis skirtinguose sektoriuose kintant metams.

	2023 vs 1990	2023 vs 2005	2023 vs 2022
 Energijos pramonė	+96 %	+ 36 %	→ 2 %
 Pramoninė deginimas ir procesai	+91 %	+ 45 %	→ 1 %
 Pastatai	+13 %	+ 45 %	→ 1 %
 Transportas	+78 %	+ 26 %	→ 2 %
 Kuro naudojimas	+48 %	+ 23 %	→ 0 %
 Žemės ūkis	+ 20 %	+ 15 %	→ 0 %
 Atliekos	+560 %	+ 37 %	→ 2 %
 Visi sektoriai	+62 %	+ 28 %	→ 2 %

3 pav. ŠESD pokytis skirtinguose sektoriuose pasaulyje (pav. sugeneruotas DI) [10]

1.3. Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) naudojimas energijos gamyboje

Lietuva dar 2012 metais priėmė nutarimą dėl „Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos“, kurioje iškelti tikslai ir uždaviniai, padėsiantys Lietuvai tapti energetiškai nepriklausoma bei konkurencinga valstybe [17]. Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos iki 2030 metų pagrindinis tikslas – tapti energetiškai nepriklausoma šalimi [17]. To Lietuva siekia nuosekliai bei sistemingai: 1999 metais pastačius Būtingės terminalą pradėta neperstojamai tiekti naftą į „Mažeikių naftą“ (dab. „ORLEN Lietuva“), eliminuojant iki šiol buvusius trečiųjų šalių naftotiekio trikdžius. Galutinai sustabdyta Ignalinos atominės elektrinės (IAE) veikla, įdiegtas naujas 450 MW galios Lietuvos elektrinės blokas, įgyvendintas suskystintų gamtinių dujų terminalas „Independence“ Klaipėdos uoste, sustiprinta elektros linija su Lenkija, Švedija, leidžianti šaliai atsijungti nuo BRELL žiedo [18].

Lietuva nuosekliai žengia žaliosios energijos linkme. Pagal 2024 m. atnaujintą Nacionalinės energijos nepriklausomybės strategiją, yra iškelti pagrindiniai tikslai iki 2030 m., taip pat dėl AEI naudojimo energijos gamyboje [11,12]:

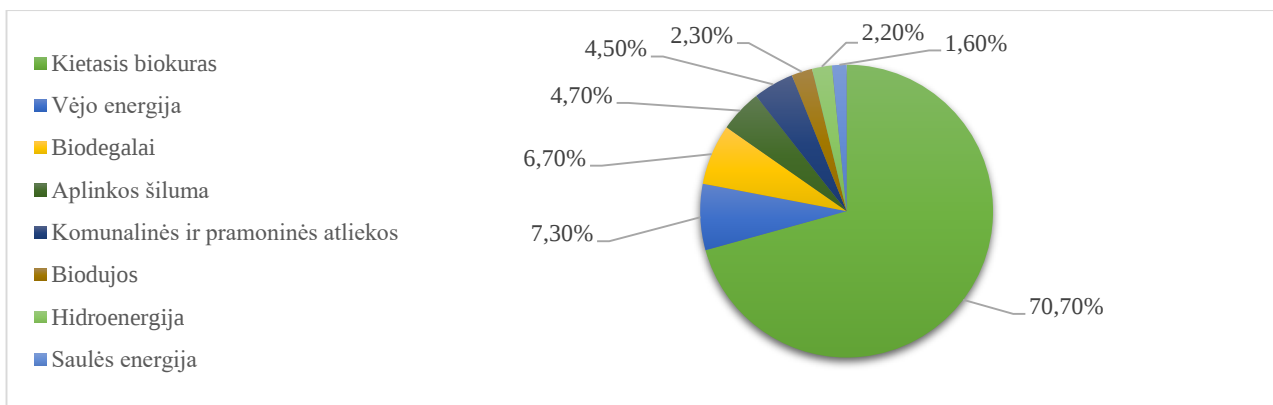
- AEI dalis, palyginti su bendruoju galutiniu energijos suvartojimu, turi sudaryti 55 proc.;

- AEI dalis, palyginti su bendruoju galutiniu elektros energijos suvartojimu, turi sudaryti 100 proc.;
- AEI dalis šildymui ir aušinimui, palyginti su galutiniu energijos suvartojimu, turi sudaryti 80 proc.;
- AEI dalis centralizuotai tiekiamos šilumos sektoriuje, palyginti su galutiniu energijos suvartojimu, turi sudaryti 90 proc.

Deja, bet tik efektyvinti gamybą bei keisti degimo produktus į AEI neužtenka. Nuo 2020 sausio 1 d. įsigaliojo įstatymo pakeitimas, nurodantis, kad visų naujai statomų pastatų energijos naudingumo klasė privalės būti ne žemesnė nei A++ [19]. Tokie namai apibrėžiami kaip „labai aukšto energinio naudingumo pastatai, kuriuose energijos sunaudojimas beveik lygus nuliui arba energijos sunaudojimas labai mažas; didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją“ [20]. Taip pat skiriamas didelis dėmesys daugiabučių renovacijai. Pagal Daugiabučių namų atnaujinimo programą, APVA teikia paramas senų bei energetiškai neefektyvių daugiabučių renovacijai, taip pagerinant jų energetinį efektyvumą bei mažinant energijos nuostolius [21]. Per 2024 metus renovuoti 333 daugiabučiai, sutaupant 83 671,25 MWh šiluminės energijos per metus [22]. Daugiabučių atnaujinimas taip pat padeda sutaupyti šildymo kaštus gyventojams. Pagal Lietuvos šilumos tiekėjų asociaciją, 2022 metais seno, neapšildinto sovietinio tipo daugiabučio, su senomis šildymo ir karšto vandens tiekimo sistemomis reikalingas 21 kW/m². Senam, kritinės būklės daugiabučiui, reikalinga 29 kW/m² šiluminės energijos, kai tuo tarpu naujam ir visiškai modernizuotam daugiabučiui užtenka 8,5 kW/m² šiluminės energijos [3]. Iš to galima daryti išvadą, kad modernizavus, renovavus ar nugriovus ir perstačius senus daugiabučius, sumažėtų reikalingas šilumos kiekis, o kartu ir sudeginamas kuras, reikalingas vandeniui pašildyti [3, 22].

Pagal 2024 m. atnaujintą Nacionalinę energetinės nepriklausomybės strategiją numatyta, kad iki 2030 metų Lietuvoje bendrai bus įdiegta apie 10,3 GW AEI elektros energijos gamybos pajėgumų. Tai turi sudaryti 4,1 GW saulės elektrinių, 1,4 GW jūros bei 4,5 GW sausumos vėjo elektrinių [13]. Tai leis valstybei sugeneruoti 25 TWh elektros energijos. Taip pat įrengti 1,5 GW galios baterijų parkus, plėsti didžiausią šalyje elektros energijos kaupyklą – Kruonio hidroakumuliacinę elektrinę (Kruonio HAE), įrengiant papildomą agregatą bei didinant jos galią nuo 900 MW iki 1 010 MW [14].

Apskritai per 2022 metus Lietuvoje pagaminta 85 276 TJ energijos. Didžiausia dalis atsinaujinančios energijos sugeneruojama iš kietojo biokuro (malkos, medienos ir žemės ūkio atliekos, skirtos kurui). Biokurą deginantys energijos gamintojai pagamino 67,2 proc. visos elektrinės ir katilinės generuojamos šiluminės energijos. Iš viso 2022 metais buvo pagaminta 36 380,52 TJ šiluminės energijos. Remiantis Oficialios statistikos portalo duomenimis, galima pastebėti, kad pagrindiniai energijos šaltiniai Lietuvoje yra biokuras ir gamtinės dujos [1]. Naudojant biokurą 2022 metais pagaminta 53 178 TJ energijos. Šiam energijos kiekiui pagaminti buvo sunaudota 2 621,5 tūkst. m³ kietojo biokuro, iš kurių 31 793 TJ energijos pagaminta šiluminėse katilinėse sudeginus 760,2 tūkst. m³ kietojo biokuro [1]. Bendra AEI sąnaudų struktūra pateikta 4 paveikslėlyje.



4 pav. AEI sunaudojimas pagal energijos kilmę [47]

Elektros energija pagrįdė gaminama vėjo bei saulės elektrinėmis. Pastarųjų pagaminamas energijos kiekis ženkliai išaugo dėl energiją gaminančių vartotojų. Lyginant 2021 m. su 2022 m., pastaraisiais elektros energijos gamyba išaugo 79,4 proc. [47].

2024 metai Lietuvai buvo istoriniai elektros energijos gamyboje. Per metus pagaminta 7,761 TWh elektros energijos ir tai sudarė kiek daugiau nei du trečdalius (69,8 proc.) visos pagamintos elektros energijos šalyje [15]. Didėjant gamybai kartu mažėja ir energijos importas. Per 2024 metus Lietuva importavo 13 proc. mažiau elektros energijos nei 2023 metais bei eksportavo net 9 proc. daugiau, lyginant su 2023 metais.

AEI suvartojimui augant, norint pasiekti Nacionalinės energijos nepriklausomybės strategijos antrąjį etapą, Lietuva, kaip valstybė, turi intensyviai plėsti infrastruktūrą bei efektyvinti transformaciją energijos sektoriuje į AEI (žr. 4 pav.).

1.2 lentelė. Atsinaujinančių energijos išteklių dalis energijos suvartojime Lietuvoje [1]

Metai	Atsinaujinančių energijos išteklių (AEI) dalis suvartojime, proc.			
	Bendrame galutiniame energijos suvartojime	Galutiniame energijos suvartojime šildymui ir aušinimui	Bendrame elektros energijos suvartojime	Galutiniame energijos suvartojime transporto sektoriuje
1	2	3	4	5
2023	32,23	54,31	36,21	7,20
2022	29,62	51,54	26,46	6,68
2021	28,10	48,62	20,92	6,69
2020	27,36	50,23	20,17	5,50
2019	25,47	47,38	18,79	4,04

Europos Sąjunga sutiekia skatinamąsias priemones šilumos tiekėjams ir gamintojams. Objektai, nusprendę atsinaujinti esančius įmonės įrenginius, gali teikti prašymus subsidijoms (dotacijoms, lengvatinėms paskoloms) gauti. Pagrindiniai keliama reikalavimai finansavimui gauti [16]:

- naujas biokuro katilas, atitinkantis 5 klasės energijos efektyvumo ir emisijų išmetamų teršalų reikalavimus pagal Lietuvos standartą LST EN 303-5:2012;
- šilumos siurblys, kurio n. k. (COP) esant standartinėms veikimo sąlygoms arba nurodytas prie +7 °C lauko oro temperatūros, yra ≥ 3 .

1.4. Teisės aktų ir reglamentų analizė

Siekiant valdyti išmetamų teršalų kiekį iš KDI, Lietuvos Respublika yra parengusi teisės aktus, reglamentuojančius didžiausią leistiną teršalų ribą. Degimo produktų (oro taršalų: anglies monoksido (CO), azoto oksidų (NO_x), sieros dioksido (SO₂) ir kietųjų dalelių (KD)) didžiausia koncentracija iš KDI, kurių šiluminė galia siekia nuo 1 MW iki 50 MW, yra ribojama šiais teisės aktais [23]:

- išmetamų teršalų iš KDI normomis LAND 43-2013:
 - iki 2023-12-31 esamiems KDI nuo 5 MW;
 - iki 2029-12-31 esamiems KDI nuo 1 MW iki 5 MW.
- išmetamų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių (VKDI) normomis [24]:
 - naujiems VKDI (nuo 1 iki 50 MW);
 - esamiems VKDI nuo 5 MW (nuo 2024-01-01);
 - esamiems VKDI nuo 1 MW (nuo 2030-01-01).

T. y. iki 2025 metų esamiems įrenginiams kol kas buvo taikomi LAND 43-2013 reikalavimai, kurie pateikti 1 priedo 1 lentelėje [23]. Nuo 2025 metų visiems VKDI, kurių galia yra didesnė arba lygi 5 MW, pradėti taikyti griežtesni normatyvai VKDI, o nuo 2030 m. visiems įrenginiams, kurių galia didesnė arba lygi 1 MW, bus taikomi normatyvai, nustatyti pagal VKDI normas [48]. Įrenginių išmetamų teršalų kiekis, kurių nominali šiluminė galia yra daugiau nei 5 MW, susistemintas ir pateiktas 1 priedo 2 lentelėje.

Šiame poskyryje atkreipiamas dėmesys į ribines vertes (RV), kurios taikomos kietųjų dalelių (KD) išmetamas iš kietąjį biokurą deginančių įrenginių. Šis įstatymo sugriežtėjimas itin paveiks ir jau daro įtaką VKDI veiklai (žr. 1.3 lentelę). Švelnesni ir lengvai pasiekiami LAND 43-2013 reikalavimai šiuo metu (iki 2030 m.) taikomi įrenginiams (katilinėms), kuriuose veikia nedideli KDI ir jų bendra galia yra nuo $\geq 0,12$ iki < 1 MW bei VKDI, kurių bendra galia nuo ≥ 1 MW iki < 5 MW.

KD išmetimų ribinės vertės KDI ≥ 5 MW nuo 2025 m. sugriežtėjo virš 10 kartų. Jeigu katilinėje veikia ne tik valymo įrenginiai, bet ir kondensacinis ekonomizeris, KD koncentracija bus ženkliai ≤ 30 mg/Nm³ (bet RV ≤ 20 mg/Nm³ yra sunkiai įgyvendinama). Šiuo atveju, kondensacinis ekonomizeris vaidina dvigubą rolę – didina katilo efektyvumą ir sulaiko KD (šlapiasis valymas). Deja, bet neretai ne šildymo sezono metu ekonomizerio naudojimas yra ekonomiškai nenaudingas katilinėms, todėl jos veikia be jų.

1.3 lentelė. Kietąjį biokurą deginančių įrenginių išmetamų teršalų ribinės vertės [23, 48]

Teršalas	Išmetamų teršalų ribinės vertės (mg/Nm ³)					
	Pagal LAND 43-2013 normas [23]			Pagal VKDI normas [48]		
	0,12 $\geq$ MW < 1	1 $\geq$ MW < 20	20 $\geq$ MW < 50	Esamas įrenginys		Naujas įrenginys
				1 $\geq$ MW $\leq$ 5	5 > MW $\leq$ 50	1 $\geq$ MW < 50
				Nuo 2030 m.	Nuo 2025 m.	Nuo 2018 m.
CO	nenormuojama	4 000	1 000	Tik kontrolė	Tik kontrolė	Tik kontrolė
SO ₂	2 000	2 000	2 000	⁽¹⁾ 200	⁽¹⁾ 200	⁽³⁾ 200
NO _x	750	750	750	650	650	⁽⁴⁾ 300
Dulkės (KD)	800	400	300	50	⁽²⁾ 30	⁽⁵⁾ 20

Pastabos:

⁽¹⁾Netaikoma, jeigu deginama tik kietoji medienos biomasė (pvz., medienos atraižos); taikoma 300 mg/Nm³ vertė, jeigu deginami šiaudai;

- (2) Taikoma 50 mg/Nm^3 vertė, jeigu VKDI bendra galia yra $5 \geq MW \leq 20$;
- (3) Netaikoma, jeigu deginama tik kietoji medienos biomasė (pvz., medienos atraižos);
- (4) Taikoma 500 mg/Nm^3 vertė, jeigu VKDI bendra galia yra $1 \geq MW \leq 5$;
- (5) Taikoma 50 mg/Nm^3 vertė, jeigu VKDI bendra galia yra $1 \geq MW \leq 5$; taikoma 30 mg/Nm^3 vertė, jeigu VKDI bendra galia yra $5 > MW \leq 20$.

2. Pramonės ekologijos metodų pritaikymas šiluminę energiją gaminantiems ir tiekiantiems objektams

Pramonės ekologijos koncepcija ragina žiūrėti į pramonę ne į kaip atskirą vienetą, o kaip į aplinkos visumos dalį. Tai sisteminis požiūris, apimantis visą bendrąjį medžiagų judėjimo ciklą nuo žaliavų gavybos iki gaminio pagaminimo ir suvartojimo. Energetiniams objektams galima taikyti kelis pramoninės ekologijos metodus.

❖ Taršos integruotos prevencijos ir kontrolės metodai KDI:

- dematerializavimo (prevencija ir atliekų mažinimas, parenkant tinkamesnes žaliavas, optimizuojant procesus, siekiant pagrindinio tikslo – efektyviai naudoti žaliavas ir energiją), pvz.:
 - mažesnio pelningumo biokuro naudojimas (siekis, kad deginamo biokuro pelningumas neviršytų 1,5 proc., vertinant sausoje medžiagoje). Šiam aspektui pasiekti reikalingas geresnės kokybės biokuras, kuris automatiškai yra brangesnis. Tačiau mažesnis pelningumas reiškia mažesnę sausą liekaną, pigesnius atliekų tvarkymo kaštus bei mažesnę aplinkos taršą;
 - kondensacinių ekonomizerių įdiegimas, didinanti energijos gamybos efektyvumą ir mažinant KD išlakų koncentraciją (antrinė valymo pakopa). Šie įrenginiai padeda atgauti šilumą iš išmetamųjų dujų jas aušinant žemesnėje nei rasos taškas temperatūroje, o atgauta šiluma panaudojama vandens šildymui tinkluose. Taip mažiau sudeginama kietojo kuro, išmetamosios dujos yra papildomai išvalomos, mažėja aplinkos tarša KD ir susidaro mažiau degimo atliekų – pelenų.
- kontrolės (monitoringas) (reikalavimai pateikti LAND 43-2013 [23] ir VKDI normose [48]). Matavimo kontrolės sistemos turi būti įrengtos KDI kaminuose. Pagal naujus VKDI normų nurodymus, iš vidutinių KDI, kurių galia didesnė nei 10 MW, išmetamų teršalų į aplinkos orą ribinės vertės laikymąsi būtina patikrinti ne rečiau kaip du kartus per metus, kai vienas tikrinimas atliekamas šildymo sezono metu. Pagal LAND 43-2013 reglamentą, išmetamų teršalų koncentracija matuojama išmetamųjų dujų išmetimo iš kamino mėginių paėmimo vietoje arba gali būti matuojama ir kiekvieno katilo dūmtakyje įrengtoje mėginių paėmimo vietoje;
- KD valymas (medžiaginiai filtrai (išvalymo efektyvumas – iki 86–89 proc.) arba elektrostatiniai filtrai, kurių išvalymo efektyvumas – virš 90 proc.

❖ Pramoninė simbiozė:

- šilumos siurblių naudojimo galimybės miestų katilinėse (naudojama aplinkos energija). Šiuolaikiniai šilumos siurbLIAI yra efektyvūs – efektyvumo koeficientas COP siekia apie 3–4 (iš 1 kWh elektros energijos pagaminama atitinkamai 3–4 kWh šiluminės energijos). Jų veikimo principas paprastas: sistemoje cirkuliuoja skystis (freonas), kuris garantuotai sugeria aplinkos šilumą, tuomet kompresoriuje skystis, naudojant elektros energiją, yra suspaudžiamas pakeliant reagento temperatūrą. Toliau skystis keliauja į kondensatorių, kuriame perduoda šilumą orui ar vandeniui (priklausomai, ar šilumos siurblys yra oras – oras ar oras – vanduo tipo) ir toliau pro išsiplėtimo vožtuvą grįžta į garintuvą ir pradeda ciklą iš naujo.

2.1. Taršos prevencija diegiant švaresnės gamybos projektus energetiniuose projektuose

Beveik kiekvieno gamybinio proceso metu susidaro vienokios ar kitokios kilmės atliekos. Aplinkos apsaugos problemos dažnai buvo sprendžiamos skirtingais ir neefektyviais būdais – atliekų ignoravimas, laidojimas sąvartynuose, vėliau atsirado dalinis jų perdirbimas bei pavienės atliekų prevencinės programos. Tačiau šių sprendimų buvo negana, norint pasiekti pusiausvyrą tarp augančios pramonės bei aplinkos išsaugojimo. Tik sąlyginai neseniai buvo imtasi rimtų veiksmų, siekiant pažaboti esamas bei būsimas atliekų susidarymo problemas.

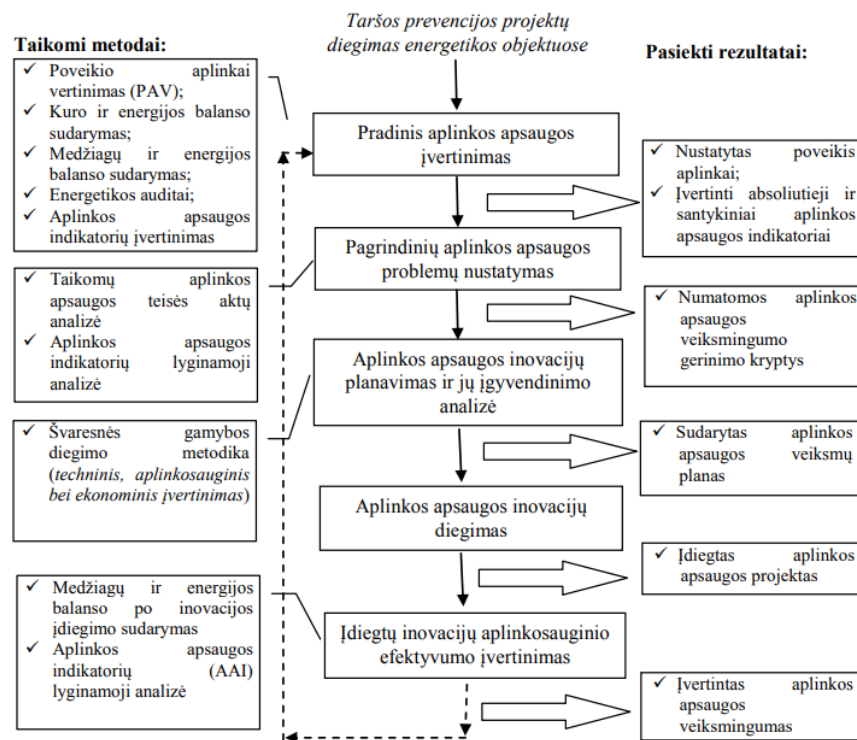
Pirmoji tikroji metodika, kuri skatina spręsti taršos ir atliekų problemas prieš joms susidarant, yra Švaresnė gamyba. Ji orientuota į atliekų mažinimą bei taršos prevenciją tiesiogiai gamybos šaltinyje. ŠG yra itin naudingas metodas didelėse įmonėse, kurios naudoja daug išteklių ir daro didelį poveikį aplinkai. Iki šiol buvusius metodus galima prilyginti „vamzdžio galo“ metodikai, o ŠG galima apibrėžti, kaip nuolatinį sistemingą valdymą, kuris siekia atnaujinti ir pertvarkyti pramonės veiklą, procesus, įrenginius siekiant darnos tarp visuomenės, pramonės ir aplinkos [25].

Pagrindiniai ŠG principai apima [25]:

- integracijos principą, kuriuo žiūrima į visą gamybos procesą kaip į vieną vienetą. Šiuo principu taršos prevencija vykdoma net tik įmonės viduje, bet ir atsižvelgiama į taršą už jos ribų;
- prevencijos principą, kuriuo žiūrima į atliekų susidarymo priežastis tiek gamybos, tiek vartojimo sistemose;
- atsargumo principą, kuriuo žiūrima žmogaus veiklos daromą poveikį aplinkai. Taip pat į įstatymų laikymąsi ir užtikrinimą įmonės bei jos darbuotojų saugą nuo galimų padarinių.

Pasitaiko atvejų, kai ŠG sumaišoma su „vamzdžio galo“ metodika. Esminis šių koncepcijų skirtumas – ŠG siekia numatyti ir imtis prevencijos atliekų susidaryme, o „vamzdžio galas“ taikomas po taršos susidarymo, t. y. stengiamasi sumažinti bei kontroliuoti jau atsiradusią taršą [25].

Nuo 1996 metų Lietuvoje taikoma ŠG diegimo pramonės įmonėje metodika. Dar 2010 m. buvo integruota į prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose galimybių vertinimo metodika, kurios pagrindiniai etapai teikti 5 paveiksle [24]. Šioje metodikoje išskiriami penki pagrindiniai etapai, metodika pagrįsta nuolatiniu gerinimu, t. y. įdiegus vieną inovaciją (projektą) toliau sugrįžtama prie pradinio aplinkos apsaugos įvertinimo ir ieškoma būdų, kaip didinti energetinių procesų efektyvumą, mažinant jų poveikį aplinkai.



5 pav. Prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose pagrindiniai etapai [24]

Pradinis aplinkosauginis įvertinimas naudojamas norint susisteminti informaciją apie esamą situaciją objekte ir išsiaiškinti jo poveikį aplinkai. Tam reikalingi objekto įvediniai ir išvediniai, t. y. kiek kuro sudeginama, kiek sunaudojama elektros energijos ir pan. Išvediniai parodo, kiek pagaminta šiluminės energijos, kiek patirta nuostolių bei susidaro taršos dėl kuro deginimo. Turint šiuos duomenis galima sudaryti kuro–energijos balansą [24]. Jame pavaizduojami visi objekto įvediniai ir išvediniai bei jų skaitinės išraiškos. Šis balansas gali būti sudaromas atskiram įrenginiui, procesui ar visam energetiniam objektui. Turint kuro energijos balansą nustatomi santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI). Šis rodiklis išreiškiamas vnt./MWh (pvz. t/MWh, kWh/MWh) ir parodo, kiek sunaudojama kuro, susidaro teršalų ar kt. pagaminant vienai MWh šiluminės energijos [24].

Pagrindinių aplinkosauginių problemų įvertinimas naudojamas, norint nustatyti kertines objekto problemas, kurios neatitinka esamų teisinių reglamentų ar daro rimtą žalą aplinkai. Tam reikalinga teisinė bei kitų reglamentų analizė, kuri apibrėžia ribas dėl taršos, atsirandančios kuro deginimo proceso metu [24]. Norint sužinoti, kur yra esminės objekto problemos, AAI lyginami su teisiniuose normatyvuose pateiktais indikatoriais. Nustačius vietas, kurios viršija nustatytas normas, keliami tikslai, kurių pagrindinis siekis – padidinti šilumos gamybos efektyvumą kartu mažinant poveikį aplinkai.

Aplinkos apsaugos inovacijų kūrimas bei įgyvendinamumo analizė naudojama siekiant nustatyti geriausią prieinamą būdą efektyvumo didinimui, nuostolių mažinimui, AEI panaudojimui. Čia galimybės yra plačios: vadybos reorganizacija ar pakeitimai, technologinių procesų optimizavimas, likutinės energijos panaudojimas, senų technologijų pakeitimas naujomis, energijos atgavimas iš gamybos atliekų ar kt. [24]. Šilumą gaminančiuose objektuose galimybės būtų diegti šilumos atgavimo priemonės iš kondensato (dūminiai kondensaciniai ekonomizeriai kietojo biokuro katiluose, šilumos siurbliai, gebantys paimti šilumą iš išmetamųjų dūmų, nuotekų ar kt.). Taip pat šiluminių trasų atnaujinimas, jų izoliavimas siekiant sumažinti šilumos nuostolius transportavimo metu, pastatų renovacijos, jų šiluminės varžos didinimas. Didelę reikšmę taršai turi kuro pakeitimas

į mažiau kenksmingą, pvz., mazuto, naftos produktų katilų pakeitimas į gamtinių dujų arba biokuro, kogeneracinių jėgainių statymas, biokuro kaloringumo didinimas. Kitaip tariant – visos priemonės tinkamos, dėl kurių didėja šiluminės energijos gamybos efektyvumas bei kartu mažėja aplinkos tarša. Atliekant įgyvendinamumo analizę vertinama, kurie srautai objekte padidės, kurie sumažės ir kokią reikšmę tai turės aplinkai bei pačiam objektui ekonominiu atžvilgiu [24]. Pvz., diegiant šilumos siurblių vertinama, kiek sumažės kuro sunaudojimas, aplinkos tarša, bet tuo pačiu, kiek padidės elektros energijos suvartojimas bei kokią ekonominę naudą ir ekonominį atsiperkamumą turės pagal tiesioginius gamybos kaštus.

Įdiegtų inovacijų aplinkosauginis įvertinimas atliekamas po projekto įgyvendinimo ir analizuojama, kokį realų aplinkosauginį ir ekonominį veiksmingumą turi inovacija. Čia vertinami faktiniai objekto įvediniai ir išvediniai, lyginami su buvusiais prieš tai [24]. Nustatomas faktinis poveikio aplinkai sumažinimas produkcijos vienetui ir nustatoma reali pasiekta nauda aplinkosaugai. Ši metodika yra ciklinė, tad grįžtama atgal į pirmą žingsnį bei ieškoma naujų vietų tobulėjimui. Taip užtikrinamas nepertraukiamas tobulėjimas bei didinama harmonija tarp gamtos, žmogaus bei pramonės.

2.2. Plačiausia naudojami šiluminę energiją gaminantys arba gamybą efektyvinantys įrenginiai

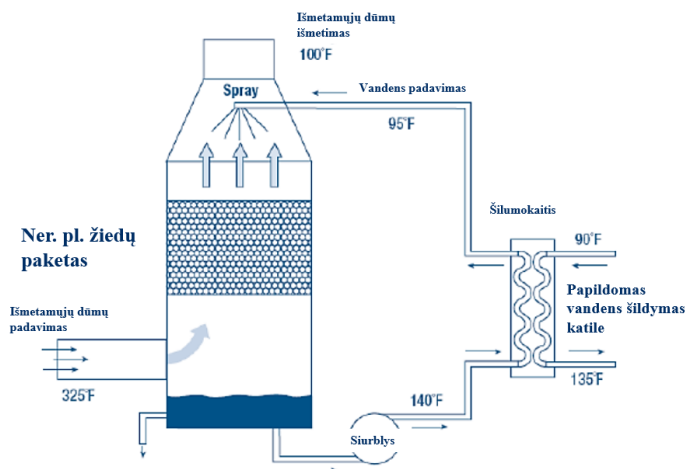
Lietuvoje 2023 metais kiek daugiau nei 70 proc. AEI sąnaudų sudarė kietasis biokuras (malkos ir kurui skirtos medienos ir žemės ūkio atliekos, šiaudai) [1]. Tai leidžia daryti prielaidą, kad didžioji dalis šilumos tiekėjų turi įsirengę kietojo biokuro katilus. Pasak LŠTA, dėl tinklų perdavimo nuostolių 2022 metais buvo prarasta apie 1 220 GWh šilumos, sudarančių apie 14,2 proc. viso patiekto į tinklus kiekio [3]. Atsižvelgiant, kad dauguma katilinių neturi pačių naujausių penktos klasės katilų ir jų naudingumas siekia apie 80–90 proc., būtina sumažinti šiluminius nuostolius iki šilumos trasų. Šilumos gamybos efektyvinimui naudojamos kelios esminės technologijos.

2.2.1. Dūminis kondensacinis ekonomizeris, didinantis kurą deginančių įrenginių efektyvumą

Dūminis kondensacinis ekonomizeris (DKE) – įrenginys, padedantis atgauti dalį šilumos iš degimo proceso metu susidariusių išmetamųjų dūmų. DKE pagrinde skirtas naudoti kartu su kietojo biokuro katilais. Šilumos atgavimas priklauso nuo KDI galios, biokuro drėgnio bei paduodamo vandens temperatūros į patį DKE. Deginant drėgną biokurą, dūmuose yra didelė koncentracija vandens garų, kurie DKE kondensuojasi bei taip padidina įrenginio efektyvumą [26]. Žemiau aprašytas vertikalaus DKE veikimo principas [27], supaprastinta schema pateikta 6 paveikslėlyje:

- karšti dūmai (apie 150–200 °C), patekę į DKE, teka kanalais, kuriuose išdėstyti purkštukai, įpurškiantys vandenį į dūmus;
- įpurškstas vanduo yra žemesnės temperatūros nei karšti dūmai, todėl pradeda absorbuoti aplinkoje esančią šilumą;
- toliau, keliaudami kanalais, dūmai vėsta iki 45–65°C, o juose esantys vandens lašai pradeda vėsti bei pasiekę rasos tašką kondensuojasi;
- kondensatas surenkamas ir specialiais kanalais pernešamas per šilumokaitį, kuriame surinkta šiluma atiduodama CŠT vandens šildymui ir ciklas kartojamas iš naujo.

KDĮ gali prarasti iki apie 20 proc. naudingos šilumos, kuri išmetama į aplinką dūmų pavidalu. Šis įrenginys gali atgauti iki 50 proc. šios prarastos šilumos [28]. Integravus šį įrenginį į kietojo biokuro katilus, galima pakelti jų naudingumą apie 10–15 proc. [29, 30].

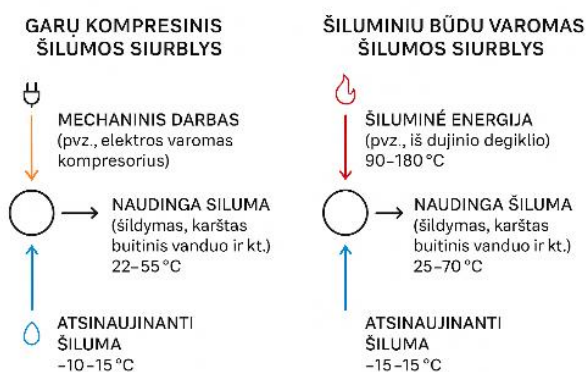


6 pav. Dūminio kondensacinio ekonomizerio principinė schema [31]

Papildomas šio įrenginio privalumas – dūmai dalinai išvalomi nuo kietųjų dalelių (KD) bei kai kurių vandenyje tirpių teršalų [32].

2.2.2. Šilumos siurblių naudojimas centralizuotos šiluminės energijos gamybai

Šilumos siurblys (ŠS) – viena populiariausių šiuolaikinių šildymo / vėdinimo priemonių, skirtų tiek buitiniams vartotojams, tiek komercinei veiklai. Pagal veikimo principą klasifikuojami į dvi grupes: šiluma generuojama elektriniu arba šiluminiu būdu, jų principinė schema pateikta 7 paveikslėlyje [33].



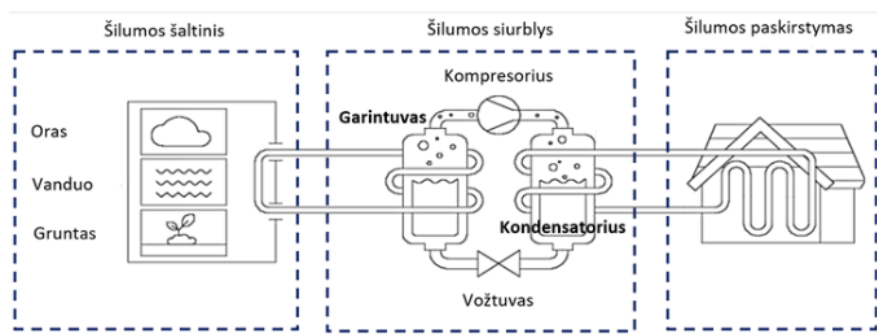
7 pav. Pagrindiniai šilumos siurblių tipai pagal šilumos šaltinius (pav. sugeneruotas DI) [33]

Dažniausiai sutinkami buitiniams vartotojams yra elektra varomi šilumos siurbliai. Jų veikimo schema pateikta 8 pav.

ŠS susideda iš trijų pagrindinių komponentų: dviejų šilumokaičių bei kompresoriaus (žr. 8 pav.). Visa sistema yra užpildyta freonu, kuris atlieka šilumos pernešimo funkciją. Veikimo principui paaiškinti pasirinktas elektrinis oras–oras šilumos siurblys [34]:

- freonas sugeria šilumą pereinamas per lauke esantį šilumokaitį ir pradeda keisti agregatinę būseną iš skystos į dujinę, t. y. pradeda garuoti;
- kompresorius, naudodamas elektros energiją, suslegia freoną, taip ženkliai pakeliama jo temperatūra;
- aukštos temperatūros freonas, pereinamas per patalpoje esantį šilumokaitį, pradeda vesti ir taip atiduodama šiluma patalpai ar vandens rezervuarui;
- išsiplėtimo bakelyje sumažinamas freono slėgis, kartu sumažėja ir jo temperatūra. Ciklas kartojasi iš naujo.

Jau įdiegtų ŠS darbo analizės rezultatai parodo, kad šiuolaikinėse ŠS naudojami kuo ekologiškesni freonai su mažesniu visuotinio šiltinimo potencialu (VŠP) ir šie freonai užpildomi jau gamyklose. Dėl uždaros sistemos freono nuotolių nesusidaro, t. y. jie nepatenka į aplinkos orą ir nedaro poveikio klimato kaitai. Bet visą laiką egzistuoja rizika dėl galimo sistemos nehermetiškumo arba avarijos.



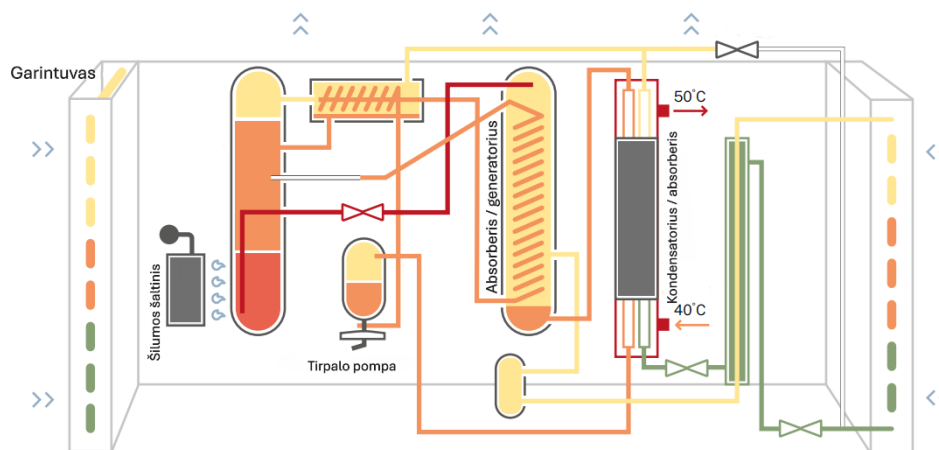
8 pav. Šilumos siurblio principinė sistema [35]

Elektrinio ŠS privalumas – aukštas šilumos atgavimo koeficientas (ang. *Coefficient of Performance* – COP). Šis koeficientas parodo, kiek MWh sunaudojama elektros energijos pagaminti vienai MWh šiluminės energijos. Pavyzdžiui, jei $COP = 3$, tai reiškia, kad tik 1 MWh elektros energijos sunaudojamas pagaminti 3 MWh šiluminės energijos. COP gali siekti iki 5, priklausomai nuo šaltinio temperatūros [36]. Dar vienas šios sistemos privalumas – jis gali veikti reversiniu būdu, t. y. imti iš patalpos šilumą ir ją atiduoti išorei [36].

Pačių ŠS gali būti įvairių: oras–oras, oras–vanduo, vanduo–vanduo, žemė–vanduo. Pirmasis žodis nurodo šilumos paėmimo šaltinį, antrasis – atidavimo mediumą. Šilumos šaltiniai gali būti įvairiausi: lauke esantis oras, geotermine energija, nuotekų vanduo, išmetamieji dūmai, upės ar kt. [35, 37].

Šiluma varomi ŠS vietoje elektros energijos naudoja šilumą iš jau esančių šilumos šaltinių, pvz., iš dujinio degiklio, išmetamųjų dūmų. Jie dar išskiriami į tris klases: dujiniai absorbciniai, šilumos kompresijos bei dujiniai - varikliniai šilumos siurbliai [38].

Dujiniai absorbciniai šilumos siurbliai šilumos gamybai naudoja ne kompresorių, o generatorių – absorbentą [39]. Jų veikimo principas kiek kitoks nei elektrinių ŠS (žr. 9 pav.).



9 pav. Dujinio absorbcinio siurblio principinė schema [38]

Šiluma (iš dujinio degiklio, išmetamųjų dūmų ar pan.) tiekama į generatorių, kuriame iš amoniako/vandens tirpalo išgarinamas amoniakas. Amoniako garai pernešami per rektifatorių, kuriame yra atskiriami nuo vandens garų. Karšti amoniako garai pernešami į kondensatorių, ten kondensuojasi ir atiduoda savo sukauptą šilumą vandens šildymui. Čia įvyksta pirmoji šilumos atidavimo fazė [39].

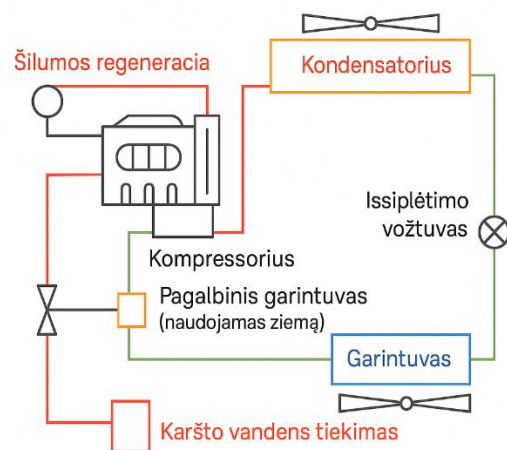
Susikondensavęs amoniakas toliau pernešamas į išsiplėtimo vožtuvą, kur jo slėgis bei temperatūra krenta iki $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Toliau skystas amoniakas, pereidamas per garintuvą, paima dalį šilumos iš aplinkos oro, garuoja bei sušyla. Garai pernešami į absorberį, jame silpnas amoniako/vandens tirpalas, paimtas iš generatoriaus apatinės dalies, įpurškiamas į amoniako garus. Tirpalas sugeria šiltus amoniako garus ir susidaro stiprus amoniako/vandens tirpalas bei egzotermiškai išskiriamas didelis kiekis šilumos. Šis tirpalas nukreipiamas į kondensatorių–šilumokaitį, kuriame vėl atiduoda savo šilumą vandeniui, skirtam tiekti į CŠT. Čia įvyksta antroji šilumos atidavimo fazė [39].

Tirpalo cirkuliaciją visoje sistemoje vykdo membraninis siurblys. Tirpalas grąžinamas iš kondensatoriaus į generatorių per deflegmatorių bei absorberio gyvatuką ir ciklas kartojamas iš naujo [39].

Tokio tipo šilumos siurbLIAI yra labai aukšto naudingumo koeficiento dėl dviejų žingsnių šilumos atidavimo ir gali siekti iki 164 proc. [39].

Šilumos kompresijos šilumos siurbLIAI yra sąlyginai nauja technologija. Šie šilumos siurbLIAI paremti Stirlingo ciklu. Sandara šio šilumos siurblio yra lygiai tokia pati, kaip kompresorinio (elektrinio), tik čia vietoje kompresoriaus freoną ar kitą skystį po sistema varo kaitinamas cilindras. Karštos dujos iš KDI įkaitina cilindre esančias dujas, jos besiplečiant pradeda stumti stūmoklį, kuris savo mechaniniu judesiu priverčia sistemoje esantį skystį cirkuliuoti. Šios sistemos privalumas – praktiškai nėra judančių mechaninių ar elektrinių komponentų, tad tai daug priežiūros nereikalaujantis papildomas šilumos atgavimo būdas [38].

Dujiniai - varikliniai šilumos siurbLIAI savo sandara bei veikimo principu labai panašūs į elektrinius ŠS. Pagrindinis skirtumas – vietoje elektra varomo kompresoriaus naudojamas dujinis generatorius (žr. 10 pav.). Šios sistemos privalumas – degimo proceso metu pagaminama šiluma gali būti papildomai panaudojama naudingos šilumos gamybai [38].



10 pav. Dujinis–variklinis šilumos siurblys (pav. sugeneruotas DI) [38]

3. Tyrimo metodika

Darbo objektas – kurą deginantys ir šilumą gaminantys deginimo įrenginiai ir jų procesai.

Detalesnei analizei pasirinktas objektas – UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT), kuriai priklauso 28 (tyrimo metu 2022 metais – 25) katilinės. Ypatingas dėmesys skiriamas < 5 MW galios kurą deginantiems įrenginiams (KDĮ).

Tyrimo etapai bei naudojama metodika pateikiami 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Tyrimo etapai ir naudojami moksliniai metodai

Taikomi moksliniai ir kiti metodai	Tyrimo etapai
1 etapas	
- Teisės aktų analizė - Mokslinės literatūros analizė - Statistinių duomenų analizė	1.1. Analizė statistinių duomenų dėl šiluminės energijos gamybos ir centralizuoto tiekiamo (CŠT) Lietuvoje. 1.2. Analizės strateginių dokumentų, susietų su šiluminės energijos gamyba, tiekimu, vartojimu, poveikio klimato kaitai dėl ŠESD mažinimo. 1.3. Analinės aplinkosaugos teisės aktų dėl oro teršalų iš KDĮ ribinių verčių, kt. 1.4. Analizė plačiausiai taikomų ir inovatyvių metodų optimizuoti KDĮ, pereiti prie AEI, kt. siekiant didinti efektyvumą ir mažinti poveikį klimato kaitai.
2 etapas	
- Pramoninės ekologijos metodai (dematerilizavimas, kt.) - ŠG diegimo energetikos objektuose metodika, pagrįsta sisteminiu požiūriu į problemos sprendimo priėmimą [24] (žr. 5 pav.) - Kuro ir energijos balanso sudarymas (<i>nustatyti KDĮ darbo efektyvumą, identifikuoti problemą</i>) - IPPC metodika (<i>įvertinti ŠESD</i>) - NIR 2025 [42] (<i>nustatyti emisijų faktorius ir kuro žemutinės šilumingumo vertes Nacionaliniu lygiu</i>) - EMEP / CORINAIR [40] (<i>įvertinti oro teršalus, atsižvelgiant į jurą ir technologiją</i>) - Aplinkos apsaugos veiksmingumo įvertinimas, naudojant santykinius aplinkos apsaugos indikatorius (AAI_s) - Lyginamoji analizė	Detalesnei analizei parinktame objekte – KŠT: 2.1 Pirminis aplinkosauginis įvertinimas. 2.2 Poveikio klimato kaitai įvertinimas (<i>esama situacija</i>): - tiesioginio (1 vertinimo lygiu (<i>Angl – Scope 1</i>)); - netiesioginio (1 vertinimo lygiu (<i>Angl – Scope 2</i>)). 2.3 Aplinkosaugos problemų priežasčių identifikavimas 2.4 Prevencinių pasiūlymų pateikimas atrinktoms KŠT katilinėms ir atranka detalesnei analizei. 2.5 Atrinktų pasiūlymų įvykdomumo analizė. 2.6 Poveikio klimato kaitai įvertinimas (<i>planuojamai situacija</i>). 2.7 Siūlomų alternatyvų aplinkosauginio veiksmingumo įvertinimas
3 etapas	
Lyginamoji analizė Rezultatų apibendrinimas	3.1 Įvykdomumo analizės rezultatų pritaikymas kitoms KŠT katilinėms 3.2 Rekomendacijų pateikimas nedideliems kurą deginantiems bei centralizuotai tiekiantiems šilumą įrenginiams klimato kaitos mažinimo bei išteklių taupymo srityje

Siekiant KŠT katilinėje įvertinti galimybes tausoti išteklius, mažinti ŠESD, tyrimui pritaikyta tarptautinė ŠG metodika (žr. 2 skyrių).

Tyrimo laikotarpis – 2022–2023 metai. Tyrimas atliekamas pagal faktinius įmonės pateiktus duomenis už 2022 m. dėl kuro ir elektros energijos sąnaudos bei pagamintos ir į CŠT tiekiamos šiluminės energijos pagal kiekvieną iš 25 KŠT katilinių.

Pirmasis etapas skirtas susipažinti su temos aktualumu. Čia apžvelgiami teisės aktai, reglamentuojantys KDI oro taršą, keliami reikalavimai ateities šilumos gamybai bei pristatomos pagrindinės technologijos, padedančios padidinti gamybos efektyvumą. Taip pat pristatomi pramoninės ekologijos metodai, kuriuos galima taikyti šiluminėje gamyboje.

Antrajame etape atliekama esamos situacijos analizė KŠT. Sudaromas kuro ir energijos balansas, apskaičiuojami degimo procesu susidarantys ŠESD bei įvertinamas poveikis klimato kaitai, identifikuojamos pagrindinės aplinkosauginės problemos.

Pagal gautus rezultatus vertinama galimybė optimizuoti ar pakeisti esančius KDI į kitas šilumą gaminančias technologijas. Vykdoma lyginamoji analizė – lyginami kuro ir energijos srautai prieš ir po pasiūlytos alternatyvos, įvertinami faktiniai bei planuojami santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAIs) ir atliekamas aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas (AAV).

Įvertinus objekto poveikį aplinkai po projekto įgyvendinimo, skaičiuojama atsiperkamumo trukmė vertinant tik tiesiogines sąnaudas dėl kuro bei energijos.

Trečiajame etape iš visų tyrimo gautų rezultatų pateikiamos rekomendacijos panašios galios šilumą gaminantiems bei tiekiantiems objektams. Pateikiamos rekomendacijos, kokiais būdais galima didinti energetinį efektyvumą, sumažinti išteklių naudojimą bei prisidėti prie klimato kaitos mažinimo.

Vykdam tyrimą, tam tikrų medžiagų ir energijos srautų teoriniam vertinimui naudojamos formulės:

Deginamo kuro pagaminama šiluminės energijos vertė nustatoma pagal (1) formulę [24]:

$$Q = (B \times Q_z \times \eta) / 3,6, \quad (1)$$

čia:

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

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

η – šiluminę energiją gaminančio ir kurą deginančio įrenginio naudingumo koeficientas.

Kuro kiekis, reikalingas pagaminti tam tikram šiluminės energijos kiekiui nusakomas pagal (2) formulę [24]:

$$B = Q \times 3,6 / (Q_z \times \eta), \quad (2)$$

čia:

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

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

η – šiluminę energiją gaminančio ir kurą deginančio įrenginio naudingumo koeficientas.

KDI naudingumo koeficientas apskaičiuojamas pagal (3) formulę:

$$\dot{q}_{KDI} = Q_f / Q_t, \quad (3)$$

čia:

Q_f – faktiškai pagamintas šilumos kiekis, MWh;

Q_t – apskaičiuotas sudeginto kuro šilumos kiekis, MWh.

Patiriami nuostoliai skaičiuojami pagal (4) formulę:

$$Q_n = Q_t - Q_f, \quad (4)$$

čia:

Q_n – nuostoliai šiluminės energijos gamybos metu, MWh.

ŠESD (CO_2 , N_2O , CH_4) iš KDI skaičiuojamas pagal (5) formulę [40]:

$$E_p = Q \times EF_x / 1\,000, \quad (5)$$

čia:

E_p – susidariusi oro tarša KDI, t;

Q – sudeginto kuro šiluminė vertė, TJ;

EF_x – ŠESD emisijų (CO_2 , N_2O , CH_4) faktorius, kg/TJ.

Netiesioginis poveikis klimato kaitai dėl elektros sąnaudų iš tinklų, kai elektra nėra iš AEI skaičiuojama pagal (6) formulę:

$$E_e = Q \times EF_e, \quad (6)$$

čia:

E_e – susidaręs netiesioginis ŠESD kiekis, t $\text{CO}_2\text{e/m.}$,

EF_e – emisijų faktorius, t $\text{CO}_2\text{e/MWh.}$

Poveikis klimato kaitai dėl ŠESD vertinamas pagal dujų visuotinį šiltėjimo potencialą (GWP, t $\text{CO}_2\text{e/m.}$), pagal (7) formulę:

$$GWP_{KDI} = E_{\text{CO}_2} + 28 \times E_{\text{CH}_4} + 265 \times E_{\text{N}_2\text{O}}, \quad (7)$$

čia:

E_x – susidaręs ŠESD kiekis, t $\text{CO}_2\text{e/m.}$, t $\text{CH}_4\text{/m.}$, t $\text{N}_2\text{O/m.}$

Emisijų faktoriai pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. ŠESD emisijų faktoriai, deginant įvairių kurą energetikos objektuose (informacija pagal 2025 m. Nacionalinę ŠESD inventorizavimo ataskaitą)

Šaltinis, deginamas kuras	Q, TJ/t	EF _{CO2} , kg/TJ	EF _{N2O} , kg/TJ	EF _{CH4} , kg/TJ	GWP, t CO ₂ e/MWh
Gamtinės dujos, 1000 m ³	0,03462	55 590	0,1	1	
Medienos biokuras	0,01268	10 401	4	30	
Suskystintos naftos dujos	0,04573	66 440	0,1	1	
Skystasis kuras (mazutas), turintis 1% ir daugiau sieros	0,03918	78 400	0,6	3	
Dyzelinis kuras	0,04291	72 950	0,6	3	
Elektros energija iš tinklo (ne AEI)					0,42

Aplinkosauginis vertinimas atliekamas identifikuojant įmonės (technologinio proceso, projekto) įvedinius ir išvedinius, jų kiekybinę išraišką, t. y. nustatomi aplinkosauginiai aspektai. Atliekant projekto (pasiūlymo, alternatyvos) aplinkosauginį įvertinimą nustatoma, kaip pasikeičia įmonės (procesų) medžiagų ir energijos sąnaudos ir atitinkamai keičiasi srautai procesų išvediniuose (pvz., KDI atveju – šiluminės energijos nuostoliai, oro teršalai, ŠESD, kt.) po įdiegimo.

Aplinkos apsaugos veiksmingumo įvertinimui taikoma (8) formulė [24]:

$$AAV = AAI_{s\text{ prieš}} - AAI_{s\text{ po}}, \quad (8)$$

čia:

$AAI_{s\text{ prieš}}$ – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius esamoje gamyboje, pvz. MWh/MWh, t/MWh, kt.;

$AAI_{s\text{ po}}$ – santykinis aplinkos apsaugos indikatorius planuojamoje gamyboje po siūlomos alternatyvos įdiegimo, pvz. MWh/MWh, t/MWh, kt..

Atsiperkamumo trukmė skaičiuojama pagal (9) formulę [24].

$$AT = I / S, \quad (9)$$

čia:

I – projekto įdiegimo investicijos, EUR;

S – sutaupoma po projekto įdiegimo dėl tiesioginių kaštų sumažėjimo, EUR/m.

Jei siūlomos alternatyvos investicijos atsiperka per tris metus ir greičiau, ji laikoma ŠG projektu.

Dėl alternatyvos įdiegimo sutaupomi (sumažinami) procesų tiesioginiai kaštai apskaičiuojami pagal (10) formulę [24]:

$$S = K_{\text{prieš}} - K_{\text{po}}, \quad (10)$$

čia:

$K_{\text{prieš}}$ – tiesioginiai procesų kaštai esamoje situacijoje, EUR/m.;

K_{po} – tiesioginiai procesų kaštai po siūlomos alternatyvos įdiegimo, EUR/m.

Oro teršalų vertinimas, atliekamas pagal (11) formulę, kuri pateikta CORINAIR, 2023 metodikoje [40]:

$$E_{\text{teršalo}} = B \times Q_z \times FE \times 10^{-6}, \text{ t/m} \quad (11)$$

čia

B – sudeginto biokuro kiekis, t/m.;

Q_z – sudeginto biokuro žemutinė šilumingumo vertė, GJ/t (žr. 3.2 lentelės 2 stulpelį)

EF – oro teršalų emisijų faktorius, g/GJ, pvz. nedideliems KDI ir VKDI, kurie veikia energetikos objektuose naudojami EF, pateikti CORINAIR 2023 m. metodikos 1.A.4 poskyryje – deginimas nedideliuose KDI (Angl. – *Small combustion*) (žr. 3.3 lentelę).

3.3 lentelė. Emisijų faktoriai oro teršalų, kuries susidaro, deginant įvairių kurą energetikos objektuose su nedideliais KDI [40]

Šaltinis, deginamas kuras	EF _{CO} , g/GJ	EF _{NOx} , g/GJ	EF _{KD} , g/GJ	EF _{SOx} , g/GJ
1	2	3	4	5
Gamtinės dujos (bendrai)	29	74	0,78	0,67
Gamtinės dujos (50 >kW≤1 MW)	24	73	0,45	1,4
Gamtinės dujos (1 >MW≤50)	30	40	0,45	0,3
Medienos biokuras (bendrai)	570	91	170 (iki valymo)	11
Medienos biokuras <1MW, VŠK, (automatinis valdymas)	300	91	40	11
Medienos biokuras (VŠK >1MW)	300	210	40	11
Suskystintas kuras (bendrai)	93	306	21	94
Suskystintas kuras (<1 MW)	40	100	3	140
Suskystintas kuras (>1 MW)	40	100	40	140 (jeigu SO _x koncentracija 0,3 proc.; Qž – 42 GJ/t)

4. Pramoninės ekologijos metodų taikymas UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinėse, siekiant tausoti išteklius ir mažinti poveikį klimato kaitai

4.1. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ esamas aplinkosauginis veiksmingumas ir esamas poveikis klimato kaitai

Tyrimui pasirinktas objektas – UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (toliau, KŠT). Įmonė 2025 metais valdo 28 katilines, dauguma jų randasi Kretingos rajone. Tai viena pirmųjų įmonių ne tik vakarų, bet ir visoje Lietuvoje, kuri įdiegė dalinai automatizuotus biokuro deginimo įrenginius, skirtus tiekti šilumą miesto objektams. Dauguma rajono objektų bei trys pagrindinės, ir tuo pačiu galingiausios, Kretingos miesto katilinės degina biokurą. Kitos šilumai gaminti naudoja gamtines dujas, pora naudoja iškastinį kurą (suskystintas dujas bei skystąjį kurą).

Tyrimas pradėtas 2023 metais. Tuo metu KŠT veikiančios katilinės (25 objektai) sužymėtos 6 priede pateiktame žemėlapyje.

KŠT objektus galima suskirstyti į dvi pagrindines grupes: didesnės nei 1 MW bendros instaliuotos galios katilinės bei mažesnės. Pirmajai grupei priskiriamos tik 5 pagrindinės KŠT katilinės, jose bendrai sukaupia 50 MW galios, likusiuose 23 objektuose – tik 5,7 MW suminės galios. Trumpai apie pagrindines katilines:

- Katilinė Nr. 1, veikianti adresu Žalioji g. 3, Kretingos m. Bendra katilinės galia – 13,3 MW, šiluma gaunama deginant gamtines dujas. Katilinės paskirtis – rezervinė katilinė, kuri įjungiama tik sutrikus Katilinės Nr. 2 darbui šildymo sezono metu.
- Katilinė Nr. 2, veikianti adresu Melioratorių g. 10, Kretingos m. Bendra katilinės šilumos galia – 21,7 MW, šiluma gaunama deginant biokurą; biokurą deginančių įrenginių bendra šilumos Taip pat yra dūminis kondensacinis ekonomizeris (2,2 MW) bei rezervinis gamtinių dujų katilas.
- Katilinė Nr. 3, veikianti adresu Taikos g. 4, Salantų m. Bendra katilinės galia – 1,95 MW, šiluma gaminama deginant biokurą.
- Katilinė Nr. 4, veikianti adresu Dariaus ir Girėno g. 37A, Salantų m. Bendra katilinės galia – 1,22 MW, šiluma gaminama deginant biokurą.
- Katilinė Nr. 5 veikianti adresu Pasieniečių g. 25A, Kretingos m. Bendra katilinės galia – 2,5 MW, šiluma gaunama deginant gamtines dujas. 2 MW katilas laikomas kaip rezervinis.

Tyrimui naudoti 2022 m. KŠT veiklos faktiniai duomenis, surinkti 2023 m. pavasarį, vykdant tyrimo 2 etapą – pagal Švaresnės gamybos metodiką atliekant kuro ir energijos srautų analizę.

Bendra visų instaliuotų įrenginių galia – 63,154 MW, iš jų

- 24,676 MW – kietojo biokuro, įskaitant 2,2 MW kondensacinį ekonomizerį, esantį Kretingos katilinėje Nr. 2,
- 37,539 MW gamtinių dujų, įskaitant rezervinius katilus katilinėje Nr. 2, kurių bendra galia – 19,19 MW,
- 0,415 MW skystojo kuro,

- 0,524 MW kito kuro ir kiti įrenginiai (suskystintos dujos, šilumos siurbliai).

Bet reali pareikalaujama šiluminė energija 2022 metų duomenimis – tik 13,722 MW.

Siekiant įvertinti KŠT KDI darbo efektyvumą ir poveikį klimato kaitai, pirmajame etape sudarytas bendras KŠT kuro ir energijos balansas, apskaičiuoti esami santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAI_s prieš), įvertintas poveikis klimato kaitai dėl KŠT pagrindinės veiklos – šiluminės energijos gamybos. Skaičiavimo rezultatai pateikti 4.1 ir 4.2 lentelėse.

4.1 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ kurą deginančių įrenginių (KDI) kuro – energijos balansas

Kuro / energijos srautai	Kiekis		³ AAIs prieš	
	vnt.	vnt./m.	vnt.	Vnt./MWh
1	2	3	4	5
¹ Kuro energetinė vertė (bendrai), įsk.	MWh	50 254,321	MWh/MWh	1,2
¹ Kietasis medienos biokuras (skiedra ir / arba granulės)	t MWh	15 349,932 44 736,245		1,06
¹ Gamtinės dujos	tūkst. m ³ MWh	529,007 5 151,227		0,12
¹ Suskystintos dujos	tūkst. m ³ MWh	27,631 351,994		0,008
¹ Skystasis kuras	t MWh	2,125 14,856		0,0004
Elektros energija	MWh	723,704	kWh/MWh	14,40
¹ Šiluminė energija (bendrai pagaminta), įsk.	MWh	42 041,598	MWh/MWh	1
Pagaminta, deginant kurą:	MWh	42 038,013	MWh/MWh	0,999
¹ Šiluminė energija iš biokuro	MWh	37 024,023		0,88
¹ Šiluminė energija iš gamtinių dujų	MWh	4 684,653		0,11
¹ Šiluminė energija iš suskystintų dujų	MWh	316,71		0,01
¹ Šiluminė energija iš skystojo kuro	MWh	12,627		0,0003
¹ Šiluminė energija iš šilumos siurblių	MWh	3,585	kWh/MWh	0,09
² Šilumos nuostoliai	MWh	8 212,723	MWh/MWh	0,20

Pastabos:

¹Duomenys pateikti KŠT už 2022 m.;

²Šiluminės energijos nuostolių vertinimas pagal 4 formulę:

50 254,321 MWh/m. – 42 041,598 MWh/m. = 8 212,723 MWh/m. arba 16,34 proc. sudeginto kuro energetinės vertės.

³AAIs įvertinimui, kuro ir elektros energijos sąnaudos (MWh/m.) padalintos iš gamybos apimčių (pagamintos šiluminės energijos kiekis, MWh/m.).

Įvertinus KŠT medžiagų kuro ir energijos balansą, nustatytą, kad bendras KDI šiluminės energijos gamybos KDI efektyvumas siekia tik 83,66 proc.

4.2 lentelėje pateikiamas įvertinimas KŠT esamo poveikio klimato kaitai dėl ŠESD (CO₂, CH₄, N₂O), kurios susidaro tiesiogiai katilinių VŠK deginat įvairų kurą ir netiesiogiai dėl elektros energijos naudojimo iš tinklų iš neatsinaujinančių energijos išteklių (ne AEI).

4.2 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ poveikis klimato kaitai dėl ŠESD, kurios susidaro deginant įvairių kurą ir dėl elektros energijos sąnaudų iš tinklų ne iš AEI (2022 m.)

ŠESD srautai	Kiekis		AAIs prieš	
	vnt.	vnt./m.	vnt.	Vnt./MWh
¹ GWP dėl ŠESD, deginant kietąjį medienos biokurą:	t CO ₂ e	331,110	t CO ₂ e/MWh	0,009
¹ CO ₂ biogen.	t	16 320,856	t/MWh	0,441
¹ N ₂ O	t	0,644	kg/MWh	0,017
¹ CH ₄	t	4,832	kg/MWh	0,131
¹ GWP dėl ŠESD, deginant gamtines dujas:	t CO ₂ e	1 031,895	t CO ₂ e/MWh	0,220
¹ CO ₂	t	1 030,884	t/MWh	0,22
¹ N ₂ O	t	0,0019	kg/MWh	0
¹ CH ₄	t	0,019	kg/MWh	0,004
¹ GWP dėl ŠESD, deginant suskystintas dujas:	t CO ₂ e	84,729	t CO ₂ e/MWh	0,268
¹ CO ₂	t	84,660	t/MWh	0,267
¹ N ₂ O	t	0,0001	kg/MWh	0
¹ CH ₄	t	0,001	kg/MWh	0
¹ GWP dėl ŠESD, deginant skystąjį kurą:	t CO ₂ e	4,206	t CO ₂ e/MWh	0,333
¹ CO ₂	t	4,193	t/MWh	0,332
¹ N ₂ O	t	0	kg/MWh	0
¹ CH ₄	t	0,0002	kg/MWh	0
¹GWP dėl ŠESD, kurie susidaro deginant kurą (tiesioginis poveikis) (vertinant 1 lygiu)	t CO₂e	1 451,939	t CO₂e/MWh	0,03
¹ CO ₂ biogen	t	16 320,856	t/MWh	0,39
¹ CO ₂ nebiogen	t	1 144,851	t/MWh	0,03
¹ N ₂ O	t	0,646	kg/MWh	0,02
¹ CH ₄	t	4,851	kg/MWh	0,12
GWP dėl elektros energijos sąnaudų (netiesioginis poveikis) (vertinant 2 lygiu)	t CO₂e	303,955	kg/MWh	7,230
Bendras KŠT poveikis klimato kaitai dėl ŠESD	t CO₂e	1 755,894	t CO₂e/MWh kg CO₂e/MWh	0,042 41,77

¹AAIs įvertinimui, išlakų kiekis ir GWP dėl ŠESD (t, t CO₂e) padalintos iš sudeginto kuro kiekio (šiluminės energijos kiekis, MWh/m.).

Išlakos į aplinkos orą deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_2biogen} = 161,05 \times 101\,340/1000 = 16\,320,807\,t/m.;$$

$$E_{N_2O} = 161,05 \times 4/1\,000 = 0,644\,t/m.;$$

$$E_{CH_4} = 161,05 \times 30/1\,000 = 4,832\,t/m.;$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: EF_{CO₂} – 101 340 kg/TJ, EF_{N₂O} – 4 kg/TJ, EF_{CH₄} – 30 kg/TJ;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 44 736,245 MWh/m. arba 161,05 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 0 + 28 \times 4,832 + 265 \times 0,644 = 331,11\,t\,CO_{2e}.$$

Išlakos į aplinkos orą deginant gamtines dujas KDĮ skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_2} = 18,544 \times 55\,590 / 1\,000 = 1\,030,844 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2O} = 18,544 \times 0,1 / 1\,000 = 0,0019 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 18,544 \times 1 / 1\,000 = 0,019 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamos gamtinės dujos: $EF_{CO_2} = 55\,590 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 0,1 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 1 \text{ kg/TJ}$;

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 5 151,227 MWh/m. arba 18,544 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 1\,030,844 + 28 \times 0,019 + 265 \times 0,0019 = 1\,031,895 \text{ t CO}_{2e}.$$

Išlakos į aplinkos orą deginant suskystintas dujas KDĮ skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_2} = 1,267 \times 66\,810 / 1\,000 = 84,660 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2O} = 1,267 \times 0,1 / 1\,000 = 0,0001 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 1,267 \times 1 / 1\,000 = 0,001 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamos gamtinės dujos: $EF_{CO_2} = 66\,810 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 0,1 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 1 \text{ kg/TJ}$;

sudegintų suskystintų dujų energetinė vertė – 351,994 MWh/m. arba 1,267 TJ/m.

GWP deginant suskystintas dujas KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 84,660 + 28 \times 0,001 + 265 \times 0,0001 = 84,729 \text{ t CO}_{2e}.$$

Išlakos į aplinkos orą deginant skystąjį kurą KDĮ skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_2} = 0,053 \times 78\,400 / 1\,000 = 4,193 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2O} = 0,053 \times 0,6 / 1\,000 = 0,00003 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 0,053 \times 3 / 1\,000 = 0,0002 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas skystasis kuras: $EF_{CO_2} = 78\,400 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 0,6 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 3 \text{ kg/TJ}$;

sudegintų suskystintų dujų energetinė vertė – 14,856 MWh/m. arba 0,053 TJ/m.

GWP deginant suskystintas dujas KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 4,193 + 28 \times 0,0002 + 265 \times 0,00003 = 4,206 \text{ t CO}_{2e}.$$

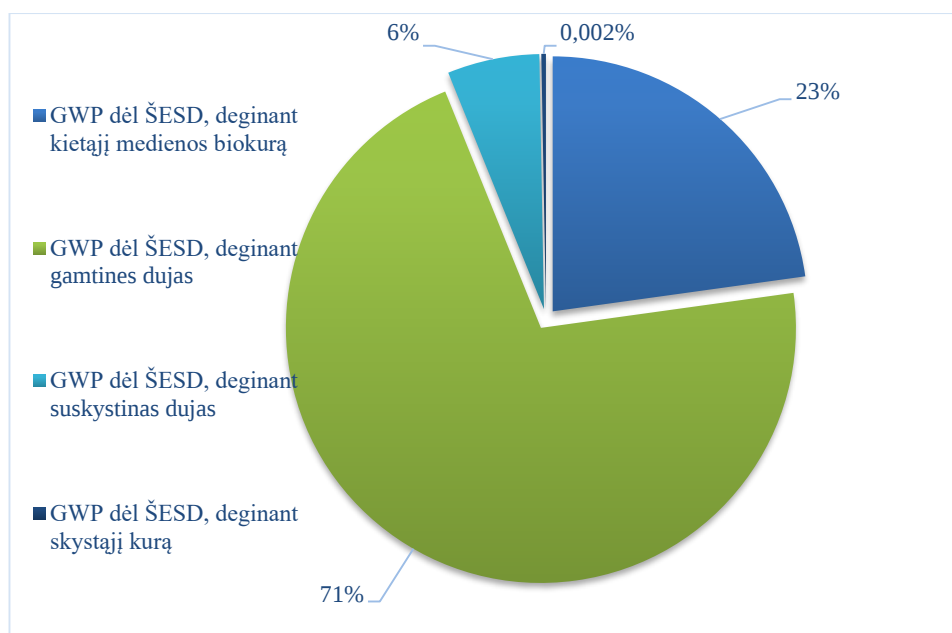
Netiesioginės CO_{2e} emisijos skaičiuojamos pagal metodikos 6 formulę:

$$E_e = 723,704 \times 0,42 = 303,955 \text{ t CO}_{2e};$$

čia:

EF dėl suvartojamos energijos: $EF_e = 0,42 \text{ t CO}_{2e}$

Bendras KŠT poveikis klimato kaitai dėl ŠESD siekia 1 755,894 t CO_{2e}/m. arba 0,042 t CO_{2e}/MWh. Apibendrinti rezultatai pateikti 11 paveiksle. Pagal atliktus skaičiavimus matoma, kad 71 proc. poveikio klimato kaitai dėl ŠESD sudaro tiesioginis poveikis dėl gamtinių dujų deginimo. Nors kietuoju biokuru pagaminama šiluma sudaro didžiausią dalį (88 proc.) visos KŠT sugeneruojamos šilumos, šių katilų ŠESD dalis yra tik antra pagal dydį bei sudaro 23 proc. visų ŠESD emisijų. Sąlyginai didelę dalį emisijų sudaro suskystintas dujas deginanti Kūlupėnų katilinė – vienas nedidelės galios objektas sudaro 6 proc. visų KŠT ŠESD.



11 pav. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ poveikis klimato kaitai pagal deginamo kuro rūšį, 2022 m.

Iš analizės metu gautų duomenų galima daryti išvadą, kad didžiausią poveikį aplinkai dėl ŠESD sukelia objektai, šilumai gaminti naudojantys ne AEI. Norint pasiekti klimato neutralumą, šiuos KDI netolimoje ateityje teks pakeisti į AEI naudojančius šilumos šaltinius, o esančius biokuro katilus efektyvinti bei didinti jų naudingumo koeficientus, taip sumažinant deginamo kuro kiekius ir, kartu, ŠESD.

Poveikis aplinkos oro kokybei susidaro dėl degimo produktų (CO , NO_x , KD , SO_x). Jų vertinimas, atliktas naudojant metodikoje pateiktą 11 formulę. Rezultatai pateikti 2 priede. Per metus į aplinkos orą išsiskiria 108,75 t oro teršalų (arba 2,59 kg/MWh bendrai KŠT pagamintos šiluminės energijos), bet didžioji dalis 81,7 proc. – CO išmetimai. KŠT katilinėse 98,13 proc. oro teršalų (106,26 t/m.) susidaro dėl kietojo biokuro deginimo (arba 2,88 kg/MWh biokuro katilinėse pagamintos energijos). 84,85 proc. teršalų susidarė pagrindinėje Kretingos katilinėje Nr. 2.

4.2. Aplinkosauginių problemų priežasčių nustatymas

Detalaus aplinkosauginio vertinimo etape buvo analizuota kiekviena iš KŠT katilinių atskirai. Katilinių techniniai duomenis (KDI instaliuota šiluminė galia, metai, pareikalaujanti šiluminė galia, kt.) pateikti 4 priede.

4.3 lentelėje išnagrinėti KŠT katilinių kuro ir energijos srautai už 2022 m. bei įvertintas visų katilinių darbo efektyvumas.

4.3 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinių kuro – energijos balansas ir efektyvumo įvertinimas, 2022 m.

KŠT katilinės	Deginantis kuras	Sudeginta kuro (masės ir energetiniais vienetais)			Kuro kaloringumas	Pagaminta šiluminė energija	Šiluminės energijos gamybos efektyvumas arba n. k.	Elektros sąnaudos
		t/m. arb tūkst. m ³	MWh/m.	TJ/m.				
Katilinė Nr.1	rezervinė							
Katilinė Nr.2	biokuras	13 136,463	37 569,366	135,250	10,296	31 573,000	84,04	568,314
Katilinė Nr.3	biokuras	620,277	1 974,576	7,108	11,460	1 475,082	74,70	26,551
Katilinė Nr.4	biokuras	549,453	1 707,365	6,147	11,187	1 254,08	73,45	22,573
Katilinė Nr.5	gamtinės dujos	169,618	1 631,212	5,872	34,621	1 531,015	93,86	16,841
Katilinė Nr.8	gamtinės dujos	95,943	923,131	3,323	34,638	837,073	90,68	9,208
Katilinė Nr.9	gamtinės dujos	93,419	898,592	3,235	34,628	848,026	94,37	9,328
Katilinė Nr.10	gamtinės dujos	56,583	544,307	1,960	34,631	501,685	92,17	5,519
Katilinė Nr.11	gamtinės dujos	36,626	351,831	1,267	34,582	286,126	81,32	3,147
Darželis „Eglutė“	gamtinės dujos	16,658	160,133	0,576	34,607	130,212	81,31	1,432
Darbėnų katilinė	biokuras	291,399	850,955	3,063	10,513	719,458	84,55	12,950
Grūšlaukės katilinė	biokuras	59,333	191,081	0,688	11,594	155,839	81,56	2,805
Jokūbavo katilinė	biokuras	159,083	447,150	1,610	10,119	291,537	65,20	5,248
Laukžemės	biokuras	16,908	82,899	0,298	17,651	66,052	79,68	1,189
	šilumos siurblys					2,73		¹ 1,092
Rūdaičių katilinė	biokuras	63,492	307,648	1,108	17,444	259,251	84,27	4,667
Kūlpėnų katilinė	suskystintos dujos	27,631	351,994	1,267	45,861	316,71	89,98	4,117
Daukanto mokyklos	gamtinės dujos	47,773	509,793	1,835	38,416	443,252	86,95	4,876
Kartenos katilinė	biokuras	313,972	921,557	3,318	10,567	698,683	75,82	12,576
	skystas kuras	2,125	14,856	0,053	25,167	12,627	85,00	0,189
Baublių katilinė	biokuras	33,295	163,192	0,587	17,645	129,847	79,57	2,337
Salantų sen.	biokuras	54,376	266,420	0,959	17,639	198,93	74,67	3,581

Salantų konteinerinė	biokuras	14,248	69,722	0,251	17,616	56,324	80,78	1,014
Kurmaičių katilinė	gamtinės dujos	12,387	132,227	0,476	38,429	107,264	81,12	1,180
Šukės	biokuras	15,638	76,211	0,274	17,545	61,835	81,14	1,113
	šilumos siurblys					0,855		¹ 0,342
Raguviškių katilinė.	biokuras	14,027	68,838	0,248	17,667	53,066	77,09	0,955
Kartenos kultūros centras	biokuras	7,968	39,263	0,141	17,739	31,039	79,05	0,559
Bendrai:			50 254,321	180,916		42 041,598	83,66	723,704

Pastabos:

¹esamų ŠS naudingumo COP = 2,5.

Biokurą deginančių įrenginių vidutinis šiluminės energijos gamybos efektyvumas yra tik 78,37 proc., aukščiausias – 84,55 proc. Darbėnų katilinėje, žemiausias – 65,20 proc. Jokūbavo katilinėje. (žr. 4.3 lentelę). Katilinėje Nr. 2 yra įdiegtas kondensacinis ekonomaizeris, kuris dirba tik šildymo sezono metu. Nepaisant šios optimizavimo priemonės, katilinės šiluminės energijos gamybos efektyvumas yra tik 84,04 proc., kai teoriškai KDI su DKE efektyvumas siekia apie 95 proc. t. y. apie 10 proc. mažiau, palyginti su KDI, kuriuose įdiegti kondensaciniai ekonomaizeriai (žr. 2 skyrių).

Nedidelį šilumos gamybos efektyvumą gali lemti seni katilai (daugumai >10 metų), prastos kokybės bei žemą kuro kaloringumą turinti žaliava arba netinkamai veikiantis DKE.

Deginant kietąjį biokurą susidaro pagrindinis KŠT poveikis oro kokybei. Pavyzdžiui, 2022 m. į aplinkos orą išmesta 88,41 t CO, 14,66 t NO_x, 1,88 t KD ir 1,77 t SO_x (žr. 2 priedą). Kaip buvo minėta, didžioji dalis oro teršalų susidaro Kretingos katilinėje Nr. 2 deginant kietąjį biokurą – iki 92,27 t/m. arba virš 3 kg/MWh katilinėje pagamintos šilumos energijos, įskaitant 1,38 t (arba 0,004 kg/MWh) kietųjų dalelių (KD) po valymo bateriniame multiciklone, kurio nustatytas efektyvumas siekia virš 85 proc. bei po dūminio kondensacinio ekonomaizerio, kuris, šiuo atveju, atlieka šlapiajį KD išvalymą. Bendras nustatytas KD išvalymo efektyvumas – 94 proc..

Taip pat būtina paminėti, kad ne visos KŠT katilinės, kuriose deginamas kietasis biokuras, turi KD valymo įrenginius. Valymo įrenginius dar turi katilinės Nr. 3 ir Nr. 4, Darbėnų ir abi Kartenos katilinės. Bendras KD kiekis, kuris po valymo išsiskiria iš minėtų katilinių – 0,26 t/m. arba 0,06 kg/MWh, arba virš 90 proc., palyginus su 2-jų pakopų valymu Kretingos katilinėje Nr. 2, lyginant santykiniais dydžiais.

Mažosios katilinės, kuriose kūrenamos biokuro granulės (žr. 2 priedo lentelę), valymo įrenginių neturi. Tai galima paaiškinti tuo, kad granulių peleningumas, skirtingai nuo skiedros, dažniausiai neviršija 1 proc. sausoje medžiagoje. Iš visų šių katilinių išsiskiria tik 0,24 t/m. KD, bet analizuojant AAIs susidaro 0,237 kg/MWh – tai yra apie 97,5 proc. daugiau, palyginus su rezultatais su valymu.

Gamtines dujas deginančių įrenginių vidutinis šiluminės energijos gamybos efektyvumas yra apie 83 proc., aukščiausias – 94,37 proc. katilinėje Nr. 2, žemiausias – 81,12 proc. Kurmaičių katilinėje. (žr. 4.3 lentelę). Faktinis gamtinių dujų katilų efektyvumas nėra žemas, tačiau jie degindami kurą daro poveikį aplinkai dėl degimo proceso metu susidarančių ŠESD. Siekiant laikytis Nacionalinės energijos nepriklausomybės strategijos, ateityje bus būtina pakeisti šiuos katilus į energetiškai efektyvesnius ir/arba AEI naudojančius šilumos šaltinius.

Deginant gamtines dujas, 2022 m. iš visų katilinių išsiskyrė tik 1,83 t oro teršalų (arba 0,39 kg/MWh), t. y. daugiau nei 7 kartus mažiau analizuojant AAIs ir lyginant su biokuru deginimu. Didžioji dalis (iki 73,8 proc.) teršalų, kurie susidaro iš gamtines dujas deginančių įrenginių, yra azoto oksidai (NO_x).

Apibendrinant galima teigti, kad bendras gamtinių dujų bei kietąjį biokurą deginančių įrenginių n. k. sąlyginai nedideli, tai gali lemti žemo kaloringumo žaliava, neįdiegtos arba nenaudojamos papildomą šiluminę vertę padedančios išgauti priemonės (pvz. kondensaciniai ekonomaizeriai, absorbciniai šilumos siurbiai ir pan.), jau pasenę bei neefektyvūs KDI.

4.3. Šilumos gamybos efektyvinimas kartu mažinant poveikį aplinkai, remiantis darnios pramonės plėtros metodais

Pagal gautus rezultatus matoma, kad reikalinga efektyvinti kietojo biokuro katilus bei mažinti ŠESD iš gamtinių dujų katilų. Galima pritaikyti porą esminių pramoninės ekologijos elementų:

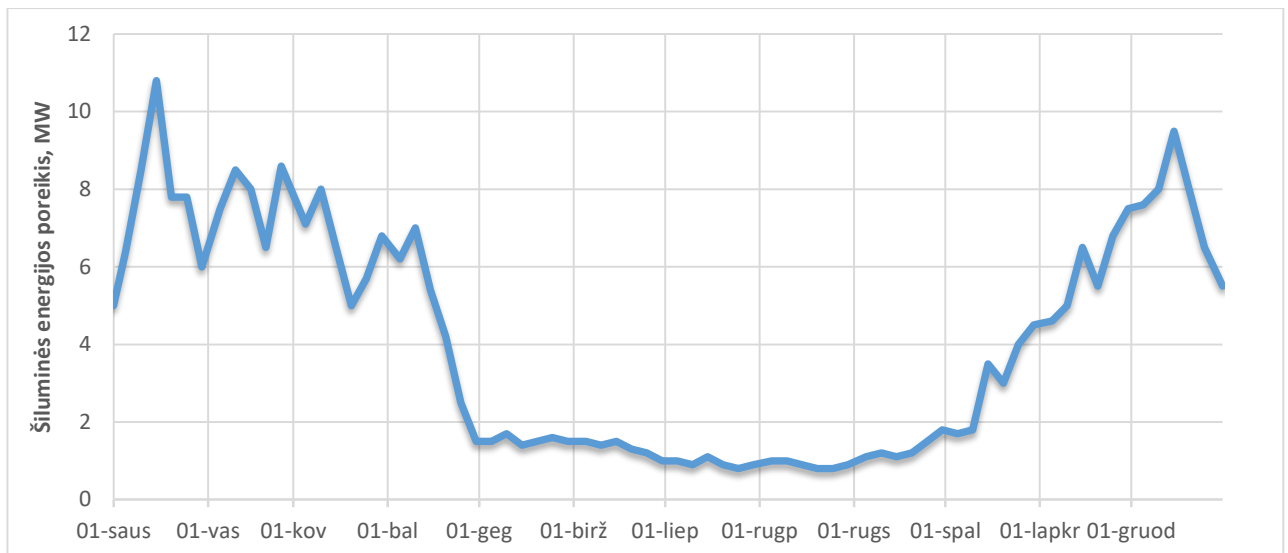
- dematerializavimą (procesų optimizavimas, esamų technologijų pakeitimas alternatyvomis, taikant ŠG prevencinius metodus;
- sąveika su biosfera (paimama naudinga šiluma iš aplinkos ir su sąlyginai nedideliu kiekiu pridėtinės energijos didinamas vandens šildymo efektyvumas).

Norint efektyvinti gamybą ir sumažinti sunaudojamo kuro kiekį siūlomi du variantai:

- KŠT galingiausioje Kretingos katilinėje Nr. 2, esančioje adresu Žaliojoje g. 3, Kretingos mieste, papildomai įdiegti absorbcinį šilumos siurblį (AŠS), siekiant didinti pagaminamos šilumos efektyvumą, taip mažinant sudeginamo kietojo biokuro sąnaudas bei ŠESD (dėl CH₄ ir N₂O);
- įrengti šilumos siurblį (ŠS) oras – vanduo, kuris dirbtų vietoj esamo 2,3 MW galios VKDĮ (VŠK Kalvis 2300M1) ir šiltuoju periodu gamintų šiluminę energiją karšto vandens paruošimui miesto objektams (ŠS dirbs ir šildymo sezono metu kartu su kitais KDĮ);
- KŠT nedidelės galios katilinėse įrengti pramoninius oras – vanduo šilumos siurblius, visiškai atsisakant kuro deginimo (paliekant esamus katilus kaip rezervinius, jei aplinkos oro temperatūra nukristų žemiau šilumos siurblio efektyvumo ribos). Šios alternatyvos įvykdomumo analizei parinkta Kretingos m. katilinė Nr. 5, kurioje veikia 2 nedideli (po 0,25 MW) šiluminės galios gamtines dujas deginantys vandens šildymo katilai (VŠK) *Buderus Logano plus KB372-250H*. Taip pat katilinėje Nr. 5 dar nedemontuotas senas (1991 m.) gaminėmis dujomis kūrenamas VŠK VK-21 (2 MW), kuris laikomas rezerviniu. Pareikaujama visos katilinės galia – 0,418 MW (žr. 4 priedą). Šioje alternatyvoje vertinama galimybė įdiegti šilumos siurblį (-ius), kuris (-ie) gamintų pagrindinę dalį šiluminės energijos.
- Šių pasiūlymų įvykdomumo analizės rezultatai bus pritaikyti kitoms mažoms KŠT katilinėms.

4.3.1. Pramoninės ekologijos metodų taikymas, mažinant UAB „Kretingos šilumos tinklai“ Katilinės Nr. 2 poveikį klimato kaitai

Pagrindinė bei galingiausia miesto katilinė tiekia šilumą į Kretingos miesto CŠT bei aprūpina šiluma 164 pastatus, didžioji dalis jų nėra renovuoti. Šildymo sezono metu įjungiami 5 MW šiluminės galios kietuoju biokuru kūrenami katilai su kondensaciniu ekonomizeriu (dažniausiai veikia vienas 5 MW VŠK „KVV05.07“, taip pat gali būti prijungti 5 MW VŠK „Kalvis 5000MK“ bei 5 MW VŠK „KAISTRA 5000“), ne šildymo sezono metu karštą vandenį Kretingos miestui gamina 2,3 MW šiluminės galios kietuoju biokuru kūrenamas VŠK „Kalvis 2300M1“. Šiluminės energijos poreikis, analizuojant metus, pateiktas 12 paveiksle.



12 pav. Katilinės Nr. 2 pareikalaujama šiluma (2022 m.)

Kaip buvo minėta, darbe siūloma įdiegti AŠS oras–vanduo, kuris būtų pajungiamas į sistemą šaltuoju metų kartu su biokuru kūrenamą (-us) katilą (-us), kuris (-ie) jau dabar veikia kartu su DKE ir papildomai padidinant katilinės efektyvumą, kartu mažinant poveikį klimato kaitai dėl ŠESD. Ne šildymo sezono metu siūloma pakeisti 2,3 MW galios biokuru kūrenamą VŠK į panašios galios ŠS, kuris, esant poreikiui ir techninėms bei meteorologinėms galimybėms, veiktų ir žiemą.

Pirmojo projekto veikimo principas: KDĮ išmeta degimo produktus – dūmus, kurių temperatūra apie 150–200 °C. Dūmai pereidami per kondensacinio ekonomaizerio šilumokaitį atiduoda šilumą bei vėsta iki apie 60 °C. Kondensacinis ekonomaizeris kitu šilumokaičiu atiduoda šilumą vandeniui taip jį pašildydamas. Toliau dūmai kildami pro absorbcinio šilumos siurblio šilumokaitį atiduodą šilumą ir pro kaminą išeina dūmai, atvėšę iki apie 25 °C.

Šios sistemos privalumai [43, 44]:

- kondensaciniu ekonomaizeriu atgaunama iki 30 proc. šilumos iš dūmų;
- kondensacinis ekonomaizeris taip pat išvalo dūmus, taip mažinamas poveikis klimato kaitai dėl ŠESD;
- didėja bendras katilinės naudingumo koeficientas;
- absorbcinis šilumos siurblys iš esančių dar sąlyginai karštų dūmų geba atgauti papildomą dalį šilumos papildomai didinant katilinės naudingumo koeficientą;
- aukštas šilumos siurblio COP (iki 2,3) naudojant pakopinius siurblius.

Katilinėje Nr. 2 jau yra instaliuotas kondensacinis ekonomaizeris, bet iš sudeginto kuro bei pagamintos šilumos kiekio matoma, kad jis 2022 metais veikė ne pilnu pajėgumu (dėl galimai esančio kokio nors techninio gedimo) arba jis nebuvo įjungtas.

Norint įvertinti siūlomo projekto efektyvumą ir poveikį klimato kaitai, sudaryti katilinės Nr. 2 medžiagų ir energijos balansai, apskaičiuoti santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAIs prieš, AAIs po), įvertintas poveikis klimato kaitai dėl ŠESD *scope 1* (tiesioginis poveikis) ir *scope 2* (netiesioginis poveikis) lygmenyje. Skaičiavimo rezultatai pateikti 4.4, 4.5 ir 4.6 lentelėse.

4.4 lentelė. Absorbcinio šilumos siurblio įdiegimas Kretingos Katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui šildymo sezono metu: pasiūlymo aplinkosauginio įvertinimo rezultatas

Analizuojami Kretingos katilinės Nr. 2 srautai	Mat. Vnt.	Aplinkos apsaugos indikatoriai		
		Prieš pasiūlomo diegimą	Po pasiūlymo įdiegimo	Sutaupoma (+) Padidėja (-)
		Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.
Šilumos energijos gamyba šildymo sezono metu, įsk.	MWh	17 268	17 268	0
VŠK su kondensaciniu ekonomaizeriu (KE)	MWh	17 268	16 290,57	
AŠS (*papildomai iki 6 % nuo pagamintos VŠK)	MWh	0	977,43	
n.k.	%	90	295,4	
¹ Kietasis biokuras	t	6 708,62	6 328,89	379,73
	MWh	19 186,65	18 100,63	1086,02
Pelenai	t	32,84	30,94	1,9
Elektros energija	MWh	310,824	293,23 + ³ 488,72	-471,126
Oro teršalai	t	47,12	44,45	2,67
CO	t	39,37	37,14	2,23
NO _x	t	6,29	5,93	0,36
KD	t	0,70	0,66	0,04
SO _x	t	0,76	0,72	0,04
ŠESD emisijos (<i>tiesioginis poveikis</i>)	t CO ₂ e	131,156	123,905	7,251
CO ₂ (biogeninės kilmės)	t	6 999,756	6 603,517	396,239
N ₂ O	t	0,276	0,261	0,015
CH ₄	t	2,072	1,955	0,117
ŠESD emisijos (<i>netiesioginis poveikis</i>)	t CO ₂ e	130,546	328,419	-197,873
Bendros ŠESD (1 + 2 vertinimo lygiai)	t CO ₂ e	261,702	452,324	-190,622

Pastabos:

*Įvertinus AŠS galingumą AB „Klaipėdos energija“ Rajoninėje katilinėje proporcingai pritaikomas reikalingo galingumo AŠS [45], t. y. jeigu šildymo sezono metu pareikaujama galia – 13,722 MW, tai absorbcinis siurblio galia gali būti apie 0,8–0,9 MW;

¹Šildymo sezono metu sudeginto kietojo biokuro kiekio įvertinimas atliekamas pagal 2 formulę:

$$B_{iki} = 17\,268 \times 3,6 / (10,296 \times 0,90) = 6\,708,62 \text{ t/m.};$$

$$B_{po} = 16\,290,57 \times 3,6 / (10,296 \times 0,90) = 6\,328,89 \text{ t/m.};$$

²Katilinės efektyvumo įvertinimas po projekto įdiegimo:

$$18\,100,63 \text{ MWh} - 100 \%;$$

$$17\,268 \text{ MWh} - x;$$

$$x = 17\,268 \times 100 / 18\,100,63 = 95,4\%;$$

³Absorbcinio siurblio COP koeficientas – ≈ 2 : $1 \text{ kWh}_{el} \equiv 2 \text{ kWh}_{\text{šil}}$

Absorbcinis šilumos siurblys papildomai leistų pagaminti iki 977,43 MWh šiluminės energijos, sunaudojant iki 488,715 MWh elektros energijos.

Oro teršalai, kurie susidaro deginant kietąjį biokurą KDĮ iki projekto skaičiuojamos pagal metodikos 11 formulę:

$$E_{CO} = 69072 \times 570 / 1\,000\,000 = 39,37 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 69072 \times 91 / 1\,000\,000 = 6,29 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 69072 \times 170 / 1\,000\,000 = 11,74 \text{ t/m.}; (\text{iki valymo})$$

$$KD = 111,74 \times (1 - 0,94) = 0,70 \text{ t/m.}; (\text{po valymo})$$

$$E_{SO_x} = 69072 \times 11 / 1\,000\,000 = 0,76 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: $EF_{CO} = 570 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} = 91 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} = 170 \text{ g/GJ}$ (iki valymo), $EF_{SO_x} = 11 \text{ g/GJ}$;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 19 186,65 MWh/m. arba 69 072 GJ/m.

Oro teršalai, kurie susidaro deginant kietąjį biokurą KDĮ **po** alternatyvos įdiegimo:

$$E_{CO} = 65162 \times 570 / 1\,000\,000 = 37,14 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 65162 \times 91 / 1\,000\,000 = 5,93 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 65162 \times 170 / 1\,000\,000 = 11,08 \text{ t/m.}; (\text{iki valymo})$$

$$KD = 11,08 \times (1 - 0,94) = 0,66 \text{ t/m t/m.}; (\text{po valymo})$$

$$E_{SO_x} = 65162 \times 11 / 10\,000\,000 = 0,72 \text{ t/m.};$$

ŠESD deginant kietąjį biokurą KDĮ **iki** projekto skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_{2biogen}} = 69,072 \times 101\,340 / 1\,000 = 6\,999,756 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2o} = 69,072 \times 4 / 1\,000 = 0,276 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 69,072 \times 30 / 1\,000 = 2,072 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: $EF_{CO_2} = 101\,340 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 4 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 30 \text{ kg/TJ}$;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 19 186,65 MWh/m. arba 69,072 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 0 + 28 \times 2,072 + 265 \times 0,276 = 131,156 \text{ t CO}_{2e}.$$

ŠESD deginant kietąjį biokurą KDĮ **po** alternatyvos įdiegimo:

$$E_{CO_{2biogen}} = 65,162 \times 101\,340 / 1\,000 = 6\,603,517 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2o} = 65,162 \times 4 / 1\,000 = 0,261 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 65,162 \times 30 / 1\,000 = 1,955 \text{ t/m.};$$

$$GWP_{KDĮ} = 0 + 28 \times 1,955 + 265 \times 0,261 = 123,905 \text{ t CO}_{2e}.$$

4.5 lentelė. Absorbcinio šilumos siurblio įdiegimas Kretingos katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui šildymo sezono metu: sutaupomų lėšų įvertinimas

Analizuojami Katilinės Nr. 2 įvediniai ir išvediniai	Prieš projekto įdiegimą		Po projekto įdiegimo		Sutaupoma (+) / Padidėja (-)	
	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Šiluminės energijos gamyba, MWh	17 268	0	17 268	0	0	-
¹ Kietasis biokuras, MWh	19 186,65	1 055 265,75	18 100,63	995 534,65	1 086,02	59 731,10
² Elektros energija KDĮ, MWh	310,824	60 610,68	293,23	57 179,85	170,594	3 430,83
¹ Elektros energija AŠS, MWh	0	0	488,72	95 300,40	-488,72	-95 300,40
Pelenai, t	32,84	3448,20	30,94	3248,70	1,9	199,50
Iš viso, EUR/m.						-31 938,97

Pastabos:

⁽¹⁾Baltpool duomenimis, vidutinė kietojo biokuro kaina 2022 metų šildymo sezono metu Klaipėdos apskrityje siekė – 55,70 EUR/ MWh [49]. KŠT pirko kurą už 55,00 EUR/ MWh be PVM;

⁽²⁾Vidutinė metinė elektros kaina 2022 metais pagal ENA duomenis – 234,4 Eur be PVM / MWh [46]. KŠT pirkė elektros energiją už 195 Eur be PVM / MWh.

Atsižvelgiant į AŠS įrengimo investicijas Panevėžio RK-1, proporcingai pritaikoma investicijų suma šiam projektui. Investicijų suma – 600 tūkst. Eur be PVM [47].

4.6 lentelė. Šilumos siurblio įdiegimas Kretingos Katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui ne šildymo sezono metu: pasiūlymo aplinkosauginio įvertinimo rezultatas

Analizuojami Kretingos katilinės Nr. 2 srantai	Mat. Vnt.	Aplinkos apsaugos indikatoriai		
		Prieš diegimą	Po įdiegimo	Sutaupoma (+) / Padidėja (-)
		Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.
¹ Šilumos energijos gamyba šaltuoju metų laiku, įsk.	MWh	17 268	³ 17 268	
VŠK su kondensaciniu ekonomizeriu (KE)	MWh	16 290,57	12 342,576	
AŠS (*papildomai iki 6 %)	MWh	977,43	787,824	
PŠS	MWh	0	4 137,6	
² Šilumos energijos gamyba šiltuoju metų laiku, įsk.	MWh	14 305	³ 14 305	
VŠK	MWh	14 305	6 897	
PŠS	MWh	0	7 408	
Bendrai pagaminta šiluminės energijos	MWh	31 573	31 573	0
¹ Kietasis biokuras (šaltuoju metų laiku)	t	6 328,89	⁴ 4 795,096	1 541,76
	MWh	18 100,63	13 713,973	4 409,44
² Kietasis biokuras (šiltuoju metų laiku)	t	6 427,83	⁵ 3 099,664	3 327,90
	MWh	18 383,60	8 865,039	9 517,80
Bendrai sunaudota biokuro	t	12 756,72	7 894,759	4 869,66
	MWh	36 484,23	22 579,012	13 927,24
Elektros energija	MWh	550,72 + 488,72	346,31 + 393,91+ 3 298,74	-2 999,53
⁷ Oro teršalai	t	89,59	55,70	33,89
CO	t	74,87	46,54	28,33
NO _x	t	11,95	7,43	4,52
KD	t	1,33	0,83	0,50
SO _x	t	1,44	0,90	0,54
Pelenai	t	62,45	38,64	23,81
⁸ ŠESD emisijos (tiesioginis poveikis)	t CO ₂ e	249,552	147,88	101,672
CO ₂ (biogeninės kilmės)	t	13 310,299	8 273,803	5 036,496
N ₂ O	t	0,525	0,327	0,198
CH ₄	t	3,940	2,449	1,491
⁸ ŠESD emisijos (netiesioginis poveikis)	t CO ₂ e	436,565	1 696,363	-1 259,798
Bendros ŠESD (1 + 2 vertinimo lygiai)	t CO ₂ e	686,117	1 844,243	-1 158,17

Pastaba:

¹Informacija dėl šiluminės energijos gamybos šildymo sezono metu ir kuro sąnaudų situacijai „prieš įdiegimą“ perkeliama iš 4.5 lentelės

²B_{iki} = 11 3136,463 – 6 708,63 t = 6 427,83 t (arba 18 383,60 MWh) (katilinės efektyvumas sumažėja iki 77,8 %)

³Šiluminės energijos gamyba šilumos siurbliu.

⁴B_{iki} = 12 342,576 × 3,6/(10,296 × 0,90) = 4 795,096 t/m.;

⁵B_{po} = 6 897 × 3,6/(10,296 × 0,778) = 3 099,664 t/m.;

⁶Šilumos siurblio COP – 3,5: $1 \text{ kWh}_{\text{el}} \equiv 3,5 \text{ kWh}_{\text{šil}}$. Šilumos siurblys leistų pagaminti iki 11 545,6 MWh šiluminės energijos, sunaudojant iki 3 298,74 MWh elektros energijos (žr. 3 priedą). Skaičiavimams daroma prielaida, kad šildymo sezonas – nuo lapkričio iki balandžio.

⁷Oro teršalai, kurie susidaro deginant kietąjį biokurą KDĮ **iki** projekto skaičiuojamos pagal metodikos 11 formulę:

$$E_{CO} = 131\,343 \times 570 / 1\,000\,000 = 74,87 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 131\,343 \times 91 / 1\,000\,000 = 11,95 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 131\,343 \times 170 / 1\,000\,000 = 22,23 \text{ t/m.}; \text{ (iki valymo)}$$

$$KD = 22,23 \times (1 - 0,94) = 1,33 \text{ t/m.}; \text{ (po valymo)}$$

$$E_{SO_x} = 131\,343 \times 11 / 1\,000\,000 = 1,44 \text{ t/m.};$$

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: $EF_{CO} = 570 \text{ g/GJ}$, $EF_{NO_x} = 91 \text{ g/GJ}$, $EF_{KD} = 170 \text{ g/GJ}$ (iki valymo), $EF_{SO_x} = 11 \text{ g/GJ}$;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 36 484,23 MWh/m. arba 131 343 GJ/m.

Oro teršalai, kurie susidaro deginant kietąjį biokurą KDĮ **po** alternatyvos įdiegimo:

$$E_{CO} = 81\,644 \times 570 / 1\,000\,000 = 46,54 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 81\,644 \times 91 / 1\,000\,000 = 7,43 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 81\,644 \times 170 / 1\,000\,000 = 13,88 \text{ t/m.}; \text{ (iki valymo)}$$

$$KD = 13,88 \times (1 - 0,94) = 0,83 \text{ t/m.}; \text{ (po valymo)}$$

$$E_{SO_x} = 81\,644 \times 11 / 1\,000\,000 = 0,90 \text{ t/m.};$$

⁸ŠESD, deginant kietąjį biokurą KDĮ **iki** projekto skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_{2biogen}} = 131,343 \times 101\,340 / 1\,000 = 13\,310,299 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2o} = 131,343 \times 4 / 1\,000 = 0,525 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 131,343 \times 30 / 1\,000 = 3,940 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: $EF_{CO_2} = 101\,340 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 4 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 30 \text{ kg/TJ}$;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 36 484,23 MWh/m. arba 131,343 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 0 + 28 \times 3,940 + 265 \times 0,525 = 249,552 \text{ t CO}_{2e}.$$

ŠESD, deginant kietąjį biokurą KDĮ **po** projekto skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_{2biogen}} = 81,644 \times 101\,340 / 1\,000 = 8\,273,803 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2o} = 81,644 \times 4 / 1\,000 = 0,327 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 81,644 \times 30 / 1\,000 = 2,449 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamas kietasis biokuras: $EF_{CO_2} = 101\,340 \text{ kg/TJ}$, $EF_{N_2O} = 4 \text{ kg/TJ}$, $EF_{CH_4} = 30 \text{ kg/TJ}$;

sudeginto biokuro energetinė vertė – 22 579,012 MWh/m. arba 81,644 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 0 + 28 \times 2,449 + 265 \times 0,327 = 147,880 \text{ t CO}_{2e}.$$

⁸ŠESD emisijos dėl ŠS sunaudojamos elektros **iki** projekto įdiegimo apskaičiuojamos pagal 6 formulę:

$$E_e = 1\,039,44 \times 0,42 = 436,565 \text{ t CO}_{2e};$$

čia:

bendra visų įrenginių sunaudoja elektros energija – 1 039,44 MWh;

elektros emisijų faktorius – 0,42 t CO_{2e}.

⁸ŠESD emisijos dėl ŠS sunaudojamos elektros **po** projekto įdiegimo apskaičiuojamos pagal 6 formulę:

$$E_e = 4\,038,96 \times 0,42 = 1\,696,363 \text{ t CO}_{2e}.$$

čia:

bendra visų įrenginių sunaudoja elektros energija – 4 038,96 MWh;

elektros emisijų faktorius – 0,42 t CO_{2e}.

Ekonominis įvertinimas visam projektui, kai Kretingos katilinėje Nr. 2 siūloma įdiegti AŠS veiklos optimizavimui šildymo sezono metu ir ŠS, kuris veiktų šiltuoju periodu vietoj VKDĮ, pateiktas 4.7 lentelėje.

4.7 lentelė. AŠS ir ŠS įdiegimas Kretingos katilinės Nr. 2 darbo optimizavimui: sutaupomų lėšų įvertinimas

Analizuojami katilinės Nr. 2 įvediniai ir išvediniai	Prieš projekto įdiegimą		Po projekto įdiegimo		Sutaupoma (+) / Padidėja (-)	
	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Šiluminės energijos gamyba, MWh	31 573	0	31 753	0	0	-
¹ Kietasis biokuras, MWh	37 569,366	2 066 315,13	22 579,012	1 241 845,66	14 990,36	824 469,47
Pelenai, t	62,45	6557,25	38,64	4 057,20	23,81	2 500,05
² Elektros energija KDĮ, MWh	568,314	110 821,23	346,31	67 530,45	204,41	43 290,78
² Elektros energija AŠS, MWh	0	0	393,91	76 812,45	-393,91	-76 812,45
² Elektros energija ŠS (kai COP=3,5), MWh	0	0	3 298,74	643 254,30	-3 298,74	-643 254,30
Iš viso, EUR/m.						150 193,55

Pastaba:

⁽¹⁾Baltpool duomenimis, vidutinė kietojo biokuro kaina 2022 metų šildymo sezono metu Klaipėdos apskrityje siekė – 55,70 EUR/ MWh [49]. KŠT pirko kurą už 55,00 EUR/ MWh;

⁽²⁾Vidutinė metinė elektros kaina 2022 metais pagal ENA duomenis – 234,4 Eur/MWh [46]. KŠT pirko elektros energiją už 195 Eur/MWh.

Šilumos siurblio projekto investicijos galėtų siekti apie 2,1 mln. Eur. Kartu su AŠS, visam projektui reikėtų 2,7 mln. Eur.

Alternatyvos atsipirkimo trukmė vertinama pagal 9 formulę:

$$AT = 2\,100\,000 / 150\,193,55 = 18 \text{ metų}.$$

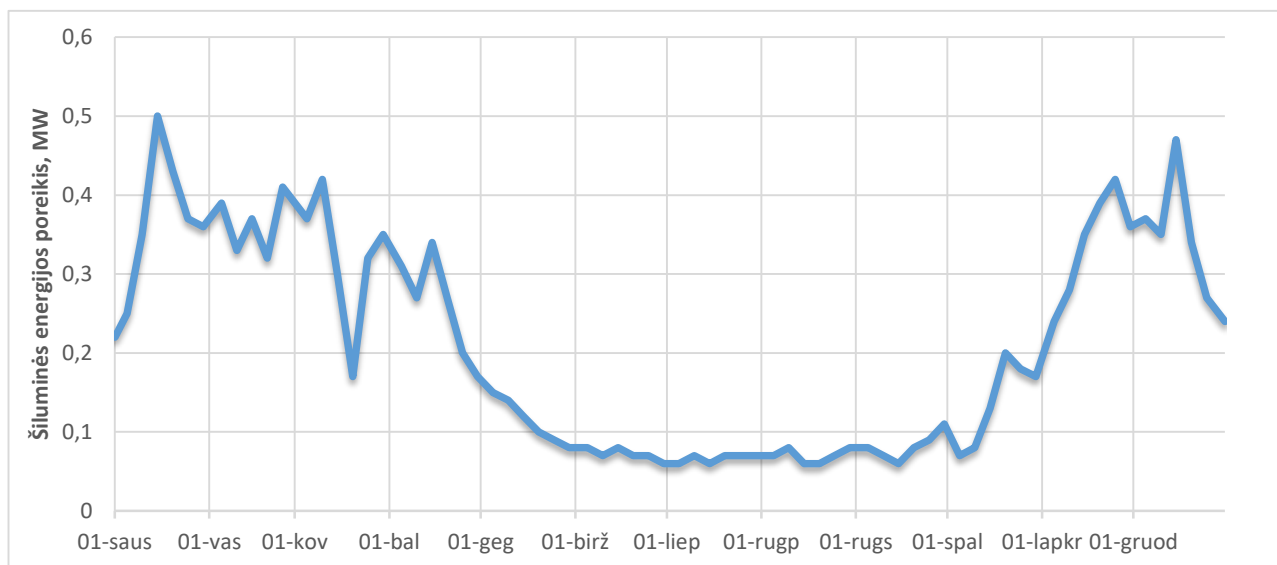
Iš skaičiavimų matoma, kad šios alternatyvos įdiegimas finansiškai nėra naudingas. Projektas finansiškai atsipirktų, jeigu KŠT turėtų nuosavą elektrinę ir gamintų elektros energiją iš AEI (pvz. saulės elektrinę)

Projekto įdiegimui galima pasinaudoti galimybėmis gauti finansavimą (lengvatinę 2 proc. paskolą ir dotacijas – iki 25 proc. tinklų projekto kaštų) iš ES struktūrinių fondų pagal Energetikos plėtros programos pažangos priemonę Nr. 03-001-06-03-05 „Įgyvendinti AEI panaudojimą šilumos ir vėsumos gamybai didinančias priemones centralizuoto šilumos ir vėsumos tiekimo sektoriuje“.

Jeigu elektros energija būtų gaminama KŠT nuosavoje elektrinėje, pvz., saulės elektrinėje, projekto sutaupomos lėšos padidėtų iki 827 tūkst. Eur/metus, o investicijų atsipirkimo trukmė sumažėtų iki apytiksliai 3,3 metai.

4.3.2. Gamtinių dujų katilų pakeitimas Kretingos katilinėje Nr. 5 į šilumos siurblius oras – vanduo

Šiuo metu instaliuoti trys gamtinių dujų katilai: 1991 metų VK-21, kurio galia 1,97 MW (realiai nenaudojamas bei laikomas kaip atsarginis) bei du *Buderus Logano plus KB372-250H*, kurių galia po 0,233 MW. Ši katilinė gamina ir tiekia šilumą 11 pastatų, didžioji dalis jų nėra renovuoti. Didžiausias poreikis šilumai išauga šaltuoju metų periodu iki 0,5 MW, o vasarą nukrenta iki 0,1 MW, tai galima matyti ir 13 paveiksle. Realus faktinis 2022 metų pagamintas šilumos kiekis – 1 531,015 MWh. Taikant prielaidą, kad ateityje namai bus renovuojami bei šilumos poreikis sumažės, atsiranda galimybė diegti šilumos siurblius, pradžiai paliekant esamus dujinius katilus kaip atsarginius, kai lauko oro temperatūra nukrenta žemiau efektyvumo ribos ir neužtenka šilumos siurblių pagaminamos šilumos. Atsižvelgiant į pastarųjų metų vidutinę šaltojo sezono temperatūrą yra reali galimybė visiškai atsisakyti kurą deginančių įrenginių ir pakeisti juos į oras – vanduo šilumos siurblius.



13 pav. Katilinės Nr. 5 šilumos poreikis (2022 m.)

Viena iš opcijų būtų diegti du šilumos siurblius oras–vanduo po 0,25 MW (arba vieną 500 MW) paliekant vieną KDĮ kaip rezervinį, kuris būtų naudojamas šaltuoju metų sezonu. Atsižvelgiant į 2022 metų pagamintos šilumos grafiką, daroma prielaida, kad po šilumos siurblių įdiegimo KDĮ pagamintų 10 proc. visos dabartinės šiluminės galios. Techniniai reikalavimai šilumos siurbliui:

- Išėinančio vandens temperatūra – $\geq 55^{\circ}\text{C}$;
- Šildymo galia – 2x250 kW arba 500 kW;
- COP – ≥ 3 (kai lauko temperatūra iki $+7^{\circ}\text{C}$).

Norint įvertinti siūlomo projekto efektyvumą ir poveikį klimato kaitai, sudaryti katilinės Nr. 5 medžiagų ir energijos balansai, apskaičiuoti santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai (AAIs prieš, AAIs po), įvertintas poveikis klimato kaitai dėl ŠESD *scope 1* ir *scope 2* lygmenyje. Skaičiavimo rezultatai pateikti 4.8 lentelėje

Netiesiogines CO₂ emisijas pavyktų papildomai sumažinti, jei įmonė nuspręstų pradėti pirkti tik žaliąją elektros energiją arba įsirengti nuosavas saulės elektrines su energijos kaupyklomis, kurios galėtų nepertraukiamai tiekti elektros energiją tamsiuoju paros metu.

Siūlomos alternatyvos ekonominės analizės sutaupomų lėšų įvertinimas pateiktas 4.9 lentelėje.

4.8 lentelė. Kretingos katilinei Nr. 5 siūlomos alternatyvos aplinkosauginio įvertinimo rezultatas

Analizuojami katilinės įvediniai ir išvediniai	Mat. Vnt.	Aplinkos apsaugos indikatoriai		
		Prieš projekto įdiegimą	Po projekto įdiegimo	Sutaupoma (+) / Padidėja (-)
		Vnt./m.	Vnt./m.	Vnt./m.
Šilumos energijos gamyba	MWh	¹ 1 531,015	¹ 1 531,015	0
Gamtinės dujos	tūkst. m ³	¹ 169,618	² 16,962	152,656
	MWh	¹ 1 631,212	² 163,121	1 377,913
Elektros energija	MWh	¹ 16,841	² 1,684 + ³ 362,61	-347,453
⁴ ŠESD emisijos (<i>scope 1</i>)	t CO ₂ e	326,765	² 32,677	294,088
CO ₂	t	² 326,445	² 32,645	29,38
N ₂ O	t	² 0,0006	² 0	0,0006
CH ₄	t	² 0,006	² 0,0006	0,0054
ŠESD emisijos (<i>scope 2</i>)	t CO ₂ e	² 7,073	² 0,707 + ³ 152,296	-145,93
Bendras ŠESD	t CO ₂ e	333,838	185,680	148,158

Pastabos:

¹Įmonės pateikti 2022 metų duomenys.

²ŠESD, deginant gamtines dujas KDĮ iki projekto skaičiuojamos pagal metodikos 5 formulę:

$$E_{CO_2} = 5,872 \times 55\,590 / 1\,000 = 326,445 \text{ t/m.};$$

$$E_{N_2O} = 5,872 \times 0,1 / 1\,000 = 0,0006 \text{ t/m.};$$

$$E_{CH_4} = 5,872 \times 1 / 1\,000 = 0,006 \text{ t/m.};$$

čia:

EF (emisijų faktoriai), kai deginamos gamtinės dujos: EF_{CO₂} – 55 590 kg/TJ, EF_{N₂O} – 0,1 kg/TJ, EF_{CH₄} – 1 kg/TJ;

sudegintų gamtinių dujų energetinė vertė – 1 631,212 MWh/m. arba 5,872 TJ/m.

GWP deginant kietąjį biokurą KDĮ skaičiuojamas pagal metodikos 7 formulę:

$$GWP_{KDĮ} = 326,445 + 28 \times 0,006 + 265 \times 0,0006 = 326,765 \text{ t CO}_{2e}.$$

²Sudegintas gamtinių dujų kiekis ir sudeginta šiluma po projekto išskaičiuojama pagal proporciją:

169,618 – 100 %

X – 10 %.

$X = 169,618 \times 10 / 100 = 16,962$ tūkst. m³/m. arba 163,121 MWh/m. arba 0,587 TJ/m.

Analogiškai skaičiuojamos ir išlajos į orą bei GWP dėl ŠESD.

³Šilumos siurblio COP – 3,8: $1 \text{ kWh}_{\text{el}} \equiv 3,8 \text{ kWh}_{\text{šil.}}$ Šilumos siurblys leistų pagaminti iki 1 377,91 MWh šiluminės energijos, sunaudojant iki 362,609 MWh elektros energijos.

ŠESD emisijos dėl ŠS sunaudojamos elektros apskaičiuojamos pagal 6 formulę:

$$E_e = 362,61 \times 0,42 = 362,61 \text{ t CO}_{2e}.$$

čia:

ŠS siurblio sunaudota elektros energija – 362,609 MWh;

elektros emisijų faktorius – 0,42 t CO_{2e}.

Papildomai alternatyvos įdiegimas leistų sumažinti oro taršą, dėl gamtinių dujų tapymo 1 377,913 MWh/m. arba 4960,49 GJ/m. (vertinimui naudojama metodikoje pateikta 11 formulė):

$$E_{CO} = 4\,960,49 \times 24 / 1\,000\,000 = 0,12 \text{ t/m.};$$

$$E_{NO_x} = 4\,960,49 \times 73 / 1\,000\,000 = 0,36 \text{ t/m.};$$

$$E_{KD} = 4\,960,49 \times 0,45 / 1\,000\,000 = 0,002 \text{ t/m.};$$

$$E_{SO_x} = 4\,960,49 \times 1,4 / 1\,000\,000 = 0,01 \text{ t/m.}$$

4.9 lentelė. Kretingos katilinei Nr. 5 siūlomos alternatyvos sutaupomų lėšų įvertinimas

Analizuojami katilinės įvediniai ir išvediniai	Prieš projekto įdiegimą		Po projekto įdiegimo		Sutaupoma (+) / Padidėja (-)	
	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.	vnt./m.	EUR/m.
Šiluminės energijos gamyba, MWh	1 531,015	0	1 531,015	0	0	-
⁽¹⁾ Gamtinės dujos, MWh	1 631,212	219 071,77	163,121	21 907,15	1 468,091	197 164,62
⁽²⁾ Elektros energija KDĮ	16,841	3 283,99	1,684	328,38	15,157	2 955,61
Elektros energija ŠS (kai COP=3,8)	0	0	362,609	70 708,76	-326,609	-70 708,76
Iš viso, EUR/m.						129 411,47

Pastabos:

⁽¹⁾Vidutinė metinė dujų kaina 2022 metais pagal ENA duomenis – 134,30 Eur/MWh [46].

⁽²⁾ Vidutinė metinė elektros kaina 2022 metais pagal ENA duomenis – 234,4 Eur MWh [46]. KŠT pirkto elektros energiją už 195 Eur/MWh.

Sutaupomos sąnaudos skaičiuojamos pagal metodikos 10 formulę.

Alternatyvos atsipirkimo trukmė vertinama pagal 9 formulę.

Pagal panašius projektus imama, kad tokios galios ŠS su instaliaciniais darbais (montavimas, įvado galios pakėlimas (jei reikia), ir pan.) gali kainuoti iki 200 000 Eur.

$$AT = 200\,000 / 129\,411,76 = 1,55 \text{ metų}.$$

Taigi matoma, kad įdiegus šį projektą, per metus būtų galima sutaupyti 129,4 tūkst. Eur tik sumažinus tiesioginius procesų kaštus. Šio tyrimo metu nebuvo vertinami mokesčiai už teršalus, kurie taip pat praktiškai eliminuotųsi, pakeitus KDI į ŠS. Taip pat matoma, kad projekto atsipirkimo trukmė yra trumpesnė nei trys metai, tad šį projektą galima laikyti ŠG projektu.

4.3.3. Alternatyvų pritaikymas visiems įmonės objektams

Pagal gautus rezultatus likusiems KŠT katilinėms siūloma:

- šilumos siurblių oras–vanduo įdiegimas mažose katilinėse iki 1 MW, kuriose šiuo metu deginamos gamtinės dujos, suskystintos dujos ir skystasis kuras (9 objektai);
- tik dūminių kondensacinių ekonomizerių DKE įdiegimas biokuro katilinėse (14 objektų).

Visoms likusioms KŠT katilinėms siūlomų alternatyvų aplinkosauginis vertinimas atliktas, naudojant Excel programoje sukurtą KŠT duomenų surinkimo ir analizės bazę. Susistemintą informaciją (ištraukos iš duomenų bazės) pateiktos 5 priede.

Pakeitus neatsinaujinančias energijos išteklius (gamtinės dujas, suskystintas dujas bei skystąjį kurą) likusius naudojančius katilus į šilumos siurblius, būtų galima sutaupyti 348,318 tūkst. m³/m. dujų, bei 1,9 t/m. skystojo kuro. Netiesioginis poveikis aplinkai dėl elektros energijos sąnaudų iš tinklų išaugtų iki 337,923 t CO₂e/m. Bendras KŠT poveikis klimato kaitai sumažėtų 376,735 t CO₂e/m. arba 21,5 proc.

Likusiems biokurą deginantiems KDI siūloma įdiegti DKE, kuris padidintų nedidelių katilinių n. k. bent 10 proc. Tokiu atveju, bendras kietąjį biokurą deginančių objektų naudingumas padidėtų iki 87 proc. ir tai leistų sutaupyti apie 258,663 tonų kietojo biokuro per metus. Vertinant ŠESD pirmuoju lygiu (*Scope 1*), tiesiogiai susidarančių ŠESD sumažėtų 7,495 t CO₂e/m., tačiau netiesioginis poveikis dėl elektros sąnaudų iš tinklų (vertinant 2 lygiu (*scope 2*)) paaugtų iki 11,12 t CO₂e/m. Taip pat būtina pabrėžti, kad turi būti papildomai įvertintas poreikis kietųjų dalelių ciklonų įrengimui dūmų nuvedimo sistemose biokuro katilinėse prieš DKE, kuriuose jų šiuo metu nėra (Grūšlaukės, Jokūbavo, Laukžemės, Rūdaičių, Baublių, Salantų seniūnijos ir konteinerinės, Sukės, Raguviškių) (žr. 2 priedą).

KŠT visose katilinėse naudojant „žaliąją“ elektros energiją, netiesioginį poveikį aplinkai būtų galima pašalinti, tokiu atveju, šių alternatyvų įdiegimas leistų apie 5,8 karto sumažinti poveikį klimato kaitai dėl ŠESD, susidarančių dėl kuro deginimo.

5. Rekomendacijos nedideliems kurą deginantiems objektams, tiekiantiems šiluminę energiją į CŠT

UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT) atlikto tyrimo analizės rezultatai parodė, kad šiluminės energijos gamybos efektyvumas bei, tuo pačiu, aplinkosauginis veiksmingumas gali būti didinamas katilinėse, kuriose veikia nedideli KDI, naudojant pramoninės ekologijos dematerializavimo principus, t. y. taikant ŠG koncepcijos sisteminių požiūrį ir prevencinius metodus, pavyzdžiui, technologijos pakeitimo, procesų optimizavimo, įėjimų pakeitimo.

Magistro baigiamajame projekte detaliajam įvertinimui buvo pasirinktos dvi skirtos instaliuotos šilumos galios KŠT katilinės, kuriose šiluminė energija gaminama skirtingais būdais:

- Katilinėje Nr. 2, deginant kietąjį biokurą VKDI, kurių bendra instaliuota šiluminė galia – 17,3 MW, papildomai įrengtas kondensacinis ekonomizeris (2,2 MW) (pareikalauja maksimali galia – 9 MW).;
- Katilinėje Nr. 5, deginant gamtines dujas VKDI, kurių bendra instaliuota šiluminė galia – 0,5 MW (pareikalauja maksimali galia – 0,418 MW).

Magistro baigiamajame projekte Kretingos katilinėje Nr. 2 siūloma diegti absorbcinį šilumos siurblių, padėsiantį papildomai atgauti šiluminę energiją iš kietojo biokuro deginimo proceso metu susidariusių dūmų (po kondensacinio ekonomizerio). Taip pat įvertinta galimybė šiltuoju metų laiku praktiškai sustabdyti kietojo biokuro deginimą, jį pakeičiant į šilumos siurblių, kuris dirbtų ir šaltuoju metų laiku. Ši 2-jų inovacijų įdiegimo kombinacija leistų sutaupyti 5 241 t/m. kietojo biokuro, t. y. apie 40 proc. viso katilinėje Nr. 2 sudeginamo kuro per metus.

Dažniausiai Kretingos katilinė Nr. 2 šaltuoju sezono metu veikia be kondensacinio ekonomizerio. Kadangi pastaruoju metu labai suprastėjo kietojo biokuro kokybė (deginamas SM2 ir net SM3 kuras, kuris pasižymi dideliu peleningumu ($\geq 1,5$ proc.)), visą laiką egzistuoja rizika dėl kietųjų dalelių (KD) koncentracijų ribinių verčių viršijimo išmetamuose dūmuose (šiam objektui nuo 2025 m. KD taikoma 50 mg/Nm³ ribinė vertė (žr. 1.3 lentelę)). Tad šaltuoju sezono metu atsisakius deginimo proceso, ši rizika būtų eliminuojama. Tokiu būdu šioje katilinėje nereikėtų diegti papildomų tik valymui skirtų įrenginių, kurių kaina dažnai viršija investicijas į procesų optimizavimą.

Katilinėje Nr. 5 siūloma praktiškai pakeisti esančius dujinius katilus į šilumos siurblius oras–vanduo, paliekant juos kaip atsarginius šaltuoju metų laiku, kai šilumos siurbLIAI nesugeba sugeneruoti reikalingą kiekį šilumos arba generacija yra ekonomiškai nenaudinga dėl didelių elektros energijos sąnaudų. Ši alternatyva leistų sutaupyti per metus apie 152,656 tūkst. m³ gamtinių dujų, t. y. apie 90 proc. viso per metus sudeginamo gamtinių dujų kiekio. Šilumos siurblių įdiegimas leistų naudoti aplinkos energiją, taip sumažinant poveikį klimato kaitai dėl ŠESD apie 294,088 t CO₂e/m.

Planuojamas šių siūlomų alternatyvų įdiegimo aplinkosauginis veiksmingumas įvertintas 5.1 lentelėje.

5.1 lentelė. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ Kretingos Katilinei Nr. 2 ir Nr. 5 siūlomų alternatyvų planuojamo aplinkosauginio veiksmingumo vertinimas

Analizuojami įvediniai ir išvediniai	vnt.	Santykiniai aplinkos apsaugos indikatoriai		
		Prieš projekto įdiegimą	Po projekto įdiegimo	Planuojamas aplinkosauginis veiksmingumas
		AAI _{iki}	AAI _{po}	AAV
		vnt./MWh *G	vnt./MWh *G	vnt./MWh *G
Kretingos katilinėje Nr. 2				
Šiluminės energijos gamyba (G)	MWh	31 573	31 573	-
Kietasis biokuras	t	0,416	0,250	0,166
	MWh	1,189	0,715	0,474
Oro tarša (CO, NO _x , KD, SO _x)	kg	2,922	1,764	1,158
Pelenai	kg	1,978	1,224	0,754
Elektros energija	kWh	18	127,924	-109,924
ŠESD (vertinant 1 lygiu)	t CO _{2e}	0,008	0,004	0,004
ŠESD (vertinant 2 lygiu)	t CO _{2e}	0,007	0,053	-0,046
Bendras poveikis klimato kaitai	t CO _{2e}	0,015	0,057	-0,042
Katilinėje Nr. 5				
Gamtinės dujos	tūkst. m ³	0,111	0,011	0,099
	MWh	1,065	0,107	0,958
Elektros energija	kWh	10,999	214,429	-203,43
ŠESD (vertinant 1 lygiu)	t CO _{2e}	0,213	0,021	0,192
ŠESD (vertinant 2 lygiu)	t CO _{2e}	0,005	0,099	-0,094
Bendras poveikis klimato kaitai	t CO _{2e}	0,338	0,218	0,12

Pastaba: analizuojamas metais Kretingos katilinėje Nr. 2 pagaminta šiluminės energijos $G = 31\,573$ MWh/m., Katilinėje Nr. 5 – $G = 1\,531,015$ MWh/m.

Kretingos katilinėje Nr. 2 įdiegus siūlomą alternatyvą, bendras poveikis klimato kaitai dėl ŠESD, vertinant 1 ir 2 lygiais, padidės dėl elektros sąnaudų iš tinklų (ne iš AEI) padidėjimo. Esamoje situacijoje poveikis mažesnis dėl kietojo biokuro naudojimo. Tačiau alternatyvos įdiegimas prisidės prie gamtinių išteklių (kietojo biokuro) sąnaudų mažinimo, taip pat sumažės poveikis oro kokybei. Siekiant sumažinti katilinės poveikį klimato kaitai, siūloma įrengti nuosavą saulės elektrinę arba pirkti elektros energiją iš tinklų iš AEI (su sertifikatu „Žalioji energija“).

Kiti būdai, galintys padėti pagerinti energetinį nedidelių šiluminių katilinių efektyvumą:

1. Dūminių kondensacinių ekonomizerių diegimas biokuro katiluose. Tai puikus būdas atgauti dalį prarandamos šilumos iš išmetamųjų dūmų, kartu sumažinant KD patekimą į aplinkos orą. Ši technologija padidina katilų naudingumo koeficientą iki 95 proc. ar daugiau, priklausomai nuo katilų amžiaus bei deginamo kuro kokybės, drėgnio; išmetamų KD koncentracija

sumažėja iki $\leq 30 \text{ mg/Nm}^3$, tokiu būdu esamiems vidutinėms KDI ($1 \geq \text{MW} < 50$) nereikėtų diegti papildomų „vamzdžio galo technologijas“ (pvz., elektrostatinius filtrus) tikslų pasiekti ribines vertes, reglamentuotas VKDI normose [48].

2. Daugiau investuoti į AEI galimybes. Vienas iš būdų keisti esančius KDI į šilumos siurblius (ŠS). Šiais laikais, priklausomai nuo jų tipo, galimas COP iki 5 ($1 \text{ MWh}_{\text{el.}} \equiv 5 \text{ MWh}_{\text{šil.}}$). Didžioji dauguma naujų individualių namų jau statosi šilumos siurblius kartu su rekuperacinėmis sistemomis. Tai padeda pasiekti reikalavimus A++ klasės pastatams, kai didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija [20]. Didėjant „Žaliosios“ elektros energijos gamybai mažėja netiesioginis poveikis klimato kaitai dėl ŠESD, taip pat vis daugiau energijos pagaminama šalies viduje, ir vis daugiau – iš AEI, tai didina energetinę nepriklausomybę bei stabilizuoja rinkos kainas. Mažesnės rinkos kainos sutrumpina investicijų atsiperkamumo trukmę.
3. Išnaudojant esamą katilinių infrastruktūrą, įdiegti nuosavas saulės elektrines. Tai ne tik sumažintų poveikį klimato kaitai dėl elektros sąnaudų iš tinklų, bet ir pagerintų AEI plėtros projektų (ŠS, AŠS) ekonominius rodiklius bei sumažintų šiluminės energijos gamybas tiesioginius kaštus.
4. Naudoti elektros energiją iš tinklų, ją perkant su „Žaliuoju“ sertifikatu, t. y. pagamintą iš AEI, taip praktiškai eliminuojant netiesioginį poveikį klimato kaitai dėl ŠESD.
5. Iš tyrimo rezultatų matoma, kad didžioji dalis nedidelių kurą deginančių įrenginių yra gana seni ir praradę savo efektyvumą. Tokie objektai dažnai randami mažesniuose miesteliuose, kur katilinės įrengiamos aprūpinti tik kelis namus ar gatvę. Čia šiluminės infrastruktūros plėtimo ar atnaujinimo procese galima susidurti su dvejomis esminėmis problemomis – finansavimo trūkumu bei atsakingų asmenų kompetencijos stygiu. Gaunamų lėšų iš savivaldybių gali neužtekti visiems einamiems gyvenvietės poreikiams, o atsakingi asmenys gali būti stagnatoriškai naujovėms arba neturėti pakankamai kompetencijos sudaryti reikalingus planus bei projektus. Čia siūloma didinti darbuotojų kompetenciją arba pasinaudoti konsultacijomis iš kompetentingų specialistų. Taip pat galimas variantas palikti projektą subrangovams, turintiems kompetencijos tokio tipo projektų rengime.

Išvados

1. Bendrai per 2022 metus Lietuvoje pagaminta 85 276 TJ energijos, iš kurios 36 380,52 TJ sudarė šiluminė energija. 60 proc. šios energijos buvo pagaminta šilumos tiekimo įmonių katilinėse bei kogeneracinėse elektrinėse. Iš centralizuoto šilumos tiekimo (CŠT) sektoriaus Lietuvoje vidutiniškai išsiskyrė apie 60 kg CO_{2e} /MWh ŠESD. Pagrindiniai pirminės energijos šaltiniai Lietuvoje yra biokuras ir gamtinės dujos. Atlikus teisės aktų apžvalgą nustatyta, kad reikalavimai taršos išleidimui iš vidutinių kurų deginančių įrenginių nuo 2025 metų sugriežtėjo. Ypatingas dėmesis skiriamas kietųjų dalelių išmetimams iš kietąjį biokurą deginančių įrenginių. Šilumos gamintojai bei tiekėjai netolimoje ateityje turės optimizuoti biokurą deginančią įrangą integruojant kitus AEI ir aplinkos šilumą, taip mažinti deginamo kuro kiekį ir momentines reikšmes. Kitu atveju, bus būtina įsirengti sąlyginai brangesnius teršalų valymo įrenginius arba, blogiausiu atveju, mokėti aplinkosaugos baudas.
2. Atlikus praktinės ir mokslinės literatūros analizę, plačiau išsiaiškintos ŠG metodikos diegimo galimybės šilumą gaminančiuose objektuose bei technologijos, padedančios didinti šiluminės energijos gamybos efektyvumą, kartu mažinant poveikį klimato kaitai dėl ŠESD – dūminio kondensacinio ekonomizerio (DKE) pritaikymas kietąjį biokurą deginančiuose katiluose; nuoseklus absorbcinio šilumos siurblio prijungimas prie jau esančios DKE sistemos vidutiniuose kurų deginančiuose įrenginiuose (KDĮ); šiluminės energijos gamyba, naudojant aplinkos šilumą.
3. Detalesnei analizei pasirinktame objekte – UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT), kuriame analizės metu veikė 25 katilinės, įsk. tris, kurios priskiriamos prie vidutinių KDĮ (1 ≥ MW <50), kitos mažosios katilinės (< 1 MW). Naudojant Švaresnės gamybos (ŠG) prevencinių inovacijų diegimo energetikos objektuose metodiką, atliekant pirminį aplinkosauginį vertinimą nustatyta, kad vidutinis visų objektų šilumos energijos efektyvumas siekia tik 83,7 proc. Bendras poveikis klimato kaitai siekė 41,77 kg CO_{2e}/MWh, iš kurių 82,3 proc. – tiesioginis poveikis dėl kuro deginimo, įsk. virš 70 proc. dėl gamtinių dujų deginimo.
4. Kretingos katilinės Nr. 2 veiklos kuro taupymui ir poveikio klimato kaitai mažinimui pateikti 2 pasiūlymai (absorbcinio siurblio įdiegimas apie 6 proc. didinant šilumos gamybos efektyvumą šildymo sezono metu, ir šilumos siurblio įdiegimas, atsisakant deginimo procesų šiltuoju periodu) bei atlikta jų įvykdomumo analizė, kurios pagrindiniai rezultatai:
 - šios abi alternatyvos nėra ekonomiškai naudingos, tačiau padėtų sutaupyti apie 5 242 t/m. kietojo biokuro bei 34 t/m. sumažintų oro taršą;
 - bendrai kietojo kuro sąnaudos sumažėtų apie 40 proc., todėl tiesioginis poveikis klimato kaitai dėl ŠESD sumažėtų nuo 8,14 iki 4,17 kg CO_{2e}/MWh, bet virš 7 kartų padidėtų elektros sąnaudos, tad bendras poveikis klimato kaitai padidės 3,7 kartus (nuo 15,7 iki 57,9 kg CO_{2e}/MWh);
 - poveikį klimato kaitai galima sumažinti, pereinant prie „Žaliosios“ energijos naudojimo iš tinklų, projekto ekonominę naudą galima pasiekti tik turint nuosavą elektrinę, gaminančią elektros energiją iš AEI.
5. Kretingos katilinėje Nr. 5, kurioje deginamos gamtinės dujos, šilumos siurblio įdiegimas leistų iki 90 proc., sumažinti gamtinių dujų sąnaudas (152,656 tūkst. m³/m.). Nepaisant elektros sąnaudos padidėjimo, bendras poveikis klimato kaitai sumažėtų nuo 96,8 kg CO_{2e}/MWh. Projekto investicijų atsipirkimo trukmė neviršija 3 metus.
6. Pritaikius įvykdomumo analizės rezultatus visiems likusiems įmonės objektams (biokurą deginantiesiems įrenginiams siūloma įdiegti dūminius kondensacinius ekonomizerius, iškastinį kurą degantiems įrenginiams – siūloma pereiti prie šilumos siurblių naudojimo), matoma, kad

kuro sąnaudos sumažės 5 214 MWh/m. arba 0,583 MWh/MWh šiluminės energijos gaminamos šiuose objektuose, ŠESD dėl kuro deginimo sumažės virš 722 t CO₂e/m. arba 80,83 kg CO₂e/MWh.

7. Magistro baigiamajame projekte taip pat pateikiamos rekomendacijos nedidelės ir vidutinės galios šilumą gaminantiems objektams, kaip efektyvinant gamybą bei diegiant AEI alternatyvas galima racionaliau naudoti išteklius ir sumažinti poveikį klimato kaitai dėl ŠESD.

Literatūros sąrašas

1. OFICIALIOS STATISTIKOS PORTALAS [interaktyvus] 2025. [žiūrėta 2025-04-09] Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt>
2. UAB KAIŠIADORIŲ ŠILUMA. *CŠT sistema* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-09]. Prieiga per internetą: <https://www.kaisiluma.lt/cst-sistema/>
3. LIETUVOS ŠILUMOS TIEKĖJŲ ASOCIACIJA. *Lietuvos centralizuoto šilumos tiekimo sektoriaus 2022 metų apžvalga* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://lsta.lt/wp-content/uploads/2023/10/LSTA-Silumine-technika-2023-Nr-2-88-dragged.pdf>
4. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Klimato kaita Lietuvoje: 2024-ieji buvo šilčiausi orų stebėjimo istorijoje, užfiksuoti 2 katastrofiniai, 17 meteorologinių ir 12 hidrologinių stichinių reiškinių* [interaktyvus]. 2025-01-07 [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/klimato-kaita-lietuvoje-2024-ieji-buvo-silciausi-oru-stebejimo-istorijoje-uzfiksuoti-2-katastrofiniai-18-meteorologiniu-ir-12-hidrologiniu-stichiniu-reiskiniu/>
5. LIETUVOS HIDROMETEOROLOGIJOS TARNYBA PRIE APLINKOS MINISTERIJOS. *SKN – standartinė klimato norma* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10] Prieiga per internetą <https://www.meteo.lt/klimatas/lietuvos-klimatas/skn/>
6. Klimato kaita. *Lietuvos klimato kaitos prognozės ir scenarijai* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://klimatokaita.lt/klimato-kaita/lietuvos-klimato-kaitos-prognozes-ir-scenarijai/>
7. NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION (NOAA). *Climate Change: Global Temperature* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-temperature>
8. NATIONAL CENTERS FOR ENVIRONMENTAL INFORMATION (NCEI). *Climate at a Glance: Global Time Series* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series>
9. UNITED NATIONS FRAMEWORK CONVENTION ON CLIMATE CHANGE (UNFCCC). *The Paris Agreement* [interaktyvus]. 2015-12-12 [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement>
10. EDGAR - The Emissions Database for Global Atmospheric Research. *EDGAR - The Emissions Database for Global Atmospheric Research* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-10]. Prieiga per internetą: https://edgar.jrc.ec.europa.eu/report_2024
11. LIETUVOS ENERGETIKOS AGENTŪRA. *Atsinaujinantys energijos ištekliai (AEI)* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/atsinaujinantys-energijos-istekliai/>
12. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Dėl Nacionalinės darbotvarkės „Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija“ patvirtinimo: nutarimas Nr. XI-2133* [interaktyvus]. 2012-06-26 [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.E151BC09AE62/asr>

13. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Atsinaujinantys energijos ištekliai* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/veiklos-sritys-3/atsinaujinantys-energijos-istekliai/>
14. IGNITIS GAMYBA. Suteikta paskola leis didinti Kruonio HAE pajėgumus ir stiprins energetinę nepriklausomybę [interaktyvus]. 2024-03-13 [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://ignitisgrupe.lt/naujienos/suteikta-paskola-leis-didinti-kruonio-hae-pajegumus-ir-stiprins-energetine>
15. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Pernai fiksuota rekordinė elektros gamyba – daugiau nei du trečdaliai Lietuvoje pagamintos elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių* [interaktyvus]. 2025-02-14 [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/pernai-fiksuota-rekordine-elektros-gamyba-daugiau-nei-du-trecdaliai-lietuvoje-pagamintos-elektros-energijos-is-atsinaujinanciu-istekliu/>
16. ILTE. *Kvietimas teikti pastabas dėl skatinamosios finansinės priemonės „Paskolos šilumos tiekėjams ir gamintojams“* [interaktyvus]. 2024-09-17 [žiūrėta 2025-04-11]. Prieiga per internetą: <https://ilte.lt/kvietimai/kvietimai-verslui/87/kvietimas-teikti-pastabas-del-skatinamosios-finansines-priemones-paskolos-silumos-tiekejams-ir-gamintojams%3A1817>
17. LIETUVOS RESPUBLIKOS SEIMAS. *Dėl Nacionalinės darbotvarkės „Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija“ patvirtinimo: nutarimas Nr. XI-2133* [interaktyvus]. 2012-06-26 [žiūrėta 2025-04-15]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.429490>
18. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos įgyvendinimo planas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-15]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/public/canonical/1727959588/5212/Galutinis%20atnaujintas%20NEKSVP.pdf>
19. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Naujai statomų namų energinis naudingumas – jau tik A++ klasės* [interaktyvus]. 2020-11-27 [žiūrėta 2025-04-15]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/naujai-statomu-namu-energinis-naudingumas-jau-tik-a-klases>
20. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl statybos techninio reglamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ patvirtinimo* [interaktyvus]. 2016-11-21 [žiūrėta 2025-05-25]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185>
21. APLINKOS PROJEKTŲ VALDYMO AGENTŪRA. *Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-15]. Prieiga per internetą: <https://modernizuok.apva.lt/veiklos-sritys/administruojamos-programos/daugiabuciu-namu-atnaujinimo-modernizavimo-programa/102>
22. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJOS APLINKOS PROJEKTŲ VALDYMO AGENTŪRA. *Renovuotų daugiabučių namų skaičius* [interaktyvus]. 2024-02-07 [žiūrėta 2025-04-15]. Prieiga per internetą: <https://data.gov.lt/datasets/2046/>
23. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl išmetamų teršalų iš kurų deginančių įrenginių normų LAND 43-2013 patvirtinimo* [interaktyvus]. 2013-04-10 [žiūrėta 2025-04-16]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.446368/HaNdKazIhJ>

24. STANIŠKIS, JURGIS K. et al. *Darniosios inovacijos Lietuvos pramonėje: kūrimas ir diegimas*. Kaunas. Technologija. 2010. ISBN 978-9955-25-815-5.
25. STANIŠKIS, J. K., KRIAUCIONIENĖ, M., *Darni plėtra: mokomoji knyga*. 2008, p. 450. ISBN 978-609-02-0479-5
26. MILIAUSKAS, G., PUIDA, et al. *Experimental investigations of water droplet transient phase changes in flue gas flow in the range of temperatures characteristic of condensing economizer technologies* [interaktyvus]. Energy, 2022, t. 256, 124643. [žiūrėta 2025-04-20]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222015468?via%3Dihub>
27. AXIS Tech. *Flue Gas Condensing Economizers* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-20]. Prieiga per internetą: <https://axt.eu/equipment-flue-gas-condensing-economizers/>
28. WANG L. et al. *Experimental investigation on condensation heat transfer of flue gas in a vertical tube under different operating conditions*. [interaktyvus]. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2016, t. 94, p. 557–566. [žiūrėta 2025-04-20]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359431116000132>
29. ILIEV I.; TERZIEV A.; BELOEV H. *Condensing economizers for large scale steam boilers*. [interaktyvus] E3S Web of Conferences, 2020, t. 180, 01004. [žiūrėta 2025-04-20]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202018001004>
30. COPPIETERS, T., BLONDEAU, J. *Techno-Economic Design of Flue Gas Condensers for Medium-Scale Biomass Combustion Plants: Impact of Heat Demand and Return Temperature Variations*. [interaktyvus] Energies, 2019, t. 12, nr. 12, 2337. [žiūrėta 2025-05-25]. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/en12122337>
31. PATE, S. R., KOLHE, K. P. *Condensing Economizers in Industrial Applications*. International Journal of Engineering Sciences & Management Research. [interaktyvus] 2017, t. 4, nr. 5, p. 106–110. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://www.ijesmr.com/doc/Archive-2017/May-2017/15.pdf>
32. BUTCHER, T. A.; LITZKE, W. L.; SCHULZE, K.; BAILEY, R. *Condensing economizers for efficiency improvement and emissions control in industrial boilers* [interaktyvus]. Office of Scientific & Technical Information Technical Reports, 1994, 15 p. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://digital.library.unt.edu/ark:/67531/metadc664133/m1/1/>
33. EUROPEAN HEAT PUMP ASSOCIATION. *Types of heat pumps* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-22] Prieiga per internetą: <https://www.ehpa.org/about-heat-pumps/types-of-heat-pumps/>
34. United States Department of Energy. *Air-Source Heat Pumps* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://www.energy.gov/energysaver/air-source-heat-pumps>
35. LIETUVOS ENERGETIKOS AGENTŪRA. *Informacija apie AEI sistemas ir įrenginius* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://www.ena.lt/informacija-apie-aei-sistemas-ir-irenginius/>
36. NATURAL RESOURCES CANADA. *Heating and Cooling With a Heat Pump* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://natural-resources.canada.ca/energy-efficiency/energy-star/heating-cooling-heat-pump>
37. LI, H.; YU, Y.; YANG, H.; ZHAO, R. *Performance analysis of an air source heat pump using novel heat exchangers* [interaktyvus]. Applied Energy, 2014, t. 134, p. 197–207. [žiūrėta 2025-04-22]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261914005224>

38. EUROPEAN HEAT PUMP ASSOCIATION; EUROPEAN HEATING INDUSTRY. *Thermally driven heat pumps: how they work and why they matter* [interaktyvus]. Briuselis: European Heat Pump Association, 2022. [žiūrėta 2025-04-23]. Prieiga per internetą: <https://www.ehpa.org/publications/report-thermally-driven-heat-pump-technology/>
39. ORFĖJAS. *Dujinis absorbcinis šilumos siurblys Oras/Vanduo – GAHP-A Robur* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-23]. Prieiga per internetą: <https://www.orfejas.lt/sildymo-iranga/silumos-siurbLIAI/dujiniai/dujinis-absorbcinis-silumos-siurblys-oras-vanduo-gahp-a-robura#aprasymas>
40. EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY. *EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2023* [interaktyvus]. EEA Report 06/2023. Kopenhaga: European Environment Agency, 2023. [žiūrėta 2025-04-26]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/publications/emep-eea-guidebook-2023>
41. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl Klimato kaitos programos lėšų naudojimo tvarkos aprašo patvirtinimo: įsakymas Nr. D1-275, 2010 m. balandžio 6 d.* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-04-26]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.369461/asr>
42. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Nacionalinis išmetamųjų teršalų inventorizacijos ataskaitos dokumentas 2025 (NID 2025)* [interaktyvus]. Vilnius: Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2025. [žiūrėta 2025-04-26]. Prieiga per internetą: https://am.lrv.lt/public/canonical/1742283943/15303/NID_2025_FINAL.pdf
43. AXIS TECH. *Dūmų kondensacinis ekonomaizeris su absorbciniu šilumos siurbliu* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-02]. Prieiga per internetą: <https://axt.eu/lt/dumu-kondensacinis-ekonomaizeris-su-absorbciniu-silumos-siurbliu/>
44. Thermalpro, MB. *Absorbciniai šilumos siurbLIAI* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-02]. Prieiga per internetą: <https://thermalpro.lt/absorbciniai-silumos-siurbLIAI/>
45. AB KLAIPĖDOS ENERGIJA. *Aplinkosauga* [interaktyvus]. [žiūrėta 2025-05-02]. Prieiga per internetą: <https://www.klenergija.lt/aplinkosauga/>
46. LIETUVOS ENERGETIKOS AGENTŪRA. *2022 metų energetikos duomenų apžvalga (parengta lapkričio mėnesį)* [interaktyvus]. Vilnius: Lietuvos energetikos agentūra, 2022. [žiūrėta 2025-05-05]. Prieiga per internetą: https://www.ena.lt/uploads/2022-men-data/2022-11_energetikos-duomenu-apzvalga.pdf
47. LIETUVOS STATISTIKOS DEPARTAMENTAS. *Lietuvos aplinka, žemės ūkis ir energetika 2023: Įžanga* [interaktyvus]. Vilnius: Lietuvos statistikos departamentas, 2023. [žiūrėta 2025-04-09]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/lietuvas-aplinka-zemes-ukis-ir-energetika-2023/izanga>
48. LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA. *Dėl išmetamųjų teršalų iš vidutinių kurą deginančių įrenginių normų patvirtinimo: įsakymas Nr. D1-778* [interaktyvus]. Vilnius: Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2017. [žiūrėta 2025-04-16]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/729b26309e8c11e7a65c90dfe4655c64/asr>
49. GET BALTIC. *Prekybos informacija: mėnesinių sandorių duomenys 2022 m.* [interaktyvus]. Vilnius: GET Baltic, 2022. [žiūrėta 2025-05-26]. Prieiga per internetą: https://www.getbaltic.com/lt/rinkos-duomenys/prekybos-informacija/?date_from=2022-01-01&date_to=2022-12-31&period=month&graph=trades&area=0&show=price&display=table

Priedai

1 priedas. Oro teršalų iš vidutinių kuro deginančių įrenginių ribinės vertės

Oro teršalų iš vidutinių kuro deginančių įrenginių ribinės vertės pagal LAND 43-2013 reikalavimai [23]

Kuro rūšis	Kurą deginančio įrenginio nominali šiluminė galia, MW	Išmetamų teršalų ribinė vertė, mg/Nm³								Standartinė O₂ koncentracija, tūrio proc.
		SO₂		CO		NO _x		KD		
		esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	esamas įrenginys	naujas įrenginys	
Kietasis kuras	1 ≥ MW< 20	2000	2000	650³	650³	2000⁴	1000⁴	700	400	6 proc.
	20 ≥ MW< 50	2000	2000	650³	650³	1500	1000	500	300	6 proc.
Skystasis kuras	1 ≥ MW< 20	1700²	1700	650	450³	500	500	250	200	3 proc.
	20 ≥ MW< 50	1700²	1700	650	450³	400	400	250	100	3 proc.
Dujinis kuras	1 ≥ MW< 50	nenormuojamas	35¹	350	350	400	400	nenormuojamas	20⁵	3 proc.

¹ Deginant mažo kaloringumo dujas, gazifikacijos būdu gautas iš atliekų perdirbimo, kokso krosnių dujas, aukštakrosnių dujas – 800 mg/Nm³;

² Dūmavamzdžių katilams – 750 mg/Nm³;

³ Deginant biokurą – 750 mg/Nm³;

⁴ Deginant biokurą – 4 000 mg/Nm³;

⁵ Ribinės vertės laikymosi kontrolė privaloma, kai nustatoma viršyta CO ribinė vertė.

Oro teršalų iš vidutinių kuro deginančių įrenginių ribinės vertės pagal VKDĮ normų reikalavimai

Esamiems KDI, kurių vardinė šiluminė galia yra 1 MW ar didesnė ir 5 MW ar mažesnė, išskyrus variklius ir dujų turbinas, taikomos išmetamų teršalų ribinės vertės (mg/Nm ³)						
Teršalas	Kieta Biomasė	Kitas kietasis kuras	Gazolis	Skystasis kuras, išskyrus gazolį	Gamtinės dujos	Kitas dujinis kuras
SO ₂	200 ^{1,2}	1100	–	350	–	200 ³
NO _x	650	650	200	650	250	250
Kietosios dalelės	50	50	–	50	–	–
Esamiems KDI, kurių vardinė šiluminė galia yra didesnė kaip 5 MW, išskyrus variklius ir dujų turbinas, taikomos išmetamų teršalų ribinės vertės (mg/Nm ³)						
Teršalas	Kieta Biomasė	Kitas kietasis kuras	Gazolis	Skystasis kuras, išskyrus gazolį	Gamtinės dujos	Kitas dujinis kuras
SO ₂	200 ^{1,2}	400 ⁴	–	350 ⁵	–	35 ^{6,7}
NO _x	650	650	200	650	200	250
Kietosios dalelės	30 ⁸	30 ⁸	–	30	–	–
Naujiems vidutiniams KDI, išskyrus variklius ir dujų turbinas, taikomos išmetamų teršalų ribinės vertės (mg/Nm ³)						
Teršalas	Kieta Biomasė	Kitas kietasis kuras	Gazolis	Skystasis kuras, išskyrus gazolį	Gamtinės dujos	Kitas dujinis kuras
SO ₂	200 ¹	400	–	350	–	35 ^{6,9}
NO _x	300 ¹⁰	300 ¹⁰	200	300	100	200
Kietosios dalelės	20 ¹¹	20 ¹¹	–	20 ¹²	–	–

¹ Vertė netaikoma tik kietąją medieną deginantiesiems vidutiniams KDI;

² 300 mg/Nm³ deginant šiaudus vidutiniuose KDI;

³ 400 mg/Nm³ geležies ir plieno pramonėje deginant mažo kaloringumo koksavimo krosnių dujas;

⁴ 1 100 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 5 MW ar didesnė, ir 20 MW ar mažesnė;

⁵ Iki 2030 m. sausio 1 d. – 850 mg/Nm³ mazutą deginant vidutiniuose KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 5 MW ar didesnė, ir 20 MW ar mažesnė;

⁶ 400 mg/Nm³ deginant mažo kaloringumo koksavimo krosnių dujas; 200 mg/Nm³ geležies ir plieno pramonėje deginant mažo kaloringumo aukštakrosnės dujas;

⁷ 170 mg/Nm³ deginant biodujas;

⁸ 50 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 5 MW ar didesnė, ir 20 MW ar mažesnė;

⁹ 100 mg/Nm³ deginant biodujas;

¹⁰ 500 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 1 MW ar didesnė ir 5 MW ar mažesnė;

¹¹ 50 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 1 MW ar didesnė ir 5 MW ar mažesnė; 30 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 5 MW ar didesnė ir 20 MW ar mažesnė;

¹² 50 mg/Nm³ eksploatuojant vidutinius KDI, kurių bendra vardinė šiluminė galia yra 1 MW ar didesnė ir 5 MW ar mažesnė.

2 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ (KŠT) oro teršalų išmetimų vertinimo rezultatai (2022 m.)

KŠT katilinės	Deginantis kuras	VŠK instaliuota galia, MW	EF parinkimo kriterijus	KD valymo įrenginio efektyvumas, %	Sudeginta kuro, t/m. arb tūkst. m ³	Kuro Q _z , MJ/kg arba GJ/t	EF _{CO}	EF _{NO_x}	EF _{KD iki valymo}	EF _{KD po valymo}	EF _{KD po valymo ir DKE}	EF _{SO_x}	CO	NO _x	KD	SO ₂
							g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	g/GJ	t/m.	t/m.	t/m.	t/m.
Katilinė Nr.1 (rezervinė)	gamtinės dujos	13,254														
Katilinė Nr.2	biokuras	17,3	MW<50 MW	94	13136,463	10,296	570	91	170	25,5	10,2	11	77,09	12,31	1,38	1,49
	gamtinės dujos (rezervas)	19,19														
Katilinė Nr.3	biokuras	1,95	1> MW<50 MW	82,9	620,277	11,46	570	91	170	29,07			4,05	0,65	0,21	0,08
Katilinė Nr.4	biokuras	1,22	1> MW<50 MW	97,08	549,453	11,187	570	91	170	4,964			3,50	0,56	0,03	0,07
Katilinė Nr.5	gamtinės dujos	0,5	<1MW	nereikia	169,618	34,621	24	73	0,45			1,4	0,14	0,43	0,00	0,01
	gamtinės dujos (rezervas)	1,977														
Katilinė Nr.8	gamtinės dujos	0,61	<1MW	nereikia	95,943	34,638	24	73	0,45			1,4	0,08	0,24	0,00	0,00
Katilinė Nr.9	gamtinės dujos	0,714	<1MW	nereikia	93,419	34,628	24	73	0,45			1,4	0,08	0,24	0,00	0,00
Katilinė Nr.10	gamtinės dujos	0,36	<1MW	nereikia	56,583	34,631	24	73	0,45			1,4	0,05	0,14	0,00	0,00
Katilinė Nr.11	gamtinės dujos	0,34	<1MW	nereikia	36,626	34,582	24	73	0,45			1,4	0,03	0,09	0,00	0,00
Darželis „Eglutė“	gamtinės dujos	0,074	<1MW	nereikia	16,658	34,607	24	73	0,45			1,4	0,01	0,04	0,00	0,00
Darbėnų katilinė	biokuras (granulės ir skiedra)	0,42	<1MW	84,6	291,399	10,513	300	91	40	6,16		11	0,92	0,28	0,02	0,03
Grūšlaukės katilinė	biokuras	0,12	<1MW	be valymo	59,333	11,594	300	91	40	40		11	0,21	0,06	0,03	0,01
	akmens anglis (rezervas)	0,1	<1MW	0	0											
Jokūbavo katilinė	biokuras	0,25	<1MW	be valymo	159,083	10,119	300	91	40	40		11	0,48	0,15	0,06	0,02
	akmens anglis (rezervas)	0,2	<1MW	0												
Laukžemės katilinė Nr.2	biokuras - granulės	0,04	<1MW	be valymo	16,908	17,651	300	91	40	40		11	0,09	0,03	0,01	0,00

Rūdaičių katilinė	biokuras - granulės	0,2	<1MW	be valymo	63,492	17,444	300	91	40	40		11	0,33	0,10	0,04	0,01				
Kūlipėnų katilinė	suskystintos dujos	0,3	<1MW	nereikia	27,631	45,861	2,6	83	9,5			46	0,00	0,11	0,01	0,06				
Daukanto mokyklos	gamtinės dujos	0,34	<1MW	nereikia	47,773	38,416	24	73	0,45			1,4	0,04	0,13	0,00	0,00				
Kartenos katilinė	biokuras	0,5	<1MW	96,7	313,972	10,567	300	91	40	1,32		11	1,00	0,30	0,00	0,04				
	skystas kuras (dyz.)	0,345	<1MW	be valymo	2,125	25,167	40	100	3			140	0,00	0,01	0,00	0,01				
Baublių katilinė	biokuras - granulės	0,106	<1MW	be valymo	33,295	17,645	300	91	40	40		11	0,18	0,05	0,02	0,01				
Salantų sen.	biokuras - granulės	0,07	<1MW	be valymo	54,376	17,639	300	91	40	40		11	0,29	0,09	0,04	0,01				
	dyzelinis	0,07	<1MW																	
Salantų konteinerinė	biokuras - granulės	0,05	<1MW	be valymo	14,248	17,616	300	91	40	40		11	0,08	0,02	0,01	0,00				
Kurmaičių katilinė	gamtinės dujos	0,18	<1MW	nereikia	12,387	38,429	24	73	0,45			1,4	0,01	0,03	0,00	0,00				
Šukės	biokuras-granulės	0,04	<1MW	be valymo	15,638	17,545	300	91	40	40		11	0,08	0,02	0,01	0,00				
Raguviškių katilinė	biokuras - granulės	0,09	<1MW	be valymo	14,027	17,667	300	91	40	40		11	0,07	0,02	0,01	0,00				
Kartenos kultūros centras	biokuras - granulės	0,1	<1MW	96,7	7,968	17,739	300	91	40	1,32		11	0,04	0,01	0,00	0,00				
Bendra VŠK šiluminė instaliuota galia:		61,01 MW	Oro teršalai iš visų KŠT katilinių, t/m.:										88,86	16,12	1,9 0	1,86				
													Dėl biokuro deginimo, t/m.:				88,41	14,66	1,88	1,77
													Dėl gamtinių dujų deginimo, t/m.:				0,45	1,35	0,01	0,03
													Dėl kito kuro deginimo, t/m.:				0,01	0,11	0,01	0,07

Pastaba. EF informacijos šaltinis: [40]

3 priedas. Šiluminės energijos, pagaminamos, naudojant šilumos siurblių, kiekio įvertinimas

Mėnuo	*Poreikis, MWh	Naudojant ŠS galima pagaminti šilumos energijos, MWh	Likusi energija, gaminama VŠK be arba su DKE ir AŠS, MWh/m.
Sausis	4 500	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$	3 439,80
Vasaris	4 800	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 28 \text{ d.} \times 0,95 = 957,6$	3 842,4
Kovas	3 968	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$	2 907,80
Balandis	3 355	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 30 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,026$	2 329
Gegužis	1 408	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$	347,80
Birželis	833	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 30 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,026$ (gamyba – 833)	0
Liepa	662	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$ (gamyba – 662)	0
Rugpjūtis	838	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$ (gamyba – 838)	0
Rugsėjis	902	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 30 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,026$ (gamyba – 902)	0
Spalis	2 478	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$	14 17,80
Lapkritis	3 829	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 30 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,026$	2 803
Gruodis	4 000	$1,5 \times 24 \text{ val./d.} \times 31 \text{ d.} \times 0,95 = 1\,060,20$	2 939,80
Šiluminės energijos gamyba	31573	11 545,6	20 027,4
per ne šildymo sezoną	14 305	7 408	6 897
Per šildymo sezoną	17 268	4 137,6	13 130,4

4 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinių kurą deginančių įrenginių sąrašas

	Įrenginio tipas	Įrenginio sumontavimo metai	Katilo šilumos gamybos nominalus naudingumo koeficientas (proc.)	Instaliuota veikiančių KDI galia, MWh	Šilumos perdavimo tinklo pareikalamas galingumas
Katilinė Nr. 1 (rezervinė)					
Katilas Nr. 1	VŠK KVG-4-150	1987	-	4,65	
Katilas Nr. 2	VŠK KVG-4-150	1987	-	4,65	
Katilas Nr. 3	VŠK VK-21	1995	92	1,977	
Katilas Nr. 4	VŠK VK-21	1996	92	1,977	
Σ				13,254	0
Katilinė Nr. 2					
Katilas Nr. 1	VŠK "Kalvis 2300M1"	2014	80	2,3	
Katilas Nr. 2	VŠK "Kalvis 5000MK"	2012	85	5	
Katilas Nr. 3 (rezervinis)	VŠK KVG-6,5-150	1982	85	7,56 (užplombuotas)	
Katilas Nr. 4 (rezervinis)	VŠK KV-GM-10-150	1989	85	11,63 (užplombuotas)	
Katilas Nr. 5	VŠK "KVV05.07"	2020	92,7	5	
Katilas Nr. 6	VŠK KAISTRA 5000	2006	86	5	
Kondensacinis ekonomizeris	Dūmai-vanduo	2012	-	2,2	
Σ				17,3	9,9
Katilinė Nr.3					
Katilas Nr. 1	VŠK "Kalvis-950M1"	2014	77	0,95	
Katilas Nr. 2	VŠK KAITEC-3a-1000	2007	75	1	
Σ				1,95	0,585
Katilinė Nr.4					
Katilas Nr. 1	VŠK "Kalvis-720M-1"	2010	79	0,72	
Katilas Nr. 2	VŠK UT-500	2000		0,5	
Σ				1,22	0,52
Katilinė Nr. 5					
Katilas Nr. 1	VŠK VK-21 (rezervinis)	1991	88	1,977	
Katilas Nr. 2	VŠK Buderus Logano plus KB372-250H	2020	97,69	0,25	
Katilas Nr. 3	VŠK Buderus Logano plus KB372-250H	2020	97,63	0,25	
Σ				0,5	0,418
Katilinė Nr.8					
Katilas Nr. 1	VŠK REX35F	2010	92	0,35	
Katilas Nr. 2	VŠK WOLF MK-1-260	2007	92	0,26	
Σ				0,61	0,305

Katilinė Nr.9					
Katilas Nr. 1	VŠK WOLF-MKS-340	2013	95	0,34	
Katilas Nr. 2	VŠK SEVEM-12	1999	85	0,187	
Katilas Nr. 3	VŠK SEVEM-12	1999	83	0,187	
Σ				0,714	0,272
Katilinė Nr.10					
Katilas Nr. 1	VŠK SEVEM-11	1999	87	0,17	
Katilas Nr. 2	VŠK WOLF-MKS-190	2012	92	0,19	
Σ				0,36	0,128
Katilinė Nr.11					
Katilas Nr. 1	VŠK SEVEM-11	1999	82	0,17	
Katilas Nr. 2	VŠK SEVEM-11	1999	81,3	0,17	
Σ				0,34	0,085
Darželio "Eglutė" katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK BOSCH K48-8E	2007	78	0,048	
Katilas Nr. 2	VŠK WOLF FNG-26	2018	79,4	0,026	
Σ				0,074	0,042
Darbėnų katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-WB 70	2006	78	0,07	
Katilas Nr. 2	VŠK HAMONT CATfire 350KBT	2007	83	0,35	
Σ				0,42	0,31
Grūšlaukės katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK UT-100			0,1	
Katilas Nr. 2	VŠK UT-150	2002		0,04	
Σ				0,14	0,08
Jokūbavo katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK UT-200			0,2	
Katilas Nr. 2	VŠK ARIMAX BIO 300	2004		0,25	
Σ				0,45	0,088
Laukžemės katilinė Nr.2					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-EKO-40	2011	80	0,04	
Šilumos siurblys	WH-UX12HE8	2022		0,012	
Σ				0,052	0,032
Rūdaičių katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-WB 100		80	0,1	
Katilas Nr. 2	VŠK GD-WB 100		80	0,1	
Σ				0,2	0,11
Kūlupėnų katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK VC 115/140	2004	85,2	0,15	
Katilas Nr. 2	VŠK VC 115/140	2004	84,7	0,15	
Σ				0,3	0,085
Kartenos katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK HAMONT CATfire 500KBT	2007	81	0,5	

Katilas Nr. 2	VŠK VIESSMANN 340			0,345	
Σ				0,845	0,31
S.Daukanto mokyklos katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK VIESSMANN 170		98	0,17	
Katilas Nr. 2	VŠK VIESSMANN 170		94	0,17	
Σ				0,34	0,21
Baublių katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-WB 70	2006	77,6	0,07	
Katilas Nr. 2	VŠK Pellet uni 36	2019	78,2	0,036	
Σ				0,106	0,044
Raguviškių katilinė					
Katilas Nr. 1	Heiztechnik Q EKO	2011		0,07	
Katilas Nr. 2	KALVIS -2 - 20	2017	77	0,02	
Σ				0,09	0,015
Salantų seniūnijos katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-WB 70	2006	79	0,07	
Katilas Nr. 2	VŠK VIESSMANN			0,07	
Σ				0,14	0,066
Šukės katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK GD-BIO-40	2011	79,7	0,04	
Šilumos siurblys	WH-UX12HE8	2022		0,012	
Σ				0,052	0,031
Kurmaičių katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK Buderus Logano G 334	2006		0,09	
Katilas Nr. 2	VŠK Buderus Logano G 334	2006		0,09	
Σ				0,18	0,043
Salantų Dariaus ir Girėno g. konteinerinė katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK UT-50	2014		0,05	
Σ				0,05	0,032
Kartenos kultūros centro katilinė					
Katilas Nr. 1	VŠK WBS-40	2014		0,04	
Katilas Nr. 2	VŠK WBS-40	2014		0,04	
Katilas Nr. 3	KALVIS -2 - 20	2017	77	0,02	
Σ				0,1	0,011

5 priedas. Sunaudoto kuro ir elektros energijos UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinėse įdiegiant siūlomas alternatyvas (situacija prieš ir po projektų įdiegimo)

1 lentelė. Kuro ir elektros energijos sąnaudos bei poveikis klimato kaitai dėl ŠESD (lyginamoji analizė esamos ir planuojamos situacijos po pasiūlymų įdiegimo)

Esama situacija						Situacija po siūlomų alternatyvų įdiegimo					
Katilinės pavadinimas	Kuras	Sudeginta kuro		GWP	*GWP dėl elektros	Bendras GWP	Planuojama sudeginti kuro		*GWP	GWP dėl elektros	Bendras GWP
		t/m. arba tūkst. m ³	MWh/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.	t/m. arba tūkst. m ³	MWh/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.
Katilinė Nr.1	rezervinė										
Katilinė Nr.2	biokuras	13 136,463	37 569,366	256,974	238,692	495,666	7 894,85	22 579,012	131,598	1 696,363	1 827,961
Katilinė Nr.3	biokuras	620,277	1 974,576	13,506	11,152	24,658	547,072	1475,082	12,175	14,249	26,425
Katilinė Nr.4	biokuras	549,453	1 707,365	11,678	9,481	21,159	483,619	1254,080	10,506	12,114	22,621
Katilinė Nr.5	gamtinės dujos	169,618	1 631,212	326,765	7,073	333,838	16,962	163,121	32,676	153,009	185,686
Katilinė Nr.8	gamtinės dujos	95,943	923,131	184,922	3,867	188,789	9,594	92,313	18,492	83,657	102,149
Katilinė Nr.9	gamtinės dujos	93,419	898,592	180,006	3,918	183,924	9,342	89,859	18,001	84,752	102,752
Katilinė Nr.10	gamtinės dujos	56,583	544,307	109,036	2,318	111,354	5,658	54,431	10,904	50,138	61,042
Katilinė Nr.11	gamtinės dujos	36,626	351,831	70,479	1,322	71,801	3,663	35,183	7,048	28,595	35,643
Darželis „Eglutė“	gamtinės dujos	16,658	160,133	32,078	0,602	32,680	1,666	16,013	3,208	13,013	16,221
Darbėnų kat.	biokuras	291,399	850,955	5,821	5,439	11,260	260,570	719,458	5,320	6,950	12,270
Grūšlaukės	biokuras	59,333	191,081	1,307	1,178	2,485	52,851	155,839	1,066	1,178	2,244
Jokūbavo kat	biokuras	159,083	447,150	3,059	2,204	5,263	137,926	291,537	2,710	2,816	5,527
Laukžemės	biokuras	16,908	82,899	0,567	0,499	1,066	15,022	66,052	0,515	0,638	1,153
	šilumos siurblys					1,092				1,092	1,092
Rūdaičių kat.	biokuras	63,492	307,648	2,104	1,960	4,064	56,756	259,251	1,923	2,504	4,427
Kūlupėnų kat.	suskystintos dujos	27,631	351,994	84,729	1,729	86,458	2,763	35,199	8,473	37,407	45,880

Daukanto m-klos	gamtinės dujos	47,773	509,793	102,122	2,048	104,170	4,777	50,979	10,212	44,299	54,511
Kartenos	biokuras	313,972	921,557	6,303	5,282	11,585	277,370	698,683	5,692	6,749	12,441
	skystas kuras	2,125	14,856	4,206	0,080	4,285	0,213	1,486	0,421	1,721	2,141
Baublių	biokuras	33,295	163,192	1,116	0,982	2,098	29,577	129,847	1,013	1,254	2,268
Salantų sen.	biokuras	54,376	266,420	1,822	1,504	3,326	47,952	198,930	1,643	1,922	3,564
Salantų konteinerinė	biokuras	14,248	69,722	0,477	0,426	0,903	12,679	56,324	0,434	0,544	0,978
Kurmaičių kat.	gamtinės dujos	12,387	132,227	26,488	0,496	26,983	1,239	13,223	2,649	10,720	13,369
Šukės	biokuras	15,638	76,211	0,521	0,467	0,989	13,922	61,835	0,474	0,597	1,072
	šilumos siurblys					0,342				0,342	0,342
Raguviškių kat.	biokuras	14,027	68,838	25,585	0,401	25,986	12,416	53,066	22,656	0,513	23,168
Kartenos kultūros c.	biokuras	7,968	39,263	0,269	0,235	0,503	7,074	31,039	0,244	0,300	0,544
Bendrai:			50 254,321	1 451,939	303,3535	1 755,293		31 691,596	310,051	2 256,346	2 567,489

*Pastaba: vertinimas atliekamas situacijai, kai elektros energija naudojama iš centralizuotų tinklų.

2 lentelė. Aplinkosauginio įvertinimo rezultatai, pritaikius alternatyvas visuose įmonės objektuose

Sutaupoma (+) / padidėja (-)						
Objekto pavadinimas ir jam *siūloma alternatyva		Kuro		GWP	**GWP dėl elektros	Bendras GWP
		t/m. arba tūkst. m ³	MWh/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.	tCO ₂ e/m.
Katilinė Nr.1	rezervinė	-	-	-	-	-
Katilinė Nr.2	ASS+ŠS	5 241,603	14 990,354	125,376	-1457,671	-1 332,295
Katilinė Nr.3	DKE	73,205	499,494	1,331	-3,098	-1,767
Katilinė Nr.4	DKE	65,834	453,285	1,172	-2,634	-1,462
Katilinė Nr.5	ŠS	152,656	1 468,091	294,088	-145,936	148,152
Katilinė Nr.8	ŠS	86,349	830,818	166,430	-79,790	86,640
Katilinė Nr.9	ŠS	84,077	808,733	162,006	-80,834	81,172
Katilinė Nr.10	ŠS	50,925	489,877	98,132	-47,821	50,312
Katilinė Nr.11	ŠS	32,963	316,648	63,431	-27,273	36,157
Darželis"Eglutė"	ŠS	14,992	144,120	28,870	-12,412	16,458
Darbėnų kat.	DKE	30,829	131,497	0,501	-1,511	-1,010
Grūšlaukės	DKE	6,482	35,242	0,241	0,000	0,241
Jokūbavo kat	DKE	21,157	155,613	0,348	-0,612	-0,264
Laukžemės	DKE	1,886	16,847	0,052	-0,139	-0,087
Rūdaičių kat.	DKE	6,736	48,397	0,182	-0,544	-0,363

Kūlipėnų kat.	ŠS	24,868	316,794	76,256	-35,678	40,579
Daukanto m-klos	ŠS	42,996	458,814	91,910	-42,251	49,659
Kartenos	DKE	36,602	222,874	0,612	-1,467	-0,855
	ŠS	1,913	13,370	3,785	-1,641	2,144
Baublių	DKE	3,718	33,345	0,103	-0,273	-0,170
Salantų sen.	DKE	6,424	67,490	0,180	-0,418	-0,238
Salantų konteinerinė	DKE	1,569	13,398	0,043	-0,118	-0,075
Kurmaičių kat.	ŠS	11,148	119,004	23,839	-10,224	13,615
Šukės	DKE	1,716	14,376	0,047	-0,130	-0,083
Raguviškių kat.	DKE	1,611	15,772	2,929	-0,111	2,818
Kartenos kultūros c.	DKE	0,894	8,224	0,025	-0,065	-0,040
Bendrai:			21 672,478	1 141,889	-1 952,992	-810,762

Pastabos:

*Siūloma alternatyva: AŠS – absorbcinis šilumos siurblys; ŠS – šilumos siurblys; DKE – dūminis kondensacinis ekonomizeris;

**Vertinimas atliekamas situacijai, kai elektros energija naudojama iš centralizuotų tinklų

6 priedas. UAB „Kretingos šilumos tinklai“ katilinės Vakarų Lietuvoje

