



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Nerijus Butkus

ATLIEKŲ DEGINIMO KOGENERACINĖS JĖGAINĖS
TERMODINAMINĖ ENERGETINĖ ANALIZĖ

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas:

Prof. dr. Vytautas Dagilis

KAUNAS, 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

ATLIEKŲ DEGINIMO KOGENERACINĖS JĖGAINĖS
TERMODINAMINĖ ENERGETINĖ ANALIZĖ

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (621E30004)

Vadovas

Prof. dr. Vytautas Dagilis

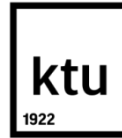
Recenzentas

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

Projektą atliko

Nerijus Butkus

KAUNAS, 2017



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Nerijus Butkus

(Studento vardas, pavardė)

Energijos technologijos ir ekonomika, 621E30004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Atliekų deginimo kogeneracinės jėgainės termodinaminė energetinė analizė“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 17 m. gegužės 26 d.
_____ Kaunas _____

Patvirtinu, kad mano, **Nerijaus Butkaus**, baigiamasis projektas tema „*Atliekų deginimo kogeneracinės jėgainės termodinaminė energetinė analizė*“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Butkus, Nerijus. Atliekų deginimo kogeneracinės jėgainės termodinaminė energetinė analizė. *Magistro* baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Vytautas Dagilis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Elektros ir elektronikos inžinerija, Technologiniai mokslai

Reikšminiai žodžiai: *energija iš atliekų, atliekų deginimo jėgainė, ciklo termodinaminis efektyvumas, kogeneracija, atliekų tvarkymas.*

Kaunas, 2017. 74 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame darbe atlikta jau veikiančios atliekų deginimo jėgainės Klaipėdoje termodinaminė ir energetinė analizė.

Darbe buvo apžvelgta atliekų deginimo jėgainių teikiama nauda. Atliekų deginimas prisideda prie ES 20-20-20 aplinkosaugos ir energetinių tikslų - iki 2020 metų bent 20 % sumažinti CO₂ emisijų išmetimą į aplinką, 20 % padidinti energijos efektyvumą, 20 % padidinti energijos gamybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Apie 50% energijos pagaminamos atliekų deginimo jėgainėse generuojama iš biologiškai skaidžios biomasės.

Išanalizuoti ES ir Lietuvoje susidarantys komunalinių atliekų kiekiai. Analizuoti duomenys : ar pakaks deginimo pajėgumų dviem Vilniuje ir Kaune planuojamoms statyti atliekų deginimo jėgainėms Lietuvoje. Analizė parodė, kad iki 2030 metų deginimo pajėgumų tikrai pakaks.

Atlikus jėgainės termodinaminę analizę nustatyta, kaip šaltuoju ir šiltuoju metų laiku įtakojamas ciklo termodinamis efektyvumas. Atlikta aušintuvų šiluminės galios įtaka jėgainės darbui. Nustatyta, kad nepakankama aušintuvų šiluminė galia verčia mažinti jėgainės elektros gamybos galią. Atlikta papildomų aušintuvų įtaka jėgainės ekonominiams rodikliams. Papildomų aušintuvų sumontavimo projektas atsiperka per mažiau nei 1,5 metų.

Butkus, Nerijus. Thermodynamic and Energetic Analysis of Incineration Power and Heat Plant: *Master's thesis in Energy Technologies and Economics* / supervisor assoc. prof. dr. Vytautas Dagilis. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electric Power System.

Research area and field: Electrical and Electronics Engineering, Technological Sciences

Key words: waste incineration, waste-to-energy (WtE), waste-to-energy (WtE) plant, cogeneration, waste management.

Kaunas, 2017. 74 p.

SUMMARY

In this paper done already existing incineration plants in Klaipėda's thermodynamic and energy analysis.

The paper looked at waste incineration plants benefits. Waste incineration contributes to the EU's 20-20-20 energy and environmental objectives - by 2020 at least 20% reduction of CO₂ emissions into the environment, 20% increase in energy efficiency, a 20% increase in energy production from renewable energy sources. About 50% of the energy produced by waste incineration plants generated from biodegradable biomass.

To analyze the EU and Lithuania from municipal waste volumes. Analyze data: if there is enough capacity at two incinerators are planned in Vilnius and Kaunas and planned construction of waste incineration plants in Lithuania. Research has shown that by the year 2030 will be sufficient incineration capacity.

The thermodynamic analysis of the power plant to the cold and warm season influenced by the thermodynamic cycle efficiency. Performed air coolers thermal power influence on the power plant operation. Insufficient air coolers thermal power, which leads to the reduction of electricity generation capacity. Performed additional air coolers influence on the power plant's economic performance. Additional air cooler installation project payback in less than 1.5 years.

SANTRUMPŲ SĄRAŠAS

1. ES – Europos Sąjunga;
2. AEI – atsinaujinantieji energijos ištekliai;
3. ŠESD – šiltnamio efektą sukeliančios dujos;
4. NAIEVP – nacionaliniai atsinaujinančių išteklių energijos veikslių planai;
5. TKKK – Tarpvyriausybė klimato kaitos komisija;
6. LR – Lietuvos Respublika;
7. TVŠ – termofikacinio vandens šildytuvas;

LENTELIŲ SĄRAŠAS

- 1.1 lentelė Galutinis atsinaujinančios energijos vartojimas [PJ].
- 1.2. lentelė AEŠ indėlis elektros, šilumos ir transporto sektoriuose [PJ].
- 1.3 lentelė Bendras bei energetikos sektoriuose AEŠ dalis [%].
- 1.4 lentelė Įdiegti AEŠ pajėgumai ES [MW].
- 1.5 lentelė Iš AEŠ elektros energijos gamyba ES [TWh].
- 4.1 lentelė. Jėgainės šilumos gamybos apimtys atskirais 2015 metų mėnesiais.
- 4.2 lentelė. Jėgainės elektros gamybos apimtys atskirais 2015 metų mėnesiais.
- 4.3 lentelė. Papildomų 3vnt. aušintuvų sąnaudų pasiskirstymas.
- 4.4 lentelė. Pinigų srautai esant 3% diskonto normai.

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

- 1.1 pav. Anglies dioksido emisijų kainos kitimo tendencija 2011-2016 m., €/t CO₂ ekv.
- 1.2 pav. Mauna Loa observatorijos atmosferos CO₂ stebėjimai 1960-2016 m.
- 1.3 pav. CO₂ dujų emisijos sumažinimo schema.
- 1.4 pav. Atsinaujinančios energijos derinys 2005 metais ir 2020 metais.
- 1.5 pav. Elektros energijos generacijos derinys iš AEŠ 2015 m. ES-28.
- 1.6 pav. CO₂ atskyrimo technologijų schemos.
- 1.7 pav. CO₂ gaudymo technologinė schema kombinuoto ciklo elektros jėgainėje.
- 1.8 pav. Integruotos gazifikacijos kombinuoto ciklo schema (IGCC) su CO₂ dujų atskyrimu iki degimo proceso.
- 1.9 pav. Atliekų tvarkymo hierarchija ES
- 1.10 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas 28 ES narėse 2014 metais
- 1.11 pav. Iš atliekų deginimo gaunama energija
- 1.12 pav. Atliekų deginimo naudos ciklas
- 1.13 pav. Europos atliekų deginimo jėgainių žemėlapis 2014 m.
- 1.14 pav. Planuojami energijos kiekiai iš atliekų deginimo, TWh
- 1.15 pav. Atliekų deginimo jėgainės Klaipėdoje pagaminta energija bei sudegintas atliekų kiekis 2013-2016m.
- 1.16 pav. Šilumos kainos svyravimas Klaipėdos mieste šiltuoju metų laiku 2013-2016 m. (ct/kWh)
- 1.17 pav. Šilumos kainos svyravimas Klaipėdos mieste šaltuoju metų laiku 2013-2017 m. (ct/kWh)
- 2.1 pav. Natūralios cirkuliacijos būgninio tipo katilo pjūvis
- 2.2 pav. Atliekų deginimo jėgainės Klaipėdoje dūmų valymo sistema
- 2.3 pav. Metinis pasaulinis atliekų susidarymas pagal jų tipą
- 2.4 pav. Komunalinių atliekų susidarymo ir tvarkymo tendencijos ES (2004-2014 m.)
- 2.5 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas ES-28 VN 2015m.
- 2.6 pav. ES komunalinių atliekų srautai su žiedinės ekonomikos tikslais 2030 m.
- 2.7 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas Lietuvoje (2011-2015 m.)
- 2.8 pav. Potencialas komunalinių ir pramoninių atliekų deginimo jėgainėms Lietuvoje, GWh
- 3.1 pav. Vandens garo ciklas T – s diagramoje.
- 3.2 pav. Coolpack modeliavimo programa
- 3.3 pav. Elektros energijos generacijos priklausomybė nuo kondensacijos slėgio bei aplinkos temperatūros
- 4.1 pav. Atliekų deginimo jėgainės elektros gamybos ciklo schema.
- 4.2 pav. Garo turbinos išvedimo srautų vieta ir paskirtis.

4.3 pav. Termofikato ir aušintuvo srautai bei jų įtaka turbinos darbui.

4.4 pav. Šilumos mainų tarp kondensatoriaus ir aušintuvų schema.

4.5 pav. Jėgainės šildymo sezono energijos srautų schema.

4.6 pav. Jėgainės nešildymo sezono šilumos srautų schema.

4.7 pav. Projekto pinigų srautai laiko momentu.

TURINYS

ĮVADAS	11
1. DARNIOJI ENERGETIKA IR PASAULINĖ GAMTOSAUGINĖ POLITIKA.....	13
1.1 Pagrindinės klimato kaitos amortizacinės priemonės	13
1.2 Europos sąjungos ateities energetikos vizija – atsinaujinanti energetika.....	15
1.2.1 Elektros energijos generacija Europos Sąjungoje iš atsinaujinančių energijos šaltinių.....	19
1.3 CO ₂ surinkimo ir saugojimo problemos ir technologijos.....	22
1.4 Atliekų deginimas – darniosios energetikos pavyzdys	26
2. ATLIEKŲ DEGINIMO KOGENERACINĖ JĖGAINĖ.....	33
2.1 Atliekos – išskirtinis kuras. Jo resursai šiandien ir ateityje	35
3. TERMODINAMINĖ JĖGAINĖS ANALIZĖ	43
3.1 Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneraciniam režimui įprastinėmis sąlygomis.....	44
3.2 Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneraciniam režimui esant žemai lauko temperatūrai.....	46
3.3 Ciklo termodinaminis efektyvumas esant aukštai aplinkos temperatūrai. Problemos analizė.....	49
4. PAPILDOMŲ AUŠINTUVŲ ĮTAKA JĖGAINĖS EFEKTYVUMUI.....	52
4.1 Termodinaminė papildomų aušintuvų analizė	52
4.2 Atliekų deginimo jėgainės ciklo ypatumai.....	53
4.3 Aušintuvų šiluminės galios įtaka jėgainės darbui	56
4.4 Papildomų aušintuvų įtaka jėgainės ekonominiams rodikliams.	61
4.5 Vasaros sezono papildomų aušintuvų sumontavimo įtaka elektros energijos gamybai, ekonominis pagrindimas.....	63
IŠVADOS	71
LITERATŪROS SĄRAŠAS	72
Priedas nr.1. Atliekų susidarymo prognozės Lietuvoje, 2014-2020 metams	75
Priedas nr.2. LR aplinkos ministerijos informacijos pateikimo raštas dėl atliekų kiekio.....	76
Priedas nr.3. Termofikacinio vandens temperatūrinis grafikas šildymo sezonui.....	78

ĮVADAS

Dar 1980 metais mokslo visuomenė atkreipė dėmesį į globalius klimato pokyčius. Jungtinių Tautų aplinkos programa (JTAP) bei Pasaulinė meteorologijos organizacija (PMO) sudarė tarpvyriausybines darbo grupes, kuriai pasiūlius, Jungtinių Tautų Generalinė Asamblėja 1990 metais savo sesijoje sudarė Bendrosios klimato kaitos konvencijos Tarpvyriausybinių derybų komitetą.

Esminė atsinaujinančių energijos išteklių, tokių, kaip vėjo energija ir kt., plėtros funkcija vykstant globaliame klimato kaitos prevencijos procesui yra šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimas, iškastinį kurą keičiant į atsinaujinančių energijos išteklių vartojimą.

Europos aplinkos agentūros teigimu, atsinaujinančių išteklių energetikos plėtra daro didžiausią įtaką šiltnamio efektą sukeliančių dujų mažinimui. Pasaulinės aplinkosauginės organizacijos „Greenpeace“ skaičiavimais, norint užkirsti kelią globalios temperatūros kilimui 2°C, iki 2020 m. labiausiai industrializuotose valstybėse būtina sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas mažiausiai 30 proc.

Vis didėjantys žmonių poreikiai, kurie turi įtakos elektros energijos poreikiui, skatina elektros inžinierius ieškoti naujų, patikimesnių ir saugesnių elektros energijos gamybos šaltinių. Jų plėtrai reikalingos ne tik techninės žinios ir sprendimai, tačiau ir finansavimas – investicijos, kurios užtikrintų technologijų plėtrą ir tobulėjimą.

Mažėjant iškastinio kuro ištekliams ir siekiant sumažinti klimatą šiltinančių CO₂ dujų emisiją, itin svarbu kurti naujas, efektyvesnes termotechnologines sistemas ir ciklus, kurių paskirtis ne tik šilumos, bet ir elektros gamyba, kaip beje ir priešingai – ne tik elektros, bet ir šilumos energijos gamyba.

Mokslininkai skaičiuoja, kad laikydamiesi saugios CO₂ koncentracijos scenarijaus, vėliausiai iki 2070-ųjų energetikos sektoriaus CO₂ išmetimus turime sumažinti 90 proc. – t.y. praktiškai atsisakyti iškastinio kuro. Apibendrinus apie 1200 klimato kaitos švelninimo scenarijų, daroma išvada, kad vienas iš svarbiausių veiksnių – iki 2050-ųjų bent 3-4 kartus padidinti energijos be CO₂ dalį bendroje energijos gamyboje. Tam pasiekti būtina atsinaujinančiosios energetikos plėtra ir energijos efektyvumo didinimas.

Kogeneracinėse jėgainėse pagaminta šiluma dažniausiai suvartojama centralizuotam šildymui ar pramoniniuose procesuose, tuo tarpu įprastose elektrinėse šiluma lieka nepanaudojama. Kogeneracinės jėgainės efektyvumas gali pasiekti 95 proc. ar daugiau nuo sudeginamo kuro energetinės vertės. Palyginimui, tradicinės elektrinės pasiekia 30-60 proc. kuro energijos išnaudojimo efektyvumą. Todėl kogeneracinės jėgainės gali sutaupyti iki 40% pirminių energijos šaltinių. Dviejų energijos rūšių, šilumos ir elektros energijos, gamyba tuo pačiu metu yra

pigesnė, tai mažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimus. Kogeneracijos nauda ypač didėja, jei jėgainės naudojamas kuras yra vietinis – pvz., biomasė, komunalinės atliekos.

Gyvename daug vartojančioje visuomenėje, todėl privalome ieškoti efektyvių būdų kaip kovoti su patogaus gyvenimo padariniais ir juos likviduoti. Atliekų kūrenimas yra laiko patikrintas šilumos gamybos metodas. Pirmosios atliekas kūrenančios gamyklos pradėtos statyti dar 19 a. pabaigoje, todėl atliekų kūrenimo įrenginiai taip pat yra technologiškai pažangūs. Įdiegus modernias deginimo technologijas ir efektyvias dūmų valymo sistemas, atliekų deginimas tapo ekologiškesnis ne tik už atliekų šalinimą sąvartynuose, bet ir už energijos gamybą naudojant iškastinį kurą.

Šio darbo tema yra aktuali, nes vadovaujantis valstybiniu atliekų tvarkymo 2014-2020 metų planu, Lietuvoje planuojama pastatyti dar 2 atliekų deginimo jėgainės. Todėl darbe atlikta analizė gali būti naudinga naujų jėgainių projektų derinime.

Tyrimo objektas. Kietosios biomasės (atliekų deginimo) kogeneracinė jėgainė.

Tyrimo tikslas. Atlikti analizę, kaip kai kurie jėgainės veiksniai sąlygoja efektyvumą ir pateikti sprendimų kaip jį pakelti.

Darbe sprendžiami šie uždaviniai:

1. Nustatyti atliekų deginimo jėgainių teikiamą naudą.
2. Nustatyti ES politikos tikslus atliekų tvarkymo sektoriuje. Energijos iš atliekų vaidmuo žiedinėje ekonomikoje.
3. Išanalizuoti susikaupiančius atliekų kiekius ES ir Lietuvoje. Išanalizuoti ar pakaks atliekų kiekio naujoms atliekų deginimo jėgainėms.
4. Atlikti jėgainės termodinaminę analizę.
5. Nustatyti optimalų papildomų aušintuvų kiekį. Atlikti naujai montuojamų aušintuvų projekto finansinę analizę.

Tyrimo metodai. Darbe naudojama naujausia mokslinės literatūros apžvalga ir analizė; taip pat pasitelkiama termodinaminė bei ekonominė jėgainės analizė.

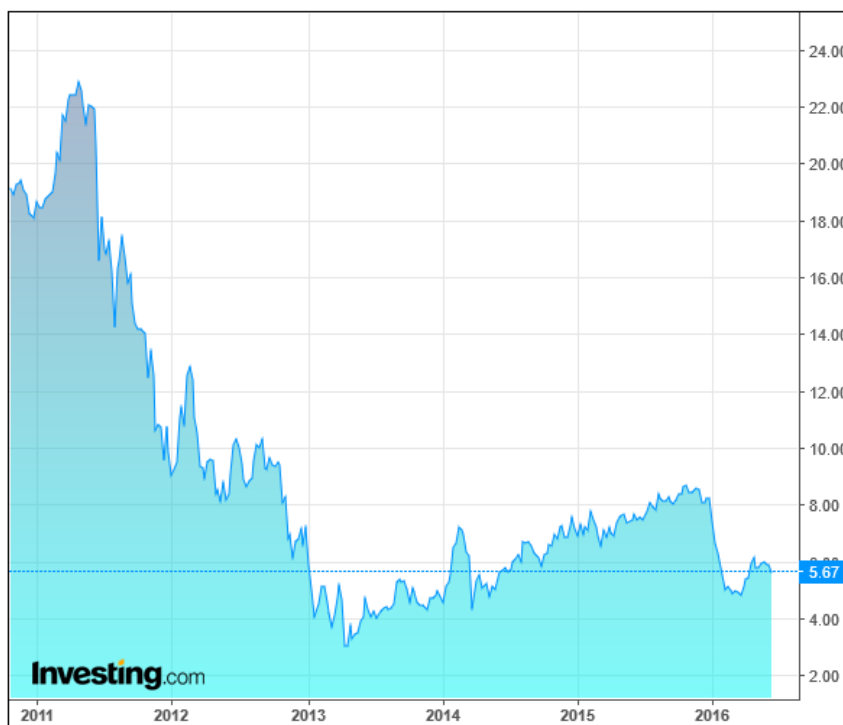
1 DARNIOJI ENERGETIKA IR PASAULINĖ GAMTOSAUGINĖ POLITIKA

1.1 Pagrindinės klimato kaitos amortizacinės priemonės

Viena tona anglies dvideginio, patenkančio į atmosferą šiandien, įvertinta maždaug 6 eurais (1.1 pav.) [1]. Tačiau reali žala įvairiais vertinimais yra daugkart didesnė. Didėja uraganų, potvynių, karščio ir šalčio bangų, sausrų dažnis, mastai ir tų nelaimių sukelti nuostoliai. Pasaulio stebėjimo instituto (World watch Institute, įkurtas 1974) duomenimis, 1970 m. stichinių nelaimių sukelti nuostoliai sudarė apie 1 milijardą JAV dolerių ir laikui bėgant nuolat didėjo. 2000 m. ši suma padidėjo iki 100 milijardų dolerių. 2012 m. tik vienas uraganas „Sandy“, siautėjęs Karibų jūros valstybėse ir keliose JAV valstijose, vien tik Niujorkui padarė žalos už 50 milijardų dolerių. Sparčiai tirpstant ledynams ir kylant pasaulinio vandenyno lygiui, prognozuojama, kad didelės žemumų teritorijos ir miestai, kur gyvena virš 300 mln. žmonių, šio amžiaus pabaigoje gali atsidurti po vandeniu. Gali išnykti kai kurios žemose salose esančios valstybės. Klimato kaita ir su tuo susiję kataklizmai kasmet padaro milijardinius nuostolius.

Published on Investing.com, 21/Jun/2016 - 22:38:14 GMT, Powered by TradingView.

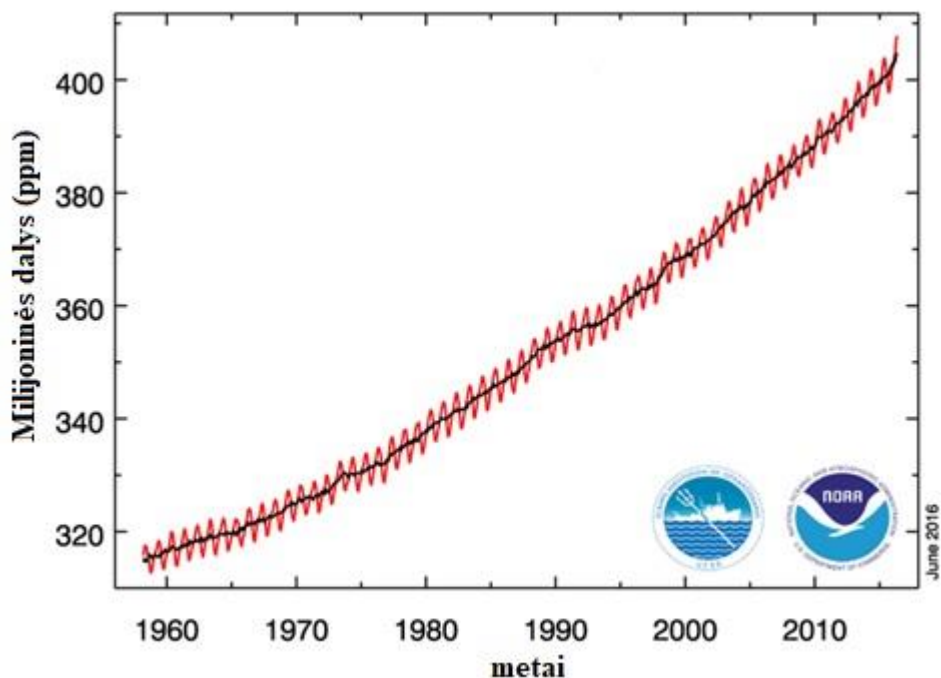
Carbon Emissions, (CFD):CFI2, W



1.1 pav. Anglies dioksido emisijų kainos kitimo tendencija 2011-2016 m., €/t CO₂ ekv. [1]

Neginčytinai įrodyta, kad CO₂ dujos, kurios per ledynmetį atmosferoje sudarė vos 0,017%, o prieš industrinį laikotarpį 19 amžiaus viduryje 0,027%, šiandien jau perkopė 0,04 % (1.2 pav.). Maža to, pasaulio vandenynai, kurie sudaro tris ketvirtadalius žemės ploto ir savo

vandens kiekiu galėtų absorbuoti ir palaidoti didelius šių dujų kiekius, šiandien yra prisotinti CO₂ beveik iki sočios koncentracijos. Tai reiškia, kad tolesnis anglies dvideginio atmosferoje didėjimas gali sukelti tokį klimato šiltėjimą, kai vidutinė temperatūra pakiltų keliais (o ne keliomis dešimtosiomis) laipsniais. Jau šiandien dykumų plotai pasaulyje padidėja vienu Vengrijos plotu, o viesulų ir tornadų padažnėjo kelis kartus.



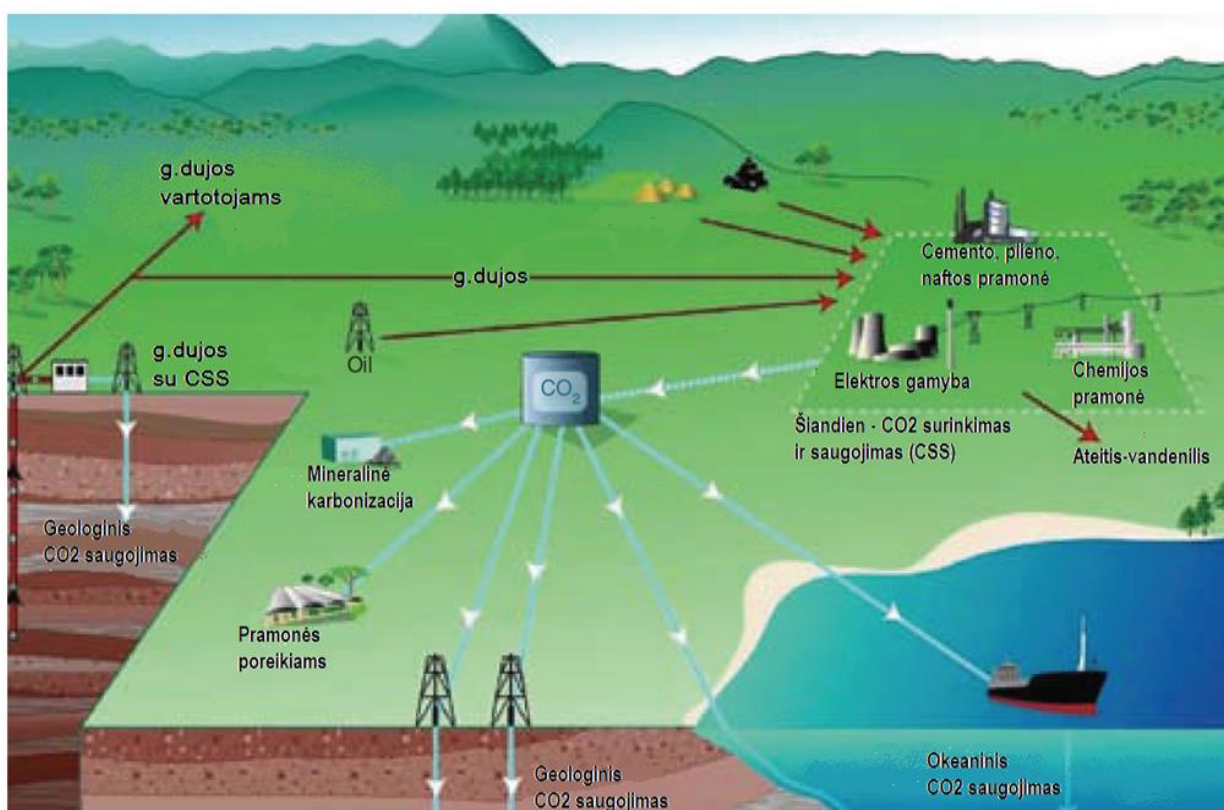
1.2 pav. Mauna Loa observatorijos atmosferos CO₂ stebėjimai 1960-2016 m., [2]

Yra keletas pasaulinės aplinkosauginės politikos nuostatų, kurių sistemingas vykdymas galėtų pagerinti esamą situaciją. Viena iš svarbiausių nuostatų yra planetos želdinimas. Tik augmenija gali absorbuoti ir sumažinti CO₂ ir tuo pačiu ženkliai padidinti vandens išgarinimo intensyvumą. Vanduo yra gamtos kraujas. Kuo jo apytaka didesnė, tuo daugiau aušinama planeta, iškrenta daugiau lietaus lašų sausuosiuose regionuose, taip sudarant galimybę ir ten atsirasti augmenijai. Nors patys vandens garai taip pat sukuria šiltnamio efektą, vandens aušinamasis poveikis yra daug didesnis. Sumažėjus vandenynų vidutinei temperatūrai, jame galėtų ištirpti daugiau CO₂.

Kita nuostata yra atsisakyti dujų (labiausiai fluorintų dujų), sukeliančių itin didelį klimato šiltėjimo efektą, naudojimo. Pavyzdžiui, šaldymo agentas R12, kuris jau uždraustas, turėjo 12 tūkst. kartų didesnę visuotinio atšilimo potencialą, nei CO₂ dujos.

Na ir trečia, iš svarbesniųjų nuostatų yra CO₂ emisijos mažinimas. Pagrindinės planetos teršėjos šiomis dujomis yra transporto priemonės, elektrinės, naftos, cemento, plieno gamyklos, šilumą gaminančios energijos bendrovės. 1.3 paveiksle pateikta CO₂ dujų sumažinimo schema, kai šios dujos yra surenkamos, suslegiamos ir laidojamos tiek grunte, tiek ir vandenyne [3].

Racionalesnis yra CO₂ laidojimas grunte prieš tai jas smarkiai suslėgus. Taip galima gerokai padidinti jau eksploatuotų naftos bei dujų gavybą iš grėžinių, kurie šiandien yra užkonservuoti. Tokiu būdu sutaupoma, nes nereikia daryti brangių grėžinių į kilometro ar kelių gylį. Suslėgtos CO₂ dujos iš gelmių išstumia papildomus naftos bei dujų kiekius, kurių įprastai jau neįmanoma išgauti. Tuo tarpu vandenynuose laidojimas yra problemiškas, dėl pastovaus Žemės vandenynų rūgštingumo didėjimo (pH mažėjimas), vykstančio dėl iš atmosferos sugeriamo anglies dioksido. Viena vertus vandenynai jau prisotinti šių dujų, kita vertus – nėra patikimų mokslinių tyrimų, galinčių įrodyti, kad į gelmes patekęs CO₂ pereis į kietą būseną, tai yra jį absorbuos gelmių augmenija.



1.3 pav. CO₂ dujų emisijos sumažinimo schema [3].

1.2 Europos sąjungos ateities energetikos vizija – atsinaujinanti energetika

Po to, kai 1997 metais buvo išleista Baltoji knyga „Ateities energija. Atsinaujinantieji energijos šaltiniai“ apie atsinaujinančius energijos išteklius, ES buvo iškeltas tikslas, kad iki 2010 metų 12 % visos suvartojamos energijos ir 22,1 % suvartojamos elektros energijos būtų pagaminama iš atsinaujinančiųjų išteklių. Taip pat buvo nustatyta keletas konkrečių technologinių tikslų 2010 metams: 135 Mtn energijos gamybos iš biomasės; 40 GW pajėgumų vėjo energijos; 3 GW saulės elektros energijos; 5 GWh šilumos iš geoterminės energijos; 1 GW geoterminės elektros energijos bei 105 GW hidroenergijos [4]. Buvo padaryta didelė pažanga bei 2010 metais

tiksiai jau pasiekti arba net viršyti kai kurių atsinaujinančių energijos šaltinių. Vėjo energija pasiekė instaliuotą 80 GW galią 2010 metų pabaigoje ir su kaupu įvykdė 40 GW nustatytą tikslą. Taip saulės elektrinių instaliuota galia buvo 29 GW bei taip pat viršijo 3 GW iškeltą tikslą. Valstybės narės (vn) padarė didelę pažangą siekdamos savo nacionalinių orientacinių tikslų. 2010 metais visos suvartojamos atsinaujinančios energijos dalis padidėjo nuo 4,4% (1990 m.) iki 9,8% (2010 m.). Visgi 12% tikslas 2010 metams nubuvo pasiektas.

Atsinaujinančios elektros energijos direktyva 2001/77/EB 2001 metais nustatė naują uždavinį, kad 21% visos elektros energijos būtų gaminama iš atsinaujinančių energijos šaltinių iki 2010 metų [5]. Europos Sąjungoje 1997 metais iš AEI elektros energijos generacija buvo 12,9%. Direktyvoje 2001/77/EB dėl elektros energijos, pagamintos iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, kiekvienai valstybei narei buvo nustatyti orientaciniai tikslai. Įgyvendinant šiai direktyvą, 2010 metais elektros energijos generacija iš atsinaujinančių energijos išteklių ES šalyse padidėjo iki 641TWh, kurią sudarė: 334 TWh hidroenergijos, 155 TWh vėjo energijos, 123 TWh biomasės energijos, 23 TWh saulės energijos ir 6 TWh geoterminės energijos. Žaliosios elektros energijos dalis nuolat augo ir 2005 metais pasiekė 13,6% ir 19,5% 2010 metais. Visgi, nepaisant ženklaus augimo, 2010 metais ES nepasiekė užsibrėžto 21% tikslo. Didžiausias pokytis nuo 2000 iki 2010 metų elektros energijos gamyboje buvo vėjo energijos (127 TWh padidėjimas), biomasės energijos (89 TWh), saulės energijos (23 TWh) bei hidroelektrinių (14 TWh) energijos padidėjimas [6].

2007 m. sausio 10 d. komunikate „Atsinaujinančiųjų energijos išteklių planas. Atsinaujinančių išteklių energija 21 amžiuje: tvaresnės ateities kūrimas“ (KOM(2006)848), nustatyta ilgalaikė ES atsinaujinančiosios energijos strategija iki 2020 m. [6]. Komisija pasiūlė nustatyti privalomą tikslą, o būtent kad iki 2020 m. 20% ES suvartojamos energijos būtų pagaminta iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių, bent 20% sumažinti išmetamą ŠESD kiekį iki 2020 metų lyginti su 1990 metais, 10% transporto sektoriaus suvartojamų degalų sudarytų biodegalai. Be to, įsipareigota sukurti naujų teisės aktų sistemą. 2007 m. Europos Vadovų Tarybos susitikime, ES politiniai lyderiai patvirtino 2020 metų tikslus. Valstybės narės 2010 metais priėmė nacionalinius atsinaujinančiųjų išteklių energijos veiksmų planus, teisiškai privalomi, o yra ne orientacinio pobūdžio.

Siekiant išlaikyti klimato kaitą žemiau nei 2 °C, Europos Taryba ir Parlamentas nutarė iki 2050 metų lyginant su 1990 metais sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas 80-95%. 2011 metais Europos Komisija priėmė veiksmų planą, skirtą pereiti prie konkurencingos mažo anglies dioksido kiekio technologijų ekonomikos sukūrimo iki 2050 m „Energetikos veiksmų planas iki 2050 m.“ (KOM(2011) 885) [7].

2012 m. birželio 6 d. komunikate „Atsinaujinančioji energija – reikšmingas Europos energijos rinkos objektas“ (KOM(2012)0271) Komisija nustatė sritis, kuriose iki 2020 metų

reikalingi pokyčiai, o būtent: iki 2030 metų ir vėliau didėtų Europos atsinaujinančiosios energijos gamybos apimtis, atsinaujinančiosios energijos technologijos taptų pigesnės, konkurencingesnės ir galiausiai jas skatintų rinką (paramos schemos būtų skiriamos tik mažiau išplėtotoms technologijoms), taip pat, kad būtų skatinamos investicijos į atsinaujinančiąją energiją (palaipsniui mažinamos subsidijos iškastiniam kurui, gerai veikianti anglies dioksido rinka ir tinkamai nustatyti energijos mokesčiai). 2013 m. lapkričio mėn. Komisija pateikė daugiau gairių dėl atsinaujinančiosios energijos paramos schemų, taip pat dėl bendradarbiavimo mechanizmų siekiant atsinaujinančiosios energijos tikslinių rodiklių mažesnėmis sąnaudomis (KOM(2013)7243). Ji paskelbė visišką subsidijų, kurias valstybės narės gali siūlyti atsinaujinančiosios energijos sektoriui pertvarką, pirmenybę teikiant konkursams, supirkimo priemonėms ir įsipareigojimams laikytis kvotų, o ne įprastai taikomiems fiksuotiems supirkimo tarifams.

ES pradėjo rengtis laikotarpiui po 2020 m., kad iš anksto suteiktų politinio aiškumo investuotojams po 2020 metų taikomos tvarkos. Atsinaujinanti energija yra viena iš svarbiausių dalių Komisijos ilgalaikių strategijų, išdėstytų komunikate „Energetikos veiksmų planas iki 2050 m.“ (KOM(2011) 885). Veiksmų plane pasiūlytuose išmetamo anglies dioksido kiekio mažinimo energetikos sektoriuje scenarijuose nurodoma, kad atsinaujinančiosios energijos dalis iki 2030 metų turėtų sudaryti ne mažiau kaip 30%. Tačiau veiksmų plane taip pat teigiama, kad atsinaujinančiosios energijos augimas sulėtės po 2020 metų, jei nebus imtasi jokių kitų veiksmų. Komisija 2014 m. sausio 22 d. komunikate „2020–2030 m. klimato ir energetikos politikos strategija“ (KOM(2014)0015) pasiūlė po 2020 m. neatnaujinti privalomų nacionalinių atsinaujinančiosios energijos tikslinių rodiklių. Privalomas tikslinis rodiklis – 27% suvartojamos energijos turėtų sudaryti atsinaujinančiųjų išteklių energija – numatomas ES lygmeniu. Komisija tikisi, kad privalomi nacionaliniai išmetamo šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekio rodikliai paskatins augimą energetikos sektoriuje.

N. Scarlat ir kt. atliktos apžvalgos apie nacionalinės atsinaujinančiųjų išteklių energijos veiksmų planų (NAIEVP) analizė rodo, kad atsinaujinančiosios energijos panaudojimas padidės daugiau nei du kartus nuo 4181 PJ 2005 metais iki maždaug 10255 PJ 2020 metais. Tikimasi, kad didžiausias augimas bus pasiektas saulės energijos, vėjo energijos bei šilumos siurblių srityse, o biomasės ir geoterminė energija bus panaudojama vis mažesnėmis apimtėmis. Pagal apibendrintus duomenis iš pažangos ataskaitų didelė pažanga buvo padaryta jau dabar, nes daugiau nei 60% visos atsinaujinančiosios energijos padidėjo tarp 2005 metų ir 2012 metų. Atsinaujinančiosios energijos vartojimas ES buvo 1,9% didesnis NAIEVP prognozėmis 2012 metais. (1.1 lentelė) [6].

1.1 lentelė Galutinis atsinaujinančios energijos vartojimas [PJ].

	2005 _k	2010	2010 _k	2012	2012 _k	2015	2020
Hidroenergija	1230	1245	1223	1255	1182	1278	1331
Geoterminė energija	38	51	42	61	46	83	150
Saulė	34	137	146	224	336	347	634
Vėjas	253	597	559	785	715	1109	1760
Jūros energija	2	2	2	2	2	2	23
Šilumos siurbLIAI	25	169	183	227	288	305	514
Bioenergija	2598	3594	4127	3967	4057	4510	5841
Viso atsinaujinančios energijos	4181	5794	6283	6520	6643	7636	10255

k- apibendrintas valstybių narių pažangos ataskaitomis.

Tarp 2005 ir 2012 metų ženklus atsinaujinančios energijos augimas pastebimas šildymo ir vėdinimo sektoriuje, be to, panašus augimas pastebimas ir elektros energijos sektoriuje. Tačiau santykiniais skaičiais rodo svarų augimą atsinaujinančių energijos vartojimo transporto sektoriuje (223%), šildymo ir vėdinimo sektorius (60%) ir elektros energijos sektorius (50%). Atsinaujinančios energijos vartojimas 2012 metais viršijo tikslus šildymo ir vėdinimo sektoriuje 10%, elektros energijos gamybos sektoriuje vos pasiekė tikslą, tačiau transporto sektorius pasiekė tik 70% nustatyto tikslo (1.2 lentelė).

1.2. lentelė AEŠ indėlis elektros, šilumos ir transporto sektoriuose [PJ].

	2005 _k	2010	2010 _k	2012	2012 _k	2015	2020
AEI elektros sektoriuje	1758	2352	2332	2700	2688	3247	4358
AEI šilumos sektoriuje	2297	2867	3394	3121	3433	3566	4681
AEI transporto sektoriuje	171	631	605	766	556	906	1352
Viso atsinaujinančios energijos	4181	5794	6283	6520	6643	7636	10255

k- apibendrintas valstybių narių pažangos ataskaitomis.

Europos Sąjungoje 2005 metais buvo instaliuota 8,1% atsinaujinančių energijos šaltinių skaičiuojant nuo galutinio energijos vartojimo ir tikimasi 2020 metais pasiekti 21,0%, o energijos vartojimo efektyvumas viršys 20% tikslą. AEI ženkliai augo pastaruju metu bei pasiekė 16,4% nuo galutinio energijos vartojimo 2015 metais. AEI naudojimo augimas sietinas su mažesniu bendru galutinės energijos suvartojimu, kuris padidino AEI dalį bendrame energijos vartojimo

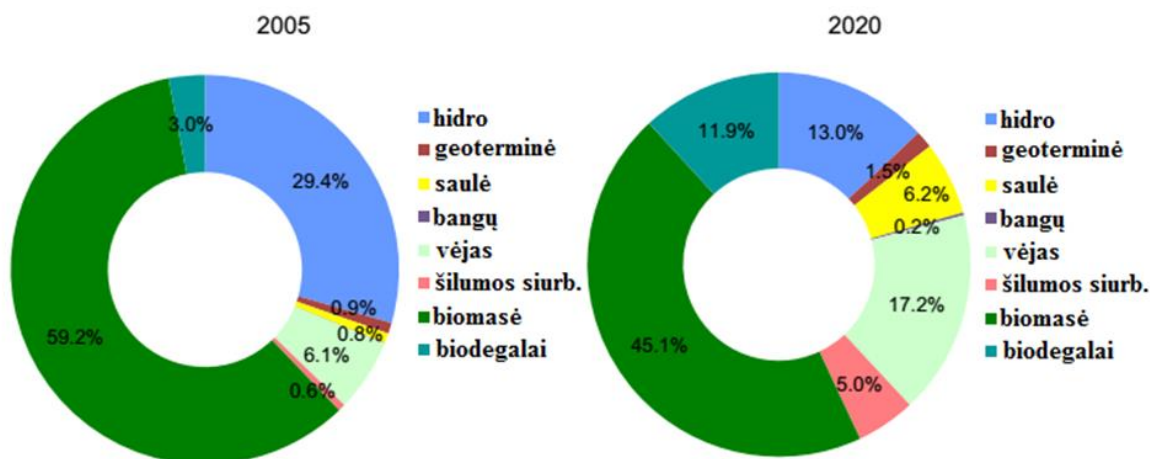
kontekste. Atsinaujinančios energijos dalis elektros energijos bei šildymo ir vėsinimo sektoriuose viršija 2015 metais nustatytus tikslus (1.3 lentelė).

1.3 lentelė Bendras bei energetikos sektoriuose AEŠ dalis [%].

	2005 _k	2010	2010 _k	2012	2012 _k	2015	2015 _k	2020
AEI elektros sektoriuje	14,8	19,7	19,7	22,2	23,6	26,3	28,3	33,9
AEI šilumos sektoriuje	9,3	12,5	14,4	13,7	15,8	16,0	18,1	21,4
AEI transporto sektoriuje	1,3	4,9	5,0	6,1	6,0	7,2	6,7	11,4
Viso atsinaujinančios energijos	8,1	11,5	12,6	12,9	14,1	15,1	16,4	21,0

k- apibendrintas valstybių narių pažangos ataskaitomis.

Įvairių atsinaujinančiųjų energijos išteklių indėlis turėtų gerokai pasikeisti iki 2020 metų. Nors hidroenergijos gamyba išliks pastovi (dėl riboto potencialo tolesnei plėtrai), tačiau jos dalis atsinaujinančioje energetikoje sumažės. Apibendrinti NAIEVP duomenys rodo, kad bioenergiją turėtų išaugti, išlaikydama svarbų vaidmenį atsinaujinančioje energijoje ES lygmeniu iki 2020 m. Pagal NAIEVP prognozes, bioenergijos dalis galutiniame energijos suvartojime išaugs nuo 5,0% 2005 metais iki 8,5% 2012 metais ir beveik iki 12% 2020 metais. Kitų atsinaujinančių šaltinių dalis taip pat gerokai padidės kuris prisidės prie energijos išteklių diversifikavimo (1.4 pav.).



1.4 pav. Atsinaujinančios energijos derinys 2005 metais ir 2020 metais [6]

1.2.1 Elektros energijos generacija Europos sąjungoje iš atsinaujinančių energijos šaltinių

Europos Sąjungoje instaliuota galia iš AEŠ padidėjo nuo 170 GW 2005 metais iki 312 GW 2012 metais bei buvo 7% didesnė tikimosi atsinaujinančios energijos pajėgumo. Pažanga padaryta daugelyje sektorių, ypatingai saulės energijos, vėjo energijos ir biomasėje. Didžiausi pokyčiai užfiksuoti saulės ir vėjo energijoje nuo 2010 metų iki 2012 metų, iš kurių 41 GW (38%)

padidėjo saulės ir 22 GW (26%) vėjo energijos sektoriuose (1.4 lentelė). Stiprią plėtrą saulės ir vėjo energijos gamybai daugiausia lėmė sąnaudų mažėjimas.

1.4 lentelė Įdiegti AEŠ pajėgumai ES [MW].

	2005 _k	2010	2010 _k	2012	2012 _k	2015	2020
Hidroenergija	110414	113074	103091	115524	105376	119405	127165
Geoterminė	714	816	823	881	782	1047	1623
Saulė	2221	25989	29727	39829	70811	57817	90499
Jūros energija	240	245	243	261	247	372	2253
Vėjas	40477	85550	84395	107979	106373	143174	210993
Biomasė	15741	22686	25093	25978	28723	32665	43717
Viso AEI	169804	248359	243371	290452	312313	354480	476248

k- apibendrintas valstybių narių pažangos ataskaitomis.

Nuo 2005 metų iki 2012 metų atsinaujinančios elektros energijos gamybos pajėgumai padidėjo daugiau nei 50%, o jos dalis elektros energijos bendroje generacijoje padidėjo nuo 15% iki 28% 2015 metais. Atsinaujinančios energijos indėlių elektros energijos gamybai ES tikimasi dar padidinti ir pasiekti 1210 TWh 2020 metais, kuris atitiktų maždaug 34% galutinio elektros energijos suvartojimo 2020 metais (1.5 lentelė).

1.5 lentelė Iš AEŠ elektros energijos gamyba ES [TWh].

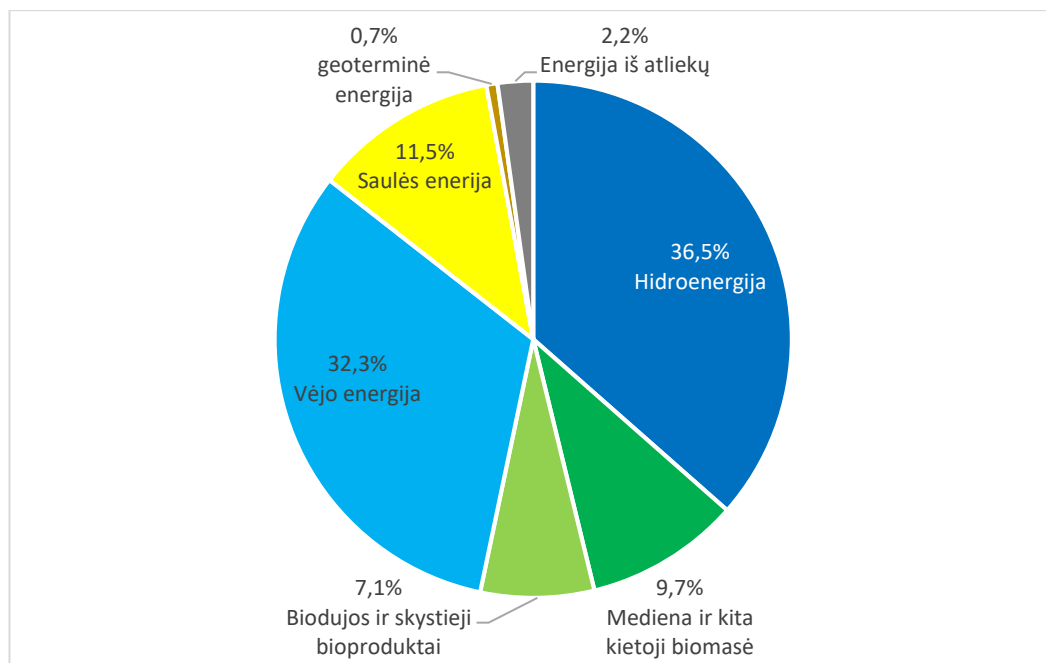
	2005 _k	2010	2010 _k	2012	2012 _k	2015	2020
Hidroenergija	341,6	345,8	339,7	348,7	328,4	355,0	369,7
Geoterminė	5,5	6,0	5,6	6,4	5,8	7,4	11,0
Saulė	1,5	20,7	23,2	39,9	71,4	61,0	101,1
Jūros energija	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	6,5
Vėjas	70,4	165,9	155,2	218,0	198,5	308,1	489,0
Biomasė	69,1	114,3	123,6	136,5	142,1	169,7	233,2
Viso AEI	448,5	653,3	647,9	749,9	746,7	902,1	1210,4
Viso elektros energijos	3284,2	3314,7	3226,3	3354,6	3138,8	3419,7	3543,0
AEI dalis elektros gamyboje	14,9	19,7	19,6	22,2	23,6	26,4	33,9

k- apibendrintas valstybių narių pažangos ataskaitomis

Iš N. Scarlat ir kt. atliktos apžvalgos matyti, kad nors padaryta didžiulė pažanga vėjo ir saulės elektros energijos gamyboje, hidroenergija vis dar yra pagrindinis šaltinis atsinaujinančios elektros energijos. Iki 2020 metų vėjo energija taps svarbiausiu atsinaujinančiu energijos šaltiniu bei sudarys 40% visos atsinaujinančios elektros energijos, o saulės energija teiks apie 8,5%. Dėl

riboto augimo hidroenergetikos dalis sumažės nuo 70% 2005 metais iki 30% 2020 metais, o geoterminės ir jūros energijos indėlis išliks nedidelis [6].

Remiantis naujausiais Eurostat duomenimis, pateiktais už 2015 metus ES-28 VN, iki šiol hidroelektrinėse pagamina didžiausią elektros energijos iš atsinaujinančiųjų išteklių dalį, nors ši dalis sumažėjo nuo 74% 2004 m. iki 38% 2015 m. (1.5 pav.). Švedijai, Prancūzijai, Italijai, Austrijai ir Ispanijai tenka apie 70 proc. visos 28 ES valstybių narių hidroelektrinėse pagaminamos energijos.



1.5 pav. Elektros energijos generacijos derinys iš AEŠ 2015 m. ES-28 [8]

Vėjo energijos panaudojimas per 2004–2015 metų laikotarpį išaugo daugiau kaip 4 kartus ir šiuo metu sudaro maždaug trečdalią iš atsinaujinančiųjų energijos išteklių pagaminamos elektros energijos. Tačiau ES lygmeniu jūros vėjo panaudojimo pažanga vyko lėčiau nei tikėtasi, daugiausia dėl pradžioje aukštų kainų (dabar jos labai mažėja) ir prijungimo prie elektros tinklo problemų.

Fotovoltinės saulės energijos gamyba sparčiai didėjo ir 2015 m. sudarė 12 % visos iš atsinaujinančiųjų išteklių pagaminamos elektros energijos, nors tokį kiekį pasiekti buvo planuojama tik 2020 metais. 2013 m. jos plėtra pirmą kartą aplenkė kietosios biomasės plėtrą. 2015 m. 38 % 28 ES valstybėse narėse pagamintos fotovoltinės saulės energijos buvo pagaminta Vokietijoje, Italijoje ir Ispanijoje. Didelį saulės fotovoltinės elektros energijos gamybos augimą skatino greita technologijų pažanga, kainų mažėjimas ir palyginti trumpas projektų plėtojimo laikas.

Elektros energijos gamyba iš biomasės 28 ES valstybėse narėse išaugo nuo 9 Mtne 2010 metais iki 13 Mtne 2015 metais. Tačiau ši technologija nepasiekė tais metais planuoto lygio. Bendras biodujų ir skystųjų bioproduktų naudojimas, 2004 m. buvęs labai menkas, tačiau 2015 m. pasiekė 7 % iš atsinaujinančiųjų išteklių pagamintos elektros energijos. Kalbant apie biodujas, jų panaudojimas augo greičiau nei tikėtasi, ypač Vokietijoje ir Italijoje.

Nepaisant to, kad buvo tikimasi atsinaujinančiųjų išteklių energijos plėtros plano, Europos Komisija siūlo sustiprinti ES bioenergijos tvarumo sistemą ir išplėsti ją, kad ji taip pat būtų taikoma biomasei ir biodujoms, naudojamoms šilumai ir elektros energijai gaminti dideliuose energijos gamybos įrenginiuose.

1.3 CO₂ surinkimo ir saugojimo problemos ir technologijos

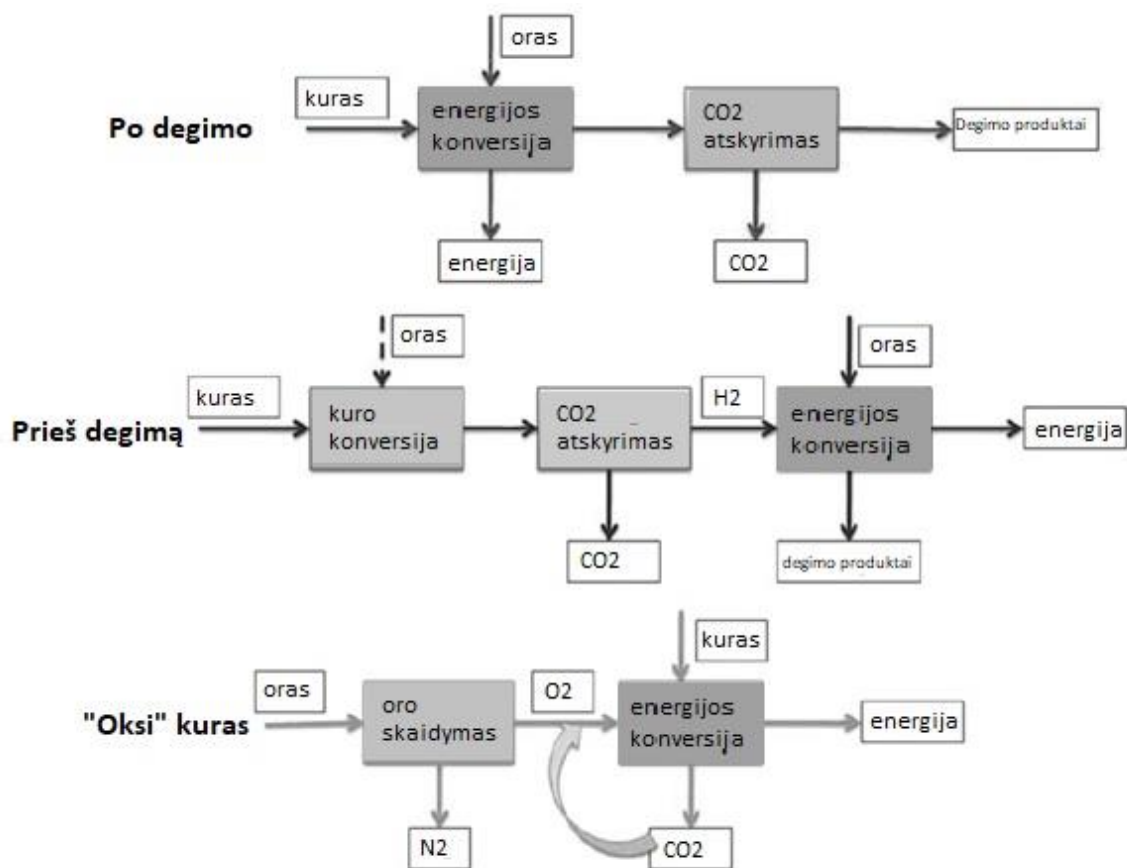
Europos Sąjunga yra įsipareigojusi iki 2050 m. sumažinti išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 80–95 %, palyginti su 1990 metais, nes pasaulio temperatūros kilimą būtina sustabdyti anksčiau nei ji pakils 2 laipsniais. Yra keletas CO₂ kiekio mažinimo būdų, pavyzdžiui, didinti energijos vartojimo efektyvumą, naudoti daugiau atsinaujinančios energijos išteklių ir CO₂ neišskiriančių energijos šaltinių. Tačiau, atsižvelgiant į didėjančią energijos poreikį, kuris greičiausiai bus didele dalimi tenkinamas deginant iškastinį kurą, viena iš būtinų išmetamo CO₂ kiekio mažinimo priemonių gali būti ir CO₂ surinkimas ir saugojimas.

Dar 1995 metai Tarpvyriausybinių klimato kaitos komisija (TKKK) savo antrojoje vertinimo ataskaitoje pripažino CO₂ surinkimą ir saugojimą kaip „perspektyvią technologiją“. Ataskaitoje buvo nurodyta, kad „CO₂ surinkimas ir saugojimas iš iškastinio kuro elektrinių išmetamų dūmų yra įmanomas“, tačiau „visiškai nežinomos CO₂ ilgalaikio saugojimo galimybės, kaina, poveikis aplinkai bei technologijos efektyvumas [9].

Tačiau praėjus 20 metų Tarpvyriausybinių klimato kaitos komisija savo penktoje vertinimo ataskaitoje, kuri pasirodė 2014 metais, CO₂ surinkimą ir saugojimą įvardija kaip labai svarbią technologiją siekiant ambicingesnių klimato kaitos tikslų: „daugelis modelių nesugebėjo pasiekti atmosferos koncentracijos apie 450 ppm (milijoninės dalys) CO₂ ekvivalento iki 2100 metų, jei būtų ribojamos pagrindinės technologijos, kaip bioenergetika, CO₂ surinkimo ir saugojimo ar jų derinys.“ TKKK atliktoje analizėje nustatyta, kad nenaudojant CO₂ surinkimo ir saugojimo technologijų, kaina norint pasiekti atmosferos koncentraciją 430–480 ppm (milijoninės dalys) CO₂ ekvivalento diapazone būtų 138 % didesnė [9].

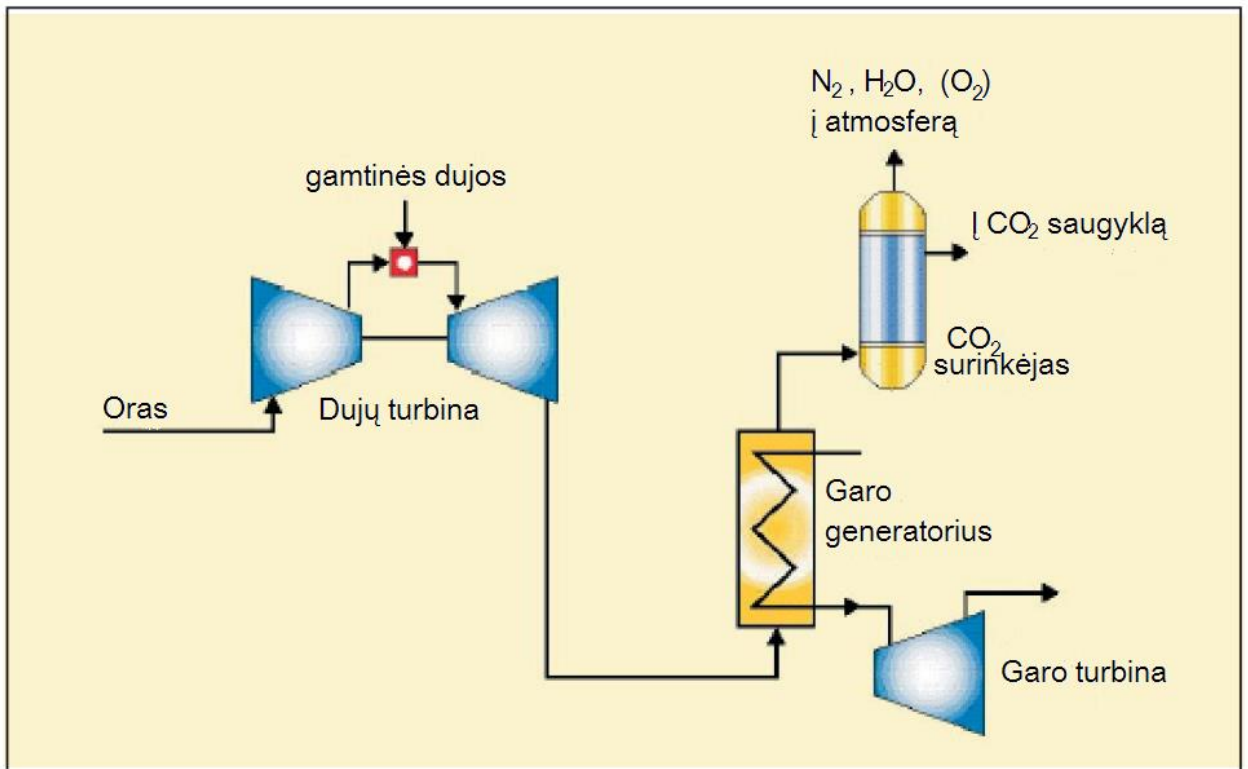
Pagrindinės CO₂ dujų mažinimo išlaidos yra susiję su jo atskyrimu nuo kitų dujų. Juk deginant anglinį kurą gauname dūmus, kuriuose didžiąją dalį sudaro azotas, o CO₂ dujų

koncentracija tesiekia 7-14 %. Deginant dujinį kurą CO₂ dujų koncentracija dūmuose dar mažesnė ir sudaro apie 4%. Suslėgti arba kitaip kompaktizuoti visą šį srautą yra neracionalu, nes suslėgimui reikėtų didelių energijos sąnaudų, kas smarkiai pabrangintų elektros ar šilumos kainą. Atskirimas yra pigesnis, tačiau taip pat brangus. Atskirimo technologinis procesas sudaro apie 70-80% visų kaštų pilno CO₂ surinkimo ir saugojimo projekto, įskaitant CO₂ dujų transportavimą ir saugojimą.



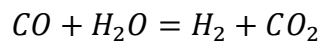
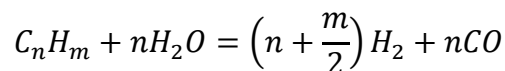
1.6 pav. CO₂ atskyrimo technologijų schemas. [3]

Yra kelios CO₂ atskyrimo technologijos, iš kurių dvi laikomos pagrindinės: prieš degimo procesą ir po jo. Kaip jau minėta po degimo gauname dujų mišinį, kuriame didžiąją dalį sudaro azotas, todėl reikia CO₂ atskirti ir po to jau šias dujas nukreipti į kitus technologinius etapus. Paprastai naudojami skysti absorbentai – amino tirpalai. Jie gerai sugeria anglies dvideginį, tačiau ieškoma ir geresnių sugėriklių. Kombinuoto ciklo jėgainės CO₂ sugaudymo technologinė schema parodyta 1.7 paveiksle. Matome, kad naudojama absorbcinė kolona, kurioje cirkuliuoja absorbentas (neparodytas). Absorbentas turi būti regeneruojamas. Šis desorbcijos procesas yra ganėtinai brangus, nes reikalauja šiluminės energijos jį pakaitinti iki desorbcijos temperatūros. Desorbcija gali būti vykdoma ir kitu būdu – panaudojant vakuumą. Tuomet reikia elektros energijos vakuomo siurbliams sukurti.

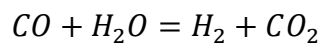


1.7 pav. CO₂ gaudymo technologinė schema kombinuoto ciklo elektros jėgainėje.

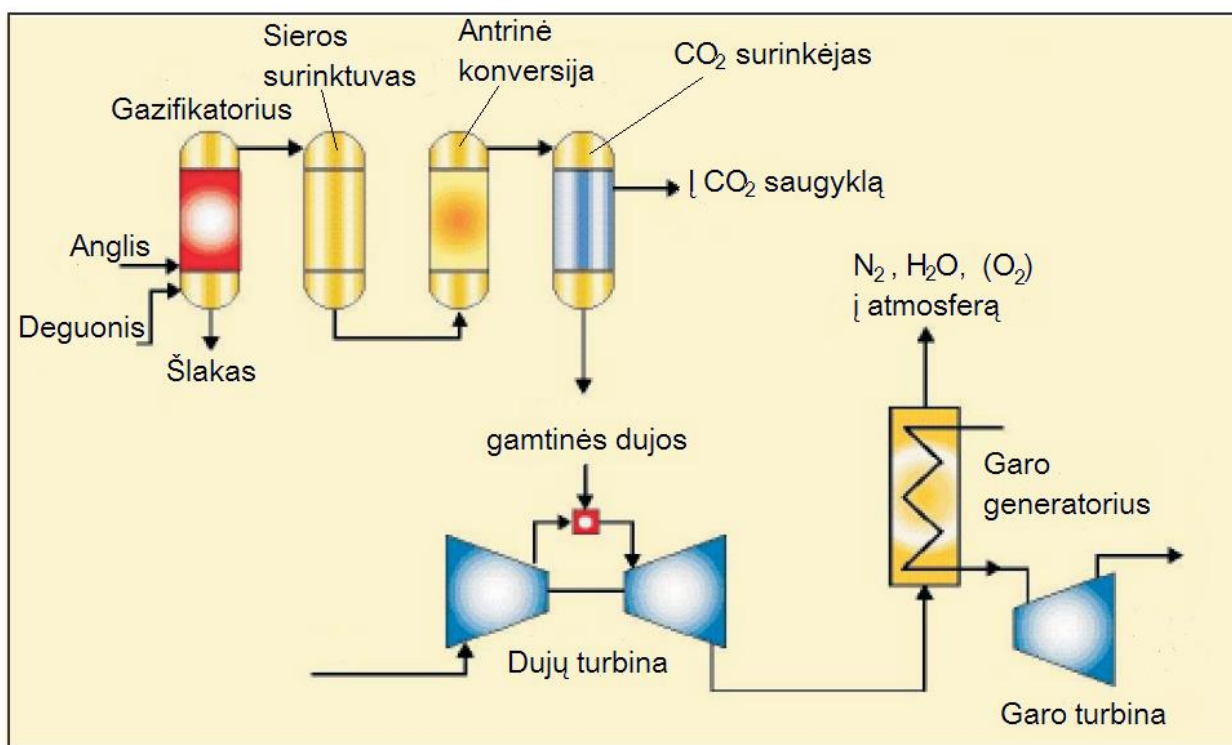
CO₂ sugaudymo technologija prieš degimo procesą skamba paradoksaliai, nes iki degimo neturėtume gauti šių dujų. Šios technologijos esmė glūdi giliau ir yra susijusi su anglinio kuro gazifikacijos procesu. Anglinis kuras prie aukštos temperatūros reaguoja su vandens garu. Reakcijos išdava – vandenilio dujos ir CO dujos, kurios kitomis sąlygomis vėl dalyvauja reakcijoje su vandens garu, po ko gauname dar vieną molį vandenilio ir gryną CO₂. Tokiu būdu anglies dvideginio jau nereikia atskirti iš degimo produktų, jį galima suslėgti ir transportuoti į saugyklas. Abiejų etapų reakcijos yra tokios:



CO dujas jungiant su vandens garu galima gauti ir gamtines dujas bei vandens garą:



Matome, kad abiem atvejais gauname gryną anglies dvideginį, kurį iškart galima suslėgti ir transportuoti į saugyklas.



1.8 pav. Integruotos gazifikacijos kombinuoto ciklo schema (IGCC) su CO₂ dujų atskyrimu iki degimo proceso.

1.8 paveiksle matome, kad po pagrindinės gazifikacijos reakcijos, kur anglinis kuras jungiamas su nedideliu deguonies kiekiu, pavyzdžiui esančiu vandens gare, dar yra sieros atskyrimo etapas. Tik po jo vykdomas antroji cheminė reakcija tarp CO ir vandens garo.

Gazifikacijos procesas paprastai integruojamas į kombinuoto ciklo elektros jėgaines, todėl jėgainės vadinamos „Integrated Gasification Combined Cycle“ (IGCC), arba integruotos gazifikacijos kombinuotas ciklas (IGKC). Reikia pastebėti, kad dujų turbina turi būti kitokia, nei deginant gamtines dujas. Taigi įprastinių kombinuoto ciklo jėgainių negalima kūrenti vandeniliu. Dujų turbina turi būti pakeista kitokia, pritaikyta darbui su vandeniliu, kurio savybės ženkliai skiriasi nuo gamtinių dujų.

Trečioji CO₂ atskyrimo technologija (žr. 1.6 pav.) yra labai brangi, todėl nagrinėjama tik teoriškai. Jos esmė ta, kad prieš deginant kurą, į kūryklą tiekiamas ne oras, o deguonis. Oras iki tol suskaidomas į deguonį ir azotą, kas yra labai brangu, turint galvoje itin didelius deguonies kiekius, kurių reikia elektrinėms kūrenti. Akivaizdu, kad tokiu atveju degimo produktuose gauname vien CO₂ ir vandens garą, kuris slegiant CO₂ greitai išsikondensuoja.

Be oro skaidymo problemos, ši technologija turi dar vieną trūkumą. Degimo kameroje gauname labai aukštas temperatūras. Naudojant orą aušinantį degimo proceso vaidmenį atlieka azotas. Kai jo nėra, į paduodamo deguonies srautą įvedamas didelis CO₂ kiekis. Jis turi recirkuliuoti sistemoje iki tol, kai jis pašalinamas suslėgimui ir transportavimui.

Papildomos išlaidos CO₂ surinkimui ir saugojimui brangina elektros gamybos technologiją. Pavyzdžiui, po degimo proceso CO₂ atskyrimas pabrangina anglies elektrines 623USD/kW_e (2003 metais 870USD/kW_e), tuo tarpu gazifikacijos technologija yra pigesnė, atitinkamai 504 ir 314USD/kW_e. Turint galvoje, kad kombinuoto ciklo jėgainių investiciniai kaštai sudaro 1100USD/kW_e, pabrangimas yra ženklus ir daro įtaką elektros kainai [10].

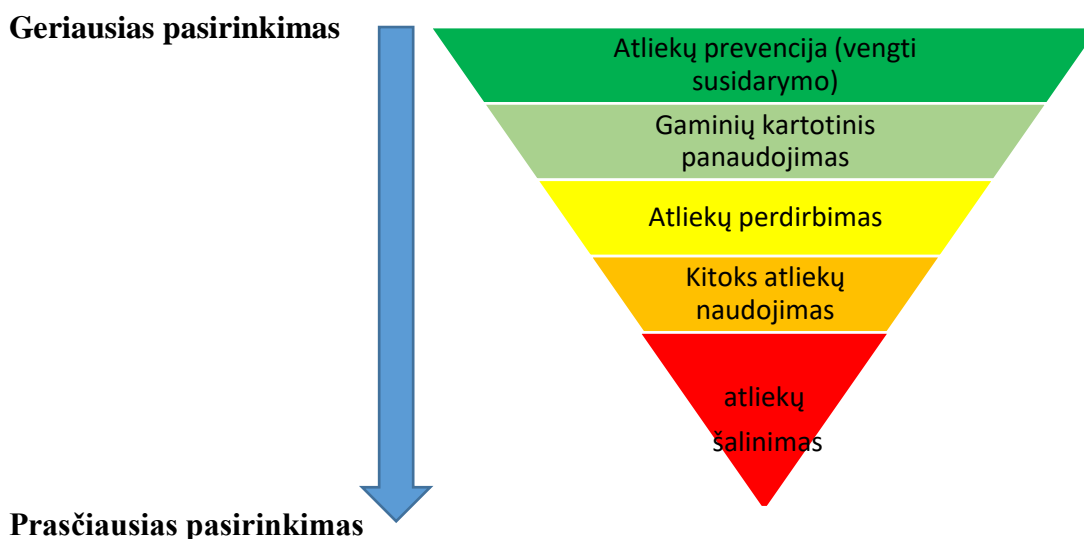
Tos pačios technologijos elektrinėms, CO₂ sugaudymas ir laidojimas pabrangina elektros energiją nuo 1,5 iki 2 kartų. Elektra šiuo atveju brangsta ne vien dėl papildomų kapitalinių kaštų, bet ir dėl papildomų energijos išlaidų. Ypač didelės energijos sąnaudos reikalingos desorbcijos procesui, pašalinant iš absorbento CO₂ dujas.

1.4 Atliekų deginimas – darniosios energetikos pavyzdys

Atliekų deginimo gamyklose yra deginamos buitinės-komunalinės ir nepavojingos gamybinės atliekos. Iš atliekų deginimo gaunamos įvairios energijos formos, t.y. gaunama energijos forma gali būti: garas, kuris gali būti panaudotas pramonės įmonėse gamybiniais procesams, elektros energija, kuri tiekama į vietinį tinklą bei karštas vanduo termofikacinio vandens pašildymui, kuris tiekiamas į vietinius centralizuoto šildymo tinklus. Tai, kad deginant kurą gaminama ir elektra ir šiluma, vadinama kogeneracija. Kogeneracija yra priskiriama prie pažangiųjų energijos technologijų. Taigi atliekų deginimas prisideda prie ES 20-20-20 aplinkosaugos ir energetinių tikslų - iki 2020 metų bent 20 % sumažinti CO₂ emisijų išmetimą į aplinką, 20 % padidinti energijos efektyvumą, 20 % padidinti energijos gamybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių.

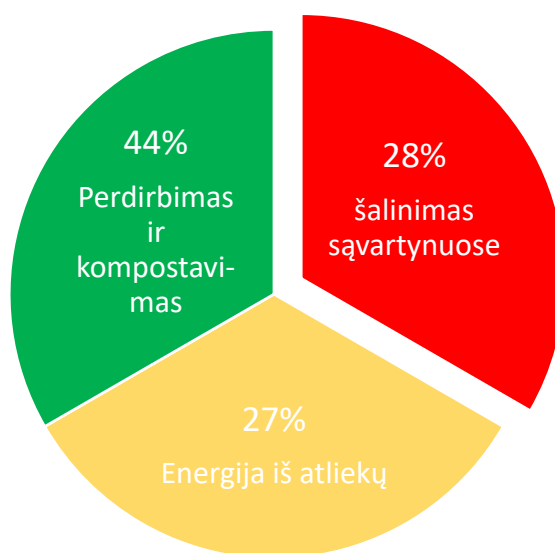
Atliekų deginimas teikia vietinę energiją iš po rūšiavimo likusių atliekų, padeda mažinti iškastinio kuro importą, sutaupo milijonus tonų CO₂ emisijų, prisideda prie energijos tiekimo saugumo, padeda sumažinti atliekų kiekį sąvartynuose.

5 žingsnių atliekų tvarkymo hierarchijoje (1.9 pav.), nustatytoje Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2008/98/EB dėl atliekų, atliekų deginimas padeda pasiekti tvarų atliekų tvarkymą, leidžia išvengti nepalankiausio pasirinkimo (pvz. atliekų šalinimo sąvartynuose). Svarbu pabrėžti, kad atliekų tvarkymo hierarchija iš esmės atitinka procesų eiliškumą ir klimato kaitos atžvilgiu: jei norima mažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD) kiekį, šalinimas sąvartynuose arba deginimas gaunant mažai energijos arba jos iš viso negaunant yra mažiausiai pageidaujamos pasirinktys ir atvirkščiai – atliekų prevencija, pakartotinis naudojimas ir perdirbimas labiausiai prisideda prie išmetamo ŠESD kiekio mažinimo.



1.9 pav. Atliekų tvarkymo hierarchija ES [11]

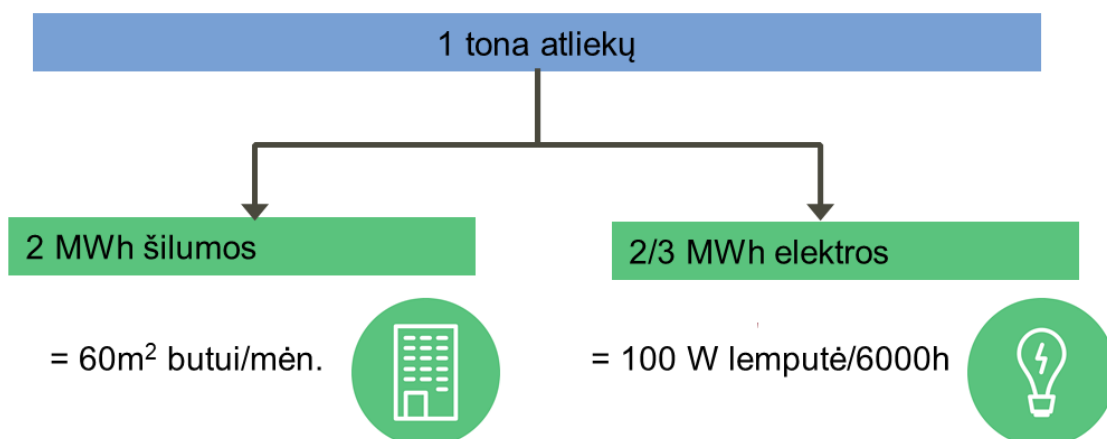
Nors atliekos yra energetinis išteklius. Tačiau 28% komunalinių atliekų visoje ES vis dar laidojama sąvartynuose (apie 67 milijonai tonų) (1.10 pav.) [12], nors sąvartyno dujos (metanas) žymiai prisideda prie globalinio atšilimo. Reikia vengti atliekų laidojimo sąvartynuose, nes: jos užteršia dirvožemį ir gruntinius vandenius, mikro plastiko gabaliukai patenka į upes ir taip keliauja iki jūrų bei vandenynų. Be to, reikia vengti metano dujų kaupimosi, kuris 23 kartus labiau sulaiko šilumą atmosferoje nei CO₂ dujos.



1.10 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas 28 ES narėse 2014 metais [12]

Komunalinių atliekų energetinė vertė ES lygi apie 10 MJ/kg, taigi 1 tona komunalinių atliekų yra lygi 1 tonai rusvųjų anglių, 0,33 tonos antracito bei 250 litrų naftos produktų. Taigi

sudeginę 1 toną atliekų pagaminama apie 2 MWh šilumos energijos, kurios užtektu visą mėnesį šildyti standartinį 60m² butą. Taip pat pagaminama ir 2/3 MWh elektros energijos (1.11 pav.).

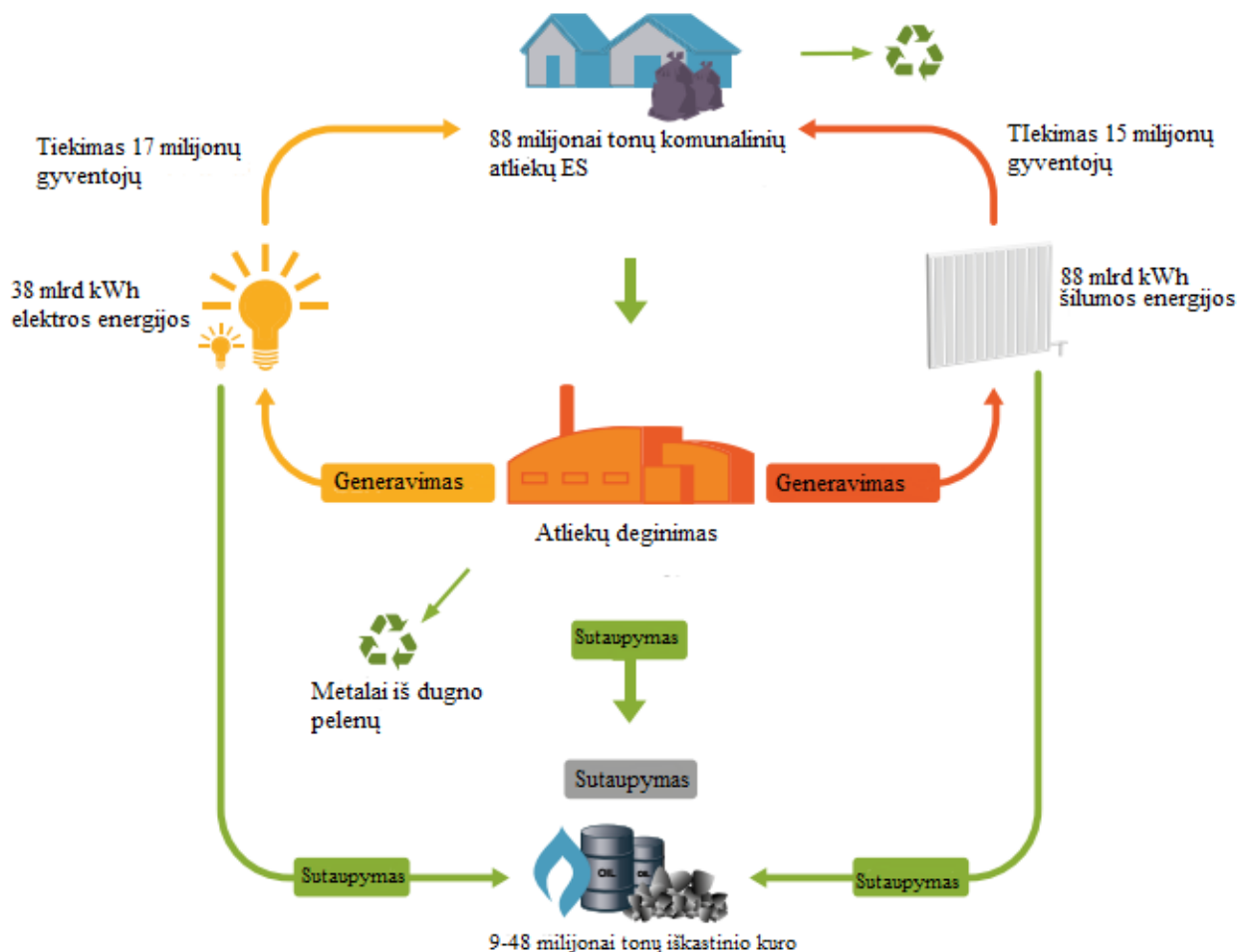


1.11 pav. Iš atliekų deginimo gaunama energija

Europoje 2014 metais apie 88 milijonai tonų buitinių ir nepavojingų gamybinių atliekų (1.12 pav.) kurios liko po atliekų pakartotinio naudojimo ir perdirbimo buvo sudegintos atliekų jėgainėse ir buvo pagaminta 38 mlrd. kWh elektros energijos ir 88 mlrd. kWh šilumos energijos.

Todėl buvo sutaupyta nuo 9 - 48 mln. tonų iškastinio kuro (dujų, naftos, antracito ir lignito), išmetančio 24 - 48 mln. tonų CO₂ emisijų per metus. Taigi atliekų jėgainės aprūpino apie 17 mln. gyventojų elektros energija ir 15 mln. gyventojų šilumos energija. Toks kiekis atitiko bendram Lietuvos, Latvijos ir Švedijos gyventojų poreikiui. Be to energijos kiekis iš atliekų jėgainių Europoje prilygsta 19% dujų importo iš Rusijos 2012 m.

Dar labai svarbus faktas, kad iš dugno pelenų išrinkta 1 toną metalo sutaupo apie 2 tonas CO₂ dujų emisijų.



1.12 pav. Atliekų deginimo naudos ciklas [13]

Europoje yra apie 450 atliekų deginimo gamyklų (1.13 pav.) kuriose yra sudeginama apie 88 milijonų tonų atliekų. Lyderiaujančios šalys yra Prancūzija (126 gamyklos kuriose sudegina 14,7 milijonai tonų atliekų), Vokietija (99 gamyklos kuriose sudegina 25 milijonai tonų atliekų), Italija (44 gamyklos kuriose sudegina 6,3 milijonai tonų atliekų), Jungtinė karalystė (32 gamyklos kuriose sudegina 7,9 milijonai tonų atliekų), Švedija (33 gamyklos kuriose sudegina 5,7 milijonai tonų atliekų). Apie 50% atliekų deginimo gamylose pagaminamos energijos yra iš biologiškai skaidžios biomasės kuri yra laikoma atsinaujinanti energija ir taip prisideda prie CO₂ dujų mažinimo ES.

Atliekų deginimo jėgainių žemėlapis Europoje 2014

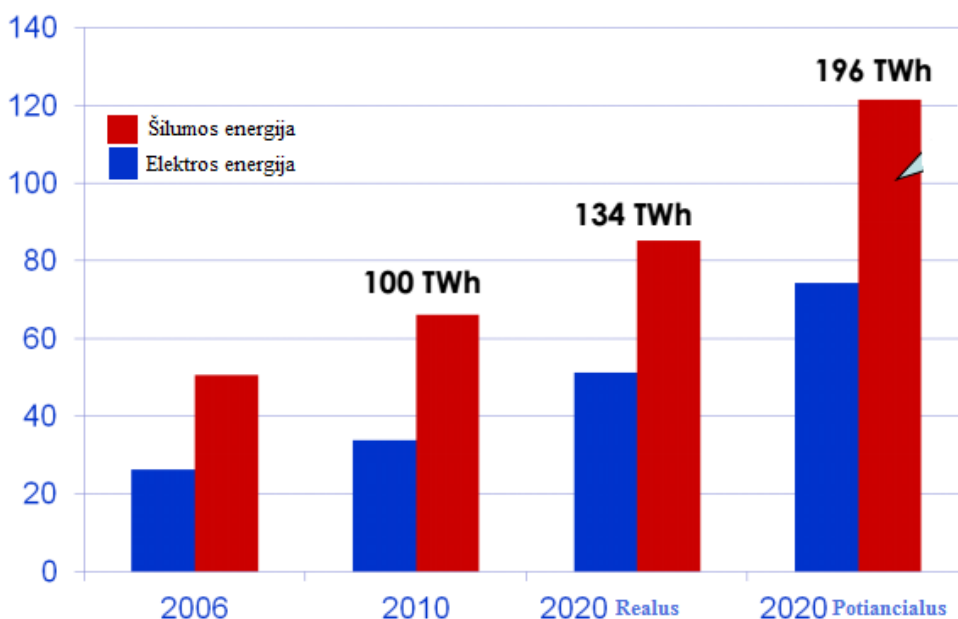
* Veikiančios atliekų deginimo jėgainės (neįtrauktos pavojingų atliekų deginimo jėgainės)

* Atliekų deginimo jėgainėse termiškai apdorojamų atliekų kiekis milijonai tonų



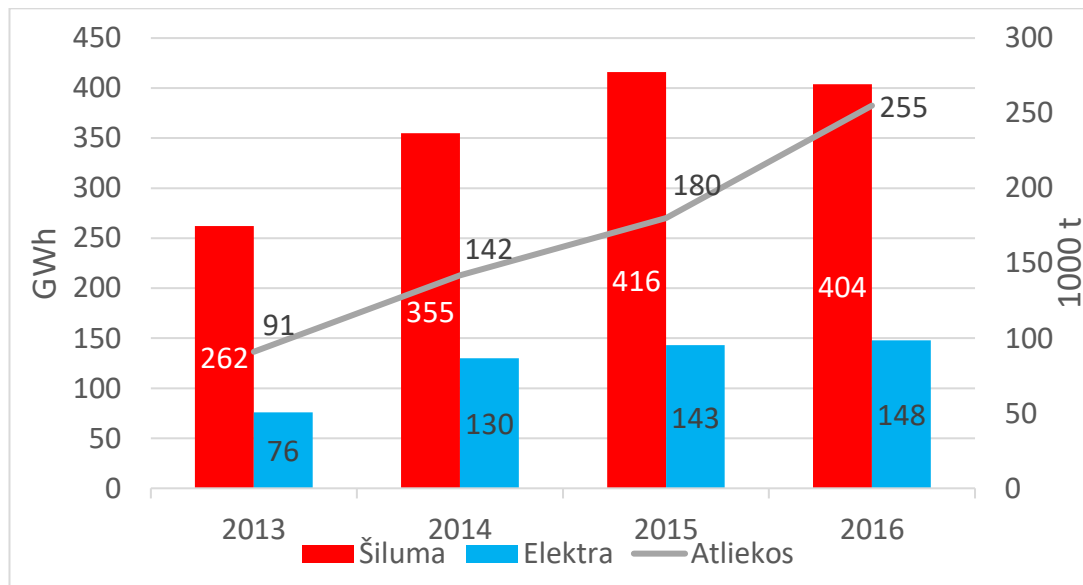
1.13 pav. Europos atliekų deginimo jėgainių žemėlapis 2014 m. [13]

Energijos kiekis iš atliekų deginimo ir toliau vis didės (1.14 pav.), o 2020 metais optimistiniu variantu sudarys 196 TWh. Toks kiekis atitinka 6 atominių elektrinių generuojamą elektros energijos kiekį arba 25 akmenų anglies elektrinių elektros kiekį, kuris šia energija aprūpintų apie 70 milijonų gyventojų.



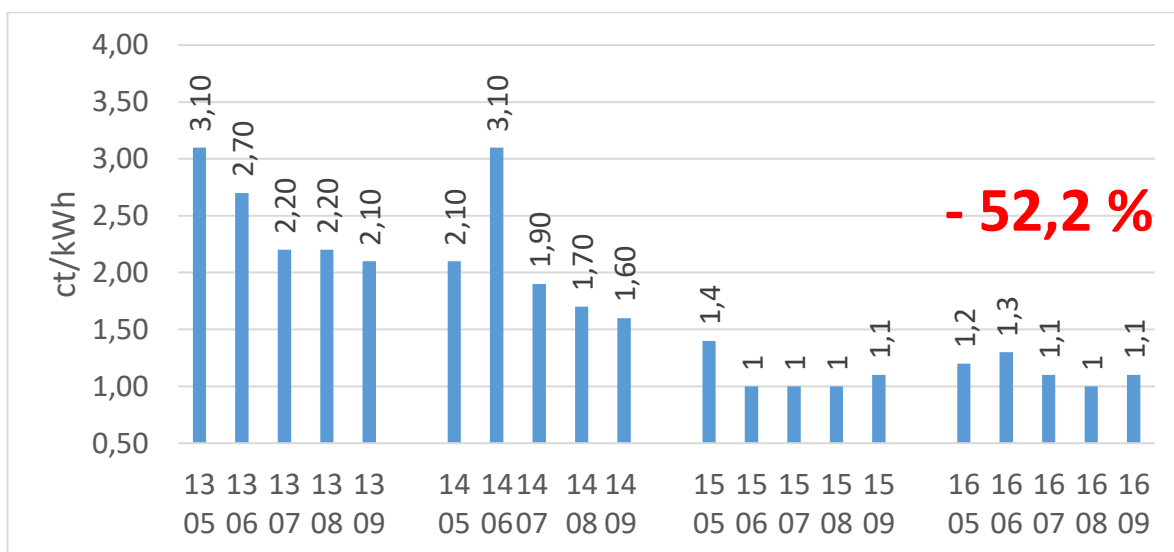
1.14 pav. Planuojami energijos kiekiai iš atliekų deginimo TWh [13]

Apžvelkime kokia nauda pasiekta Lietuvoje, kaip buvo pastatyta pirmoji Baltijos šalyse atliekų deginimo jėgainė Klaipėdoje. Jėgainė pradėjo veikti 2013 metais ir per nepilnus keturis veiklos metus joje buvo sudeginta apie 660 tūks. tonų atliekų bei 300 tūks. tonų biokuro. Iš šio kiekio buvo pagaminta: 1500GWh šilumos bei 500GWh elektros energijos (1.15 pav.).

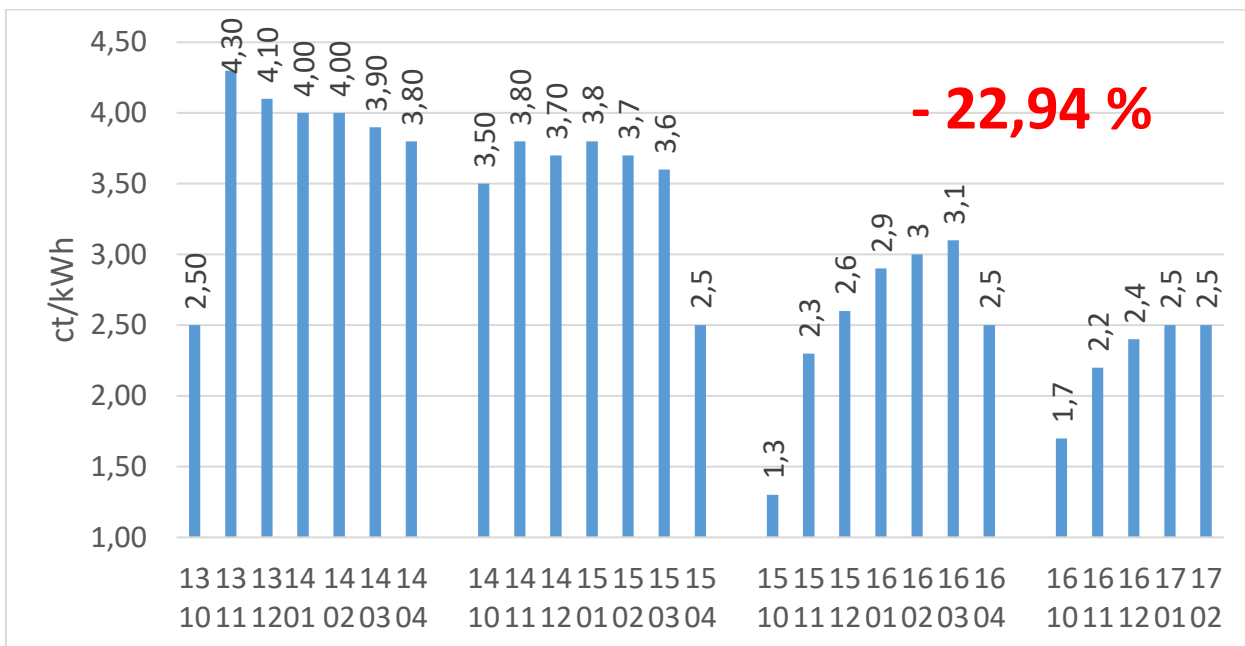


1.15 pav. Atliekų deginimo jėgainės Klaipėdoje pagaminta energija bei sudegintas atliekų kiekis 2013-2016m.

Atsiradusi kogeneracinė jėgainė Klaipėdoje, padidino konkurenciją ir tarp nepriklausomų šilumos tiekėjų. Todėl šilumos kainos tiek vasaros ir žiemos sezonais sumažėjo ženkliai. Kainų kitimo tendencijos šiltuoju ir šaltuoju metų laiku pateiktos 1.16 ir 1.17 paveiksluose.



1.16 pav. Šilumos kainos svyravimas Klaipėdos mieste šiltuoju metų laiku 2013-2016 m. (ct/kWh)

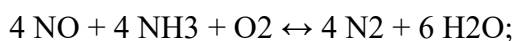


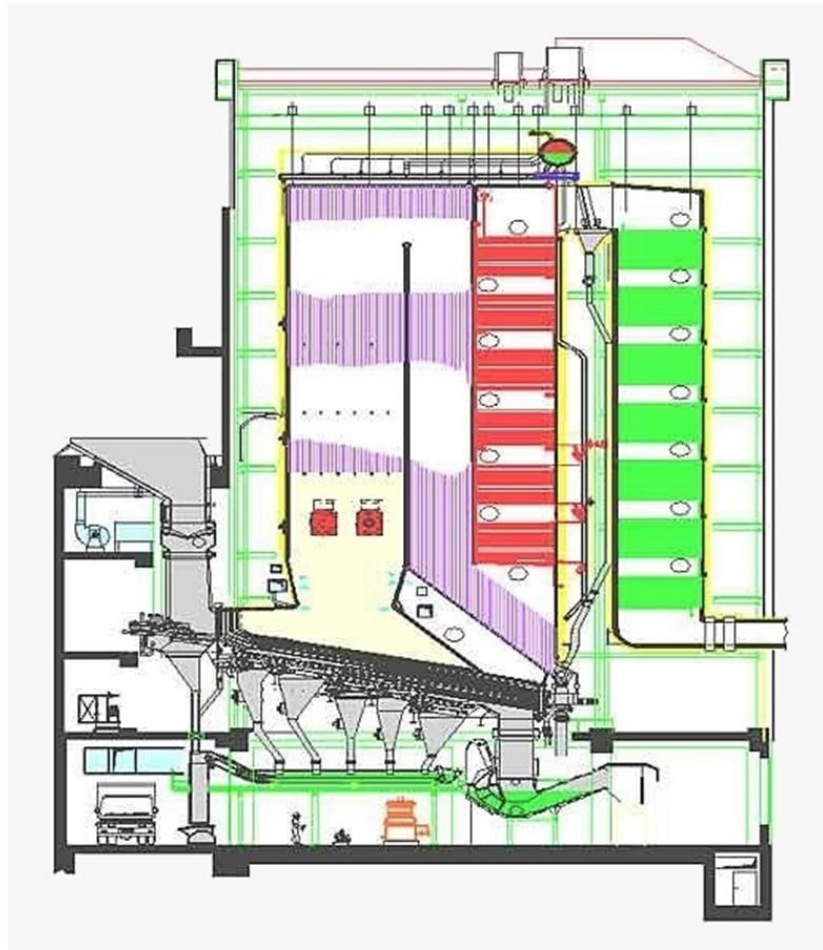
1.17 pav. Šilumos kainos svyravimas Klaipėdos mieste šaltuoju metų laiku 2013-2017 m.
(ct/kWh)

2 ATLIEKŲ DEGINIMO KOGENERACINĖ JĖGAINĖ.

Atliekų deginimo termofikacinė jėgainė Klaipėdoje kuri pradėjo veikti 2013 metais, yra pirmoji tokio tipo jėgainė Lietuvoje, naudojanti atliekas kaip kurą. Įmonės strategijos dalis yra panaudoti atliekas kaip vietinius išteklius bei sumažinti aplinkos taršą, kurią sukelia sąvartynų išskiriamos dujos. Tokiu būdu siekiama kuo mažiau priklausyti nuo iškastinio kuro. Jėgainė padeda spręsti atliekų tvarkymo problemas ir mažina sąvartynuose kaupiamų atliekų kiekį. Klaipėdos miestui (jėgainė pagamina apie 40% viso Klaipėdos miestui reikalingo šilumos kiekio), tiekia elektros energiją, kuri parduodama nacionaliniuose tinkluose.

Jėgainėje sumontuotas būgninio tipo katilas su natūralia cirkuliacija (2.1 pav.). Garui gaminti gaunama energija iš dūminių dujų šilumos. Katilas yra vertikalus (50,8m aukščio), 5zonų su 3 takeliais su 2 maišymo pakopomis ardyno sistemos. Ardynas 12m ilgio ir 10,75m pločio. Kuras: atliekų ir biokuro mišinys nuo 20,4 t/h iki 42 t/h. Jau nuo 2016 metų deginama tik atliekos. Degimas vykdomas 850 – 1100 °C temperatūroje jei temperatūra nukrenta žemiau 850 °C automatiškai yra uždegami pagalbiniai dujiniai degikliai kurių nominali galia 2x30MW. Šildomo paviršiaus plotas be ekonomaizerių: 2873 m² (kas atitinka 7 krepšinio aikštelės). Šiluminė nominali galia 85MW, maksimali 93,5MW. Aštraus garo parametrai: gamyba 108,4 t/h, slėgis 45bar, temperatūra 400 °C. Azoto oksidų (NO_x) mažinimui sumontuotas selektyvus nekatalitinis valymas (SNKV) (angl. SNCR). Procese nenaudojamas katalizatorius. Reakcijos vyksta, esant 850 – 1100 °C temperatūrai. Naudojamas reagentas amoniakinis vanduo:

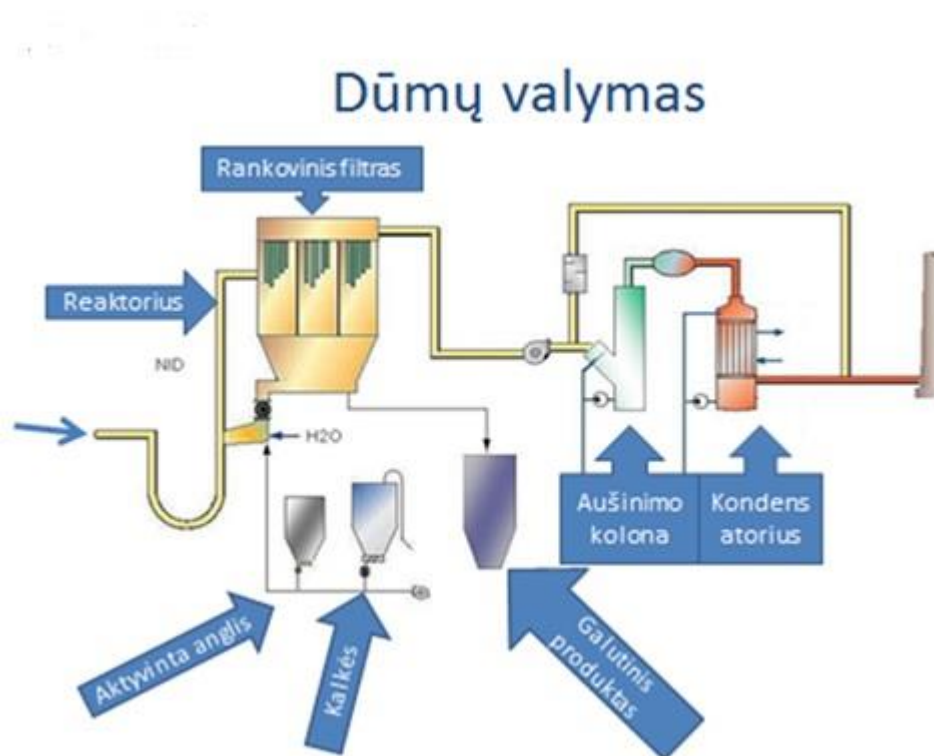




2.1 pav. Natūralios cirkuliacijos būgninio tipo katilo pjūvis

Jėgainėje taip pat sumontuota priešslėginė garo turbina su pramoniniais ir termofikaciniais garo nuėmimais. Turbinos specifikacija: generatoriaus galia: nominali $20,31\text{MW}_e$ maksimali 21MW_e , turbinos greitis 6044 aps/min. Generatoriaus 1500 aps/min., garas: slėgis 45bar temperatūra $400\text{ }^\circ\text{C}$. Svarbu tai, kad turbina geba dirbti „namų“ režimu.

Jėgainėje dūmų valymui sumontuoti reaktoriai (NID) ir rankoviniai filtrai su aušinimo kolona bei kondensatoriumi (2.2 pav.). Kondensatorius naudojamas šildymo sezono metu ir papildomai generuoja 15-20 MW šiluminės energijos.

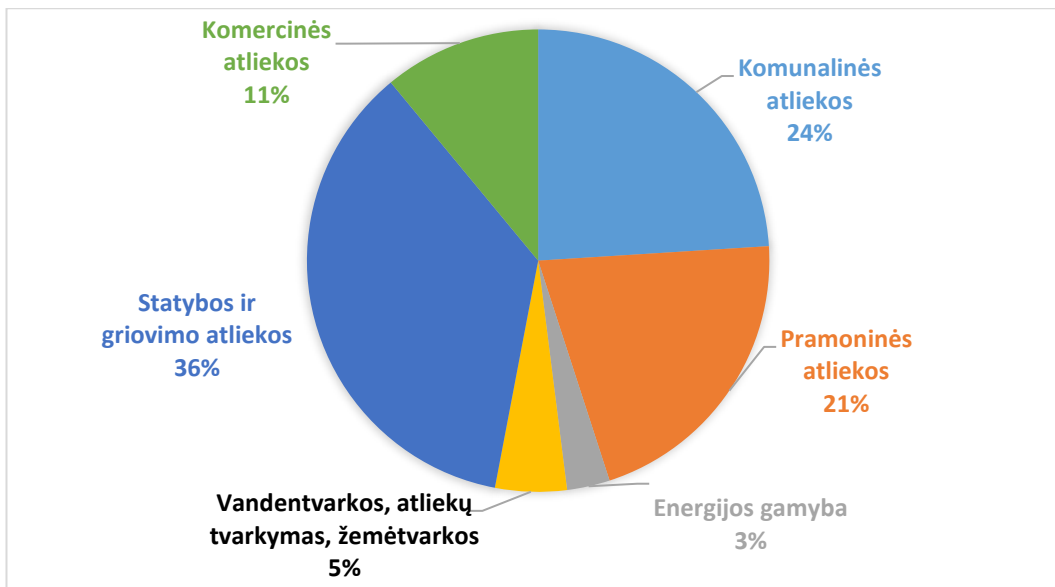


2.2 pav. Atliekų deginimo jėgainės Klaipėdoje dūmų valymo sistema

Kaip sorbentai NID procese naudojami 3 medžiagos: gesintos kalkės, aktyvuota anglis, recirkuliuojamos dulkės iš prapūtimo rankoviniame filtre. Dulkės ir gesintos kalkės yra sumaišomos ir papildomai sudrėkinamos maišyklėje prieš įvedant į reaktorių. Sunkiųjų metalų ir dioksinų atskyrimas vykdomas NID sistemoje. Sunkieji metalai yra iš dūmų yra adsorbuojami kaip kietos dalelės ant dulkių dalelių paviršiaus. Dulkių dalelės su adsorbuotais sunkiaisiais metalais yra atskiriamos rankoviniame filtre. Toliau iš rankovinių filtrų lakieji pelenai pašalinami į pavojingų pelenų silosą. Iš šio siloso pelenai spec. transportu gabenami į Klaipėdos uostą ir išgabenami į Norvegiją tolimesniam jų saugojimui.

2.1 Atliekos – išskirtinis kuras. Jo resursai šiandien ir ateityje

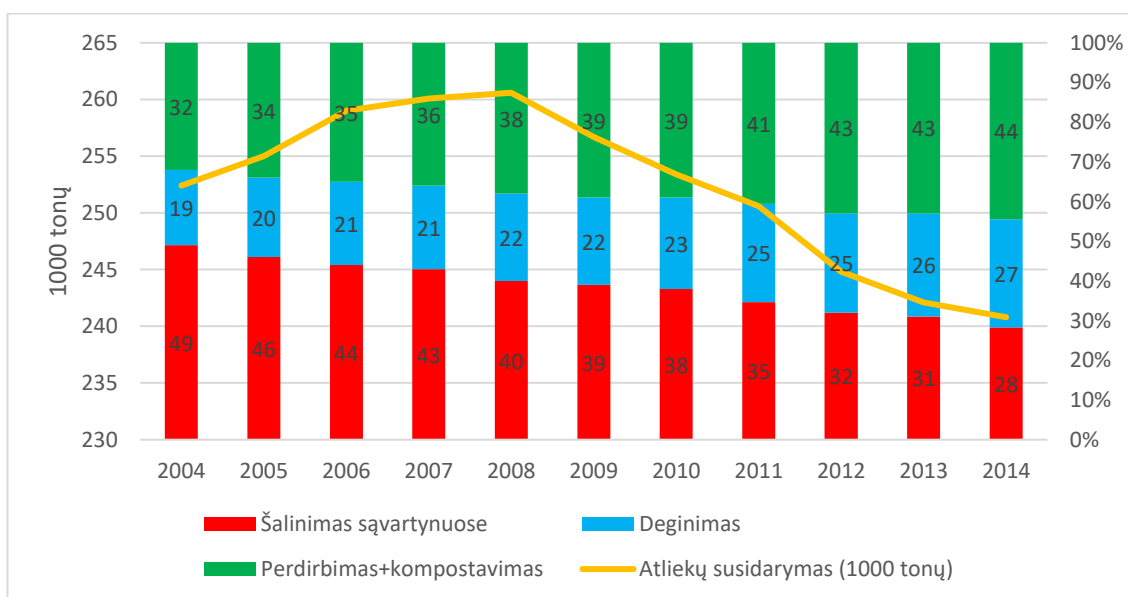
Pagal tarptautinės kietųjų atliekų asociacijos (ISWA) 2015 m. metinio pranešimo duomenis, 2015 metais pasaulinis metinis atliekų kiekis sudaro apie 7-10 milijardus tonų, iš kurių apie 2 milijardai tonų priskiriama komunalinėms atliekoms [14]. Pasiskirstymas pagal atliekų tipus pateikiamas 2.3 paveiksle.



2.3 pav. Metinis pasaulinis atliekų susidarymas pagal jų tipą [14]

Pagal Eurostat 2015 m. duomenis, ES 28 valstybėse narėse susidarė apie 2,5 milijardo tonų atliekų, iš kurių apie 10% (240,6 milijonų tonų) yra komunalinė atliekos (2.4 pav.). Jos išskiriamos dėl savo sudėtingesnės sudėties bei biologinio aktyvumo.

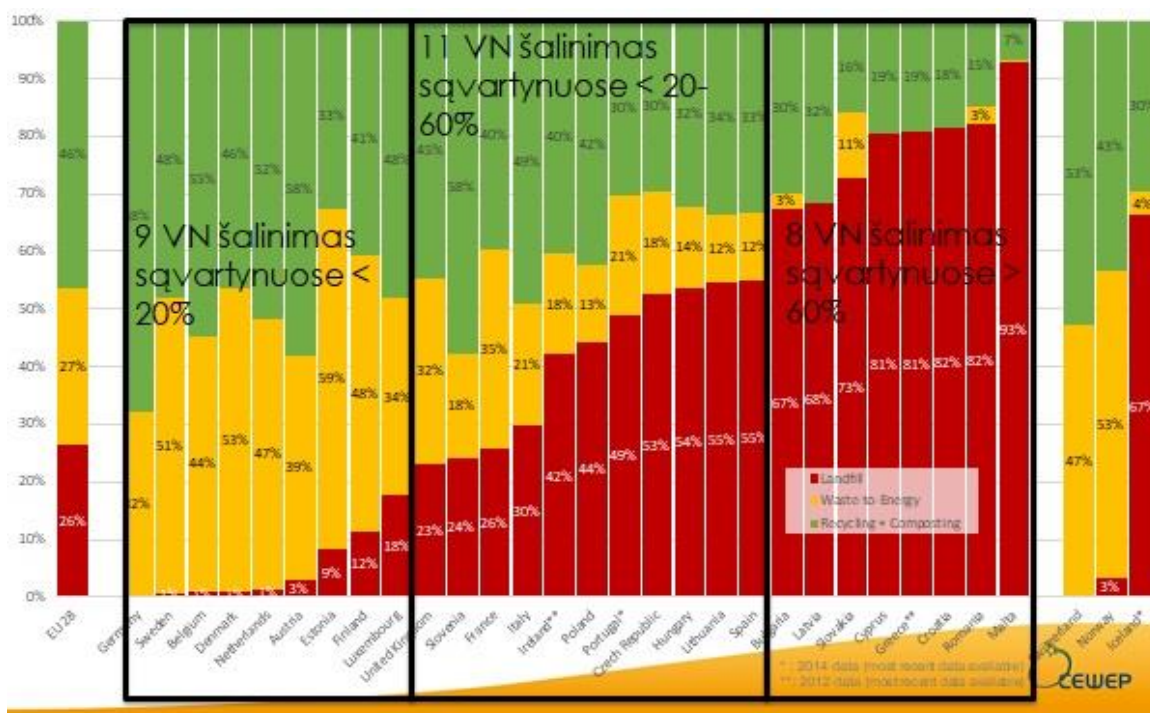
Tik šešiose (Vokietija, Prancūzija, Jungtinė Karalystė, Italija, Ispanija ir Lenkija) iš 28 ES VN komunalinių atliekų susidarymas viršija 10 milijonų tonų per metus. Komunalinių atliekų kiekis, tenkantis vienam gyventojui per metus, visoje ES pasiskirstęs labai nevienodai, pavyzdžiui, 789 kilogramai komunalinių atliekų tenka Danijos gyventojui (tai aukščiausias rodiklis ES), o tik 247 kilogramai tenka Rumunijos gyventojui (tai žemiausias rodiklis ES). ES vidurkis yra 476 kilogramai ES piliečiui, kai lietuviui tenkantis komunalinių atliekų yra 448 kilogramai per metus.



2.4 pav. Komunalinių atliekų susidarymo ir tvarkymo tendencijos ES (2004-2014 m.) [15]

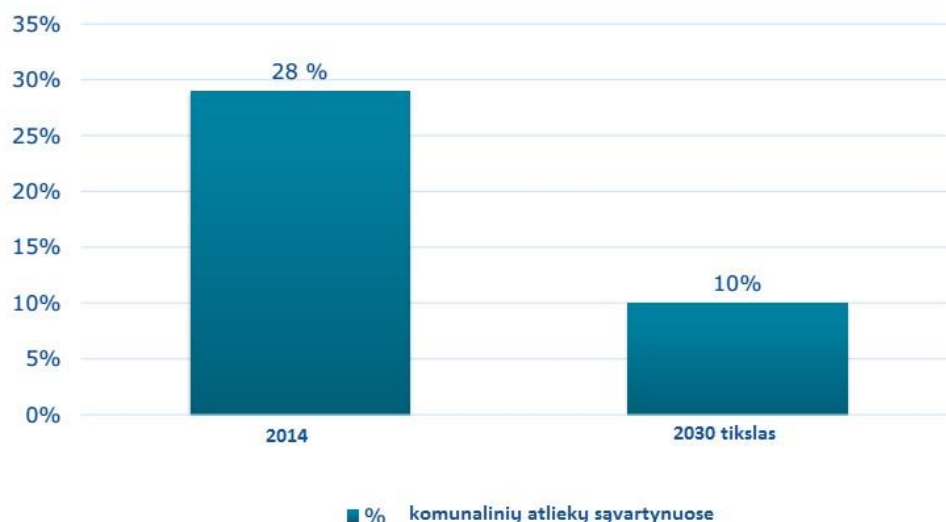
Iš 2.4 paveikslo matyti, kad ES atliekų tvarkymo strategija keitėsi pozityvia linkme, t.y. nuo 2004 metai sąvartynuose šalinamų 49 % komunalinių atliekų iki 2014 metais jau tik 28% . Tuo pat metu lygiagrečiai vystėsi ir komunalinių atliekų perdirbimo bei deginimo technologijų diegimas nuo 2004 m. 32% ir 19% iki 2014 metų 44% ir 27 % atitinkamai.

Žvelgiant į 2.5 paveikslą matome, kad komunalinių atliekų tvarkymo našumas labai skiriasi pavienėse valstybėse. Jei 2015 metų duomenimis buvo valstybių narių, tokių kaip Vokietija, Švedija, Belgija ir kt., kurios pasiekė beveik 100% atliekų perdirbimo ir deginimo normą, bet yra valstybių narių kaip Graikija, Kroatija, Rumunija kurios vis dar sąvartynuose laidoja daugiau kaip 80% komunalinių atliekų.



2.5 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas ES-28 VN 2015m. [12]

2015 m. gruodžio 2 d. Komisija priėmė ES žiedinės ekonomikos veiksmų planą „Uždaro ciklo kūrimas. ES žiedinės ekonomikos veiksmų planas“ (KOM (2015) 614), kuriame pasiūlė pokyčių darbotvarkę, galinčią paskatinti ekonomikos augimą, nukreiptą į tvarių vartojimo ir gamybos modelių puoselėjimą. Taigi Komisija šiame veiksmų plane nustatė sąvartynų viršutines ribas t.y. 10 % maksimali riba bendrų komunalinių atliekų srauto (2.5 pav.), kuris turi būti pasiektas iki 2030 metų. Tai yra teisiškai privalomas tikslas sumažinti atliekų kiekius, keliaujančius į sąvartynus, kurie dar gali būti panaudojami. Pastebėtina, kad tai yra svarbus žingsnis siekiant žiedinės ekonomikos.

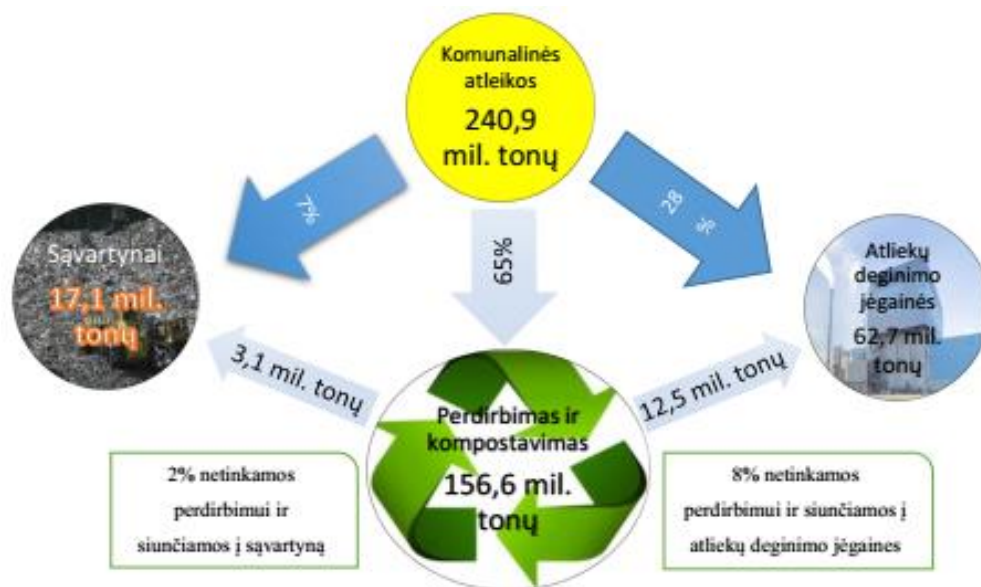


2.5 pav. Komunalinių atliekų laidojimo sąvartynuose tikslai ES

Neseniai Vokietijos energetikos ir aplinkosaugos institutas kartu su Oeko (Öko) institutu atlikto tyrimą, rezultatai rodo, kad „atsisakymas atliekų šalinimo sąvartynuose yra pagrindinis veiksnys, ŠESD mažinimo atliekų tvarkymo sektoriuje“. Tyrimo metu apskaičiuota, kad jei visiškai būtų atsisakyta komunalinių atliekų šalinimo sąvartynuose, iki 2030 metų ES-28 VN gali būti sutaupyti 92 milijonai tonų CO₂ dujų [16].

ES žiedinės ekonomikos veiksmų plane buvo atnaujinti ir komunalinių atliekų perdirbimo tikslai kurie buvo nurodyti pagrindinėje atliekų tvarkymo direktyvoje 2008/98/EC. Atnaujinti tikslai komunalinėms atliekoms yra:

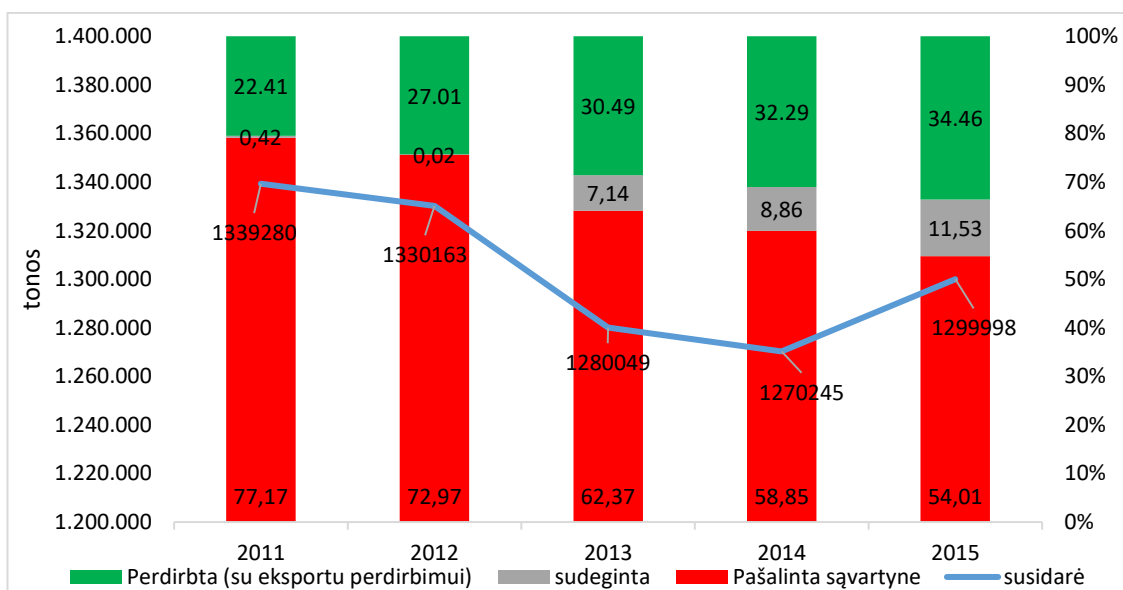
- 60% komunalinių atliekų paruošiamos pakartotiniam naudojimui ir perdirbamos iki 2025 metų.
- 65% komunalinių atliekų paruošiama pakartotiniam naudojimui ir perdirbamos iki 2030 metų.



2.6 pav. ES komunalinių atliekų srautai su žiedinės ekonomikos tikslais 2030 m. [13]

Naudojantis Eurostat 2014 metų duomenimis, įvertinus žiedinės ekonomikos tikslus 2030 metams, sudaryta ES-28 VN komunalinių atliekų srautų diagrama (2.6 pav). Iš paveikslo matyti, kad 65% (156,6 milijonai tonų) komunalinių atliekų būtų perdirbamos ir kompostuojamos, iš kurių: 8% atliekų būtų atmetamos kaip netinkamos rūšiavimui ir keliauja į atliekų deginimo jėgaines, dar 2% atliekų po rūšiavimo, tai daugumoje inertinės medžiagos keliauja į sąvartynus. Remiantis pateiktais faktais teigiama, kad 2030 m. reikalingi atliekų deginimo jėgainių pajėgumai sudarytų 79,9 milijonus tonų. Būtina atkreipti dėmesį, kad ne tik komunalinės, bet ir pramoninės atliekos yra deginamos jėgainėse. Todėl realiai deginimo pajėgumai turėtų būti didesni.

Toliau apžvelgsiu atliekų tvarkymo situaciją Lietuvoje. Aplinkos apsaugos agentūros (AAA) duomenimis, 2015 metais Lietuvoje komunalinių atliekų susidarė apie 1,3 milijono tonų.



2.7 pav. Komunalinių atliekų tvarkymas Lietuvoje (2011-2015 m.) [17]

Kaip matome iš pateikto grafiko (2.7 pav.), vis dar 54% (t.y. 702 tūks. tonų) komunalinių atliekų yra laidojama sąvartynuose, ir tokiu būdu teršiama gamta, ir švaistomi energetiniai ištekliai. Pastebėtina, kad tik 11,5 % (150 tūkstančių tonų) atliekų paverčiama energija.

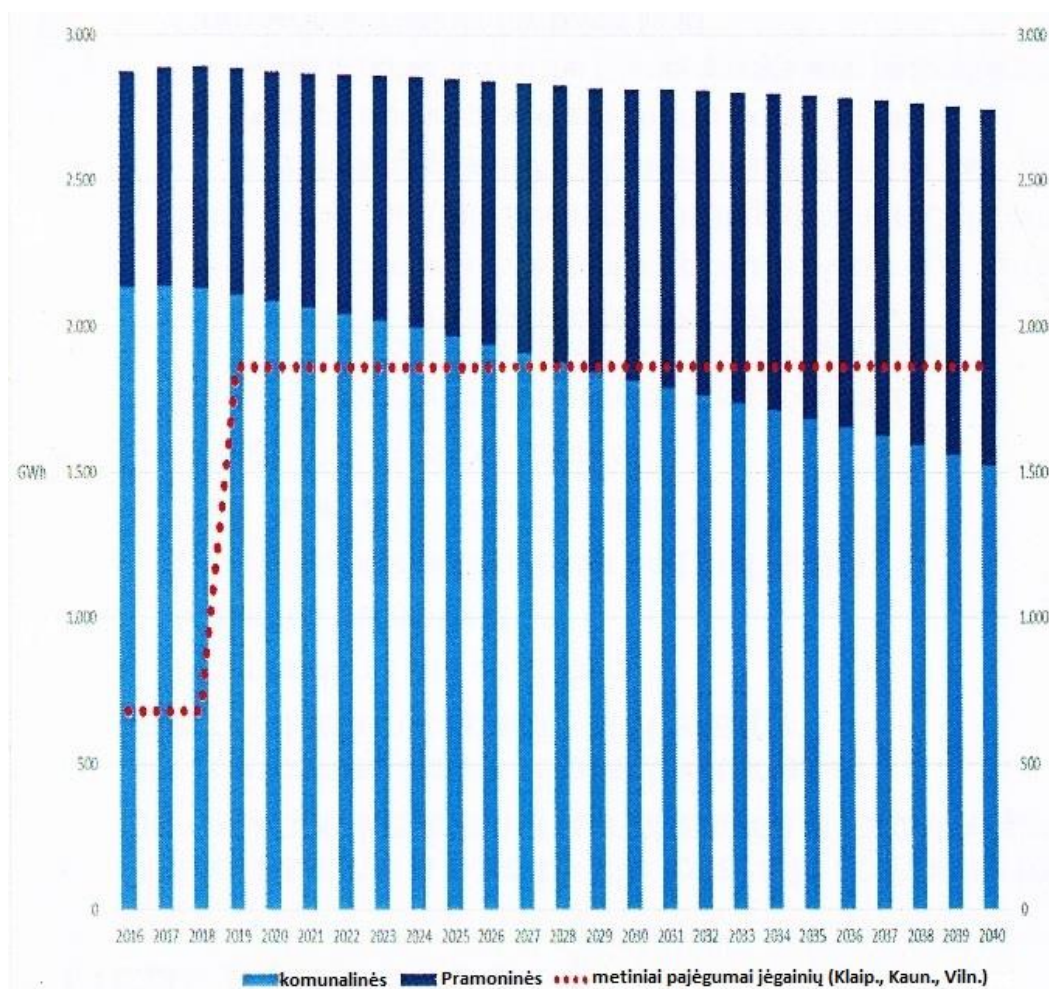
Esant tokiai situacijai atliekų tvarkymo sektoriuje, buvo pradėtos diskusijos dėl reikalingo papildomo kiekio atliekų deginimo pajėgumų. Vieningai buvo pritarta bei gautas ES finansavimas atliekų deginimo jėgainės statybai Vilniuje, kuri turėtų sudeginti apie 160 tūks. tonų išskirtinai tik komunalinių atliekų. Tačiau labai skirtingai pasiskirstė nuomonės dėl Kauno atliekų deginimo jėgainės poreikio, kurioje planuojama sudeginti apie 200 tūks. tonų atliekų, įskaitant pramonines ir nuotekų valymo dumblą. Buvo teigiama, kad Kauno jėgainei gali pritrūkti atliekų.

Kaip jau ankščiau minėta, 65% komunalinių atliekų iki 2030 metų turi būti perdirbamos ir Lietuva privalo laikytis šios užduoties. Valstybinis atliekų tvarkymo 2014-2020 metų planas (patvirtintas 2014 m. balandžio 16 d. LR Vyriausybės nutarimu Nr. 366) numato teisinėmis ir ekonominėmis priemonėmis skatinti kitokį atliekų naudojimą ir taip mažinti atliekų keliamą pavojų aplinkai ir visuomenės sveikatai. Vienas pagrindinių strateginių atliekų tvarkymo iki 2020 m. tikslų - mažinti sąvartynuose šalinamų atliekų kiekį, plėtojant racionalų atliekų medžiaginių ir energinių išteklių naudojimą.

Vadovaujantis valstybiniu atliekų tvarkymo 2014-2020 metų plane pateiktais duomenimis (priedas Nr.1) nurodoma, kad komunalinių atliekų 2020 metais susidarys apie 1,4 milijono tonų. Tačiau ankščiau pateiktame grafike (2.7 pav.) matome, kad Lietuvoje susidarantis vidutinis kiekis komunalinių atliekų svyruoja ties 1,3 milijono tonų riba. Šis kiekis buvo priimtas ir vadovaujantis LR aplinkos ministro Kęstučio Navicko informaciniame rašte (Nr.(17-2)-D8-709) (priedas Nr.2) LR seimo energetikos komisijai, kuriame nurodoma, kad 2030 metais Lietuvoje komunalinių atliekų susidarys apie 1,3 milijono tonų iš kurių 65% (845 tūks. tonų) bus perdirbtos bei kompostuotos. Deginimui atliks apie 390 tūks. tonų atliekų, tačiau rašte teigiama, kad dar atliks apie 60 tūks. tonų pakuočių po rūšiavimo, kurios netinkamos perdirbimui ir galės būti sudeginamos atliekų deginimo jėgainėse.

Tačiau reikia įvertinti pramonės ir kituose ūkinės veiklos sektoriuose susidaranti atliekas. Nacionalinėje šilumos ūkio plėtros 2015–2021 metų programoje teigiama, kad „įvertinus atliekų perdirbimo galimybes pagal geriausius ES valstybių narių rodiklius ir taikomas technologijas, prognozuojama, kad 2021 metais iš perdirbti netinkamų energinę vertę turinčių komunalinių, pramonės ir kituose ūkinės veiklos sektoriuose susidarantių atliekų, bus galima pagaminti 700–900 tūkst. tonų kietojo atgautojo kuro. Konservatyviu požiūriu, kietojo atgautojo kuro ir kitų energijai gaminti tinkamų atliekų energinis potencialas 2020 metais Lietuvoje sudarys 150–210 tūkst. tne, arba 1,7–2,4 TWh“ [18].

„SWECO Lietuva“ 2015 m. gegužės mėn. parengtoje ataskaitoje „Lietuvoje susidarančių energijos gamybai tinkamų atliekų kiekių ir jų energetinio potencialo vertinimas“ teigiama, kad bendras iš komunalinių, gamybos ir pakuočių atliekų pagaminto kuro kiekis Lietuvoje per metus gali siekti apie 0,9-1 mln. tonų, o jo energetinis potencialas gali sudaryti apie 2,7-3,0 TWh/m (2.8 pav.). Nurodyti kuro kiekiai yra pakankami eksploatuoti 350-380 MW bendro galingumo atliekų deginimo įrenginius, kurių metinis apkrovimas sudarytų ne mažiau 8 tūkst. val. per metus [19].



2.8 pav. Potencialas komunalinių ir pramoninių atliekų deginimo jėgainėms Lietuvoje, GWh [19]

„Lietuvos energija“ prognozuoja, kad 2020 m. apie 0,54 mln. tonų tik deginti tinkamų komunalinių atliekų susidarys vien MBA įrenginiuose, o 2030 m. susidarys apie 0,83 mln. tonų netinkamų perdirbti atliekų, iš kurių 0,43 mln. tonų bus komunalinės kilmės ir apie 0,4 mln. tonų – pramoninės kilmės. Tai reiškia, kad planuojamų deginimo pajėgumų bus ne per daug, o pritrūks.

Tame pačiame LR aplinkos ministro Kęstučio Navicko informaciniame rašte (Nr.(17-2)-D8-709) (priedas Nr.2) LR seimo energetikos komisijai, minimas ir džiovinto dumblo panaudojimo galimybės. Jau dabar Lietuvoje yra sukaupta apie 110 tūkst. tonų džiovinto dumblo,

kurio sausos masės kaloringumas lygus apie 11MJ/kg. Per metus papildomai susikaupia dar 30–40 tūkst. tonų. Dumblą optimalu pūdyti ir išgauti biogujas. Jomis galima išdžiovinti likusią dumblo masę, kuri bus tinkama deginti žaliava.

Remiantis Vokietijos, Švedijos, kitų šalių patirtimi atliekų deginimas neužkerta kelio pasiekti perdirbimo tikslų. Tarkime, Vokietija jau šiandien yra beveik pasiekusi dar tik planuojamą 2030 m. europinį tikslą – perdirba beveik 65% atliekų, nors degina beveik 35% komunalinių atliekų.

3 TERMODINAMINĖ JĖGAINĖS ANALIZĖ

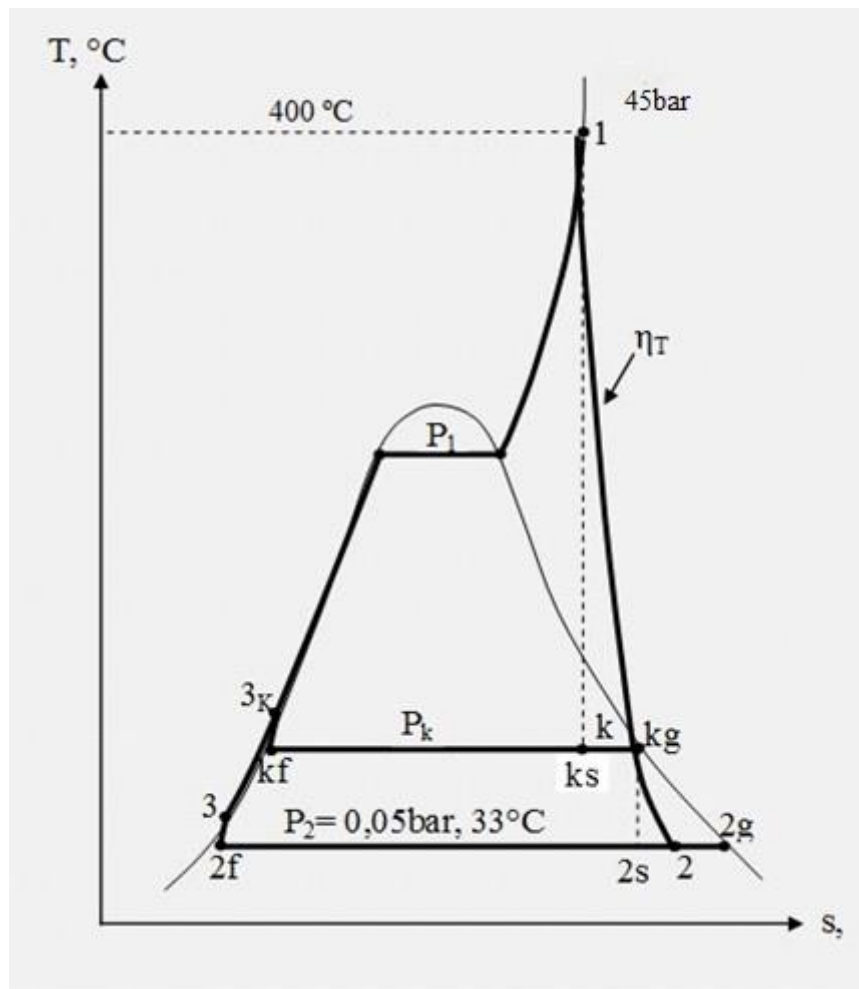
Taigi įmonė, siekianti pelningai dirbti gamindama šilumą ir elektrą projektuojamoje kogeneracinėje atliekų deginimo jėgainėje, turi atlikti detalią tiek termodinaminę, tiek ir ekonominę analizę, įvertinti kainų dinamiką ir perspektyvas, taip pat galimybę gauti paramą tokios jėgainės statybai.

Tarkime Kaune yra planuojama statyti atliekų deginimo kogeneracinę jėgainę, kurios planuojama centralizuotam šilumos tiekimu yra 50MW. Tokio galingumo garo ciklo jėgainės nepasižymi aukštu efektyvumu. Be to, efektyvumą mažina tai, kad degindami atliekas negalime pasiekti aukštos garo temperatūros prieš turbiną. Tai savo ruožtu mažina ir garo slėgį prieš turbiną, nes didesnis slėgis sukuria pavojų turbinos efektyvumui: esant žemai temperatūrai ir aukštam slėgiui, po turbinos gauname didelį drėgno garo kiekį sraute, kas reiškia, kad vandens rūkas jau pereina į lašelius, kurie sukuria turbinos eroziją. Leidžiama ne daugiau kaip 10 procentų drėgno garo turbinos gale. Tik toks drėgno garo kiekis sraute po turbinos leidžia turbinai ilgai ir patikimai dirbti (senose jėgainėse dar numatytas tarpinis skysčio atskyrimas nuo garo toje turbinos zonoje, kur jis peržengia pavojingą drėgmės kiekį).

Siekiant efektyvaus ir patikimo garo turbinos darbo, reikia rasti tokius garo parametrus prieš turbiną, kad po išsiplėtimo negautume per didelio drėgno garo kiekio. Vieną iš parametru – temperatūrą – didele dali apsprendžia pačios katilinės specifika ir joje pasiekiamą temperatūrą.

Atliekų deginimo jėgainės trūkumai yra, kad susidaro užterštos ir ėsdinančios išmetamosios dujos, kurios reikalauja papildomo išmetamųjų dujų apdorojimo. Taip pat po išmetamųjų dujų apdorojimo generuojami atliekantys produktai, kurie yra klasifikuojami kaip pavojingos atliekos. Dėl korozijos poveikio, daugiausiai dėl chloridų, išmetamosiose dujose, ribojami leidžiami garo parametrai: 40 – 65 bar ir 400 - 450 °C temperatūra. Todėl ir elektros gamybos efektyvumas yra maždaug 20 - 30%.

Atliekos nepasižymi dideliu kaloringumu ir aukšta degimo temperatūra dėl didelio jame esančio vandens kiekio. Todėl garo temperatūra prieš turbiną 400-450 °C yra aukščiausia atliekų deginimo jėgainėse. Priimkime, kad mūsų atveju ši temperatūra yra 400 °C, tai yra tokia pati kaip ir analizuojamos atliekų deginimo jėgainės, o garo slėgis 45 bar, kaip ir jau esamos Klaipėdoje atliekų deginimo jėgainės.



3.1 pav. Vandens garo ciklas T – s diagramoje.

3.1 Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneraciniam režimui įprastinėmis sąlygomis

Kogeneracinis režimu vadinama šiluminės ir elektros energijos gamyba vienu metu, kuomet abi energijos rūšys yra panaudojamos, taip pasiekiant didesnę efektyvumą. Kogeneracinėse jėgainėse pagaminta perteklinė šiluma yra suvartojama centralizuotam šildymui. Įprastinės sąlygos tai šildymo sezonas, kai miesto centralizuoto šildymo tinklų šilumos poreikis yra didesnis, nei jėgainėje pagaminamas šilumos kiekis. Svarbi detalė esamo laikmečio vidutinė aplinkos oro temperatūra su $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūriniu nuokrypiu, nes pagal aplinkos oro temperatūrą centralizuoto šildymo tinklų operatorius užduoda termofikacinio vandens tiekiamo į šilumos tinklus temperatūrą, kuri kaip matysime tolimesniuose skaičiavimuose daro įtaką ciklo termodinaminiam efektyvumui.

Jėgainės realūs parametrai:

$$T_1 = 400^{\circ}\text{C}; p_1 = 45\text{ bar}; T_k = 62^{\circ}\text{C}; p_k = 0,22\text{ bar}; T_{lauko} = 2^{\circ}\text{C}; g = 30,00 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

$$\eta_{iz} = 0,82; \eta_s = 0,80$$

Naudodamiesi CoolPack programa (3.2 pav.) randame pagrindinius ciklo taškų termodinaminius parametrus:

$$h_1 = 3204,32 \frac{kJ}{kg}; s_1 = s_{ks} = 6704,36 \frac{J}{kgK}; h_{kf} = 260,26 \frac{kJ}{kg}; s_{kf} = 858,25 \frac{J}{kgK};$$

$$h_{kg} = 2612,74 \frac{kJ}{kg}; s_{kg} = 7877,42 \frac{J}{kgK};$$

Entropija s_1 yra tokia pati, kaip ir taške ks , nes šis taškas yra pagalbinis arba teorinis taškas.

Apskaičiuojame garo entalpiją h_{ks} bei kitus parametrus:

$$h_{ks} = h_{kf} + (h_{kg} - h_{kf}) * \frac{s_{ks} - s_{kf}}{s_{kg} - s_{kf}}; \quad (3.1)$$

$$h_{ks} = 260,26 + (2612,74 - 260,26) * \frac{6704,36 - 858,25}{7877,42 - 858,25} = 2212,82 \text{ kJ/kg}$$

Šioje formulėje entropijų skirtumų santykis $\frac{s_{ks} - s_{kf}}{s_{kg} - s_{kf}}$ yra garo sausumo laipsnis x .

Garų sausumo laipsnis, kurį galime rasti pagal parašytą entropijų skirtumų santykį, šiuo atveju yra $x=0,83$. Jis didesnis nei leidžiama, tačiau jis yra teorinis, priimant, kad išsiplėtimas yra izoentropinis. Realiai dėl įvairių nuostolių turbinoje išsiplėtimas vyksta politropiškai, kurio neefektyvumą (arba proceso negrįžtamumą) apsprendžia taip vadinamas turbinos izoentropinis efektyvumo koeficientas. Šis koeficientas yra turbinos charakteristika prie tam tikrų konkrečių darbo sąlygų, kurių reikia laikytis jėgainės eksploatavimo metu. Jį pateikia turbinų gamintojas. Paprastai tokio galingumo turbinos nepasižymi labai aukštu naudingumu (jis šiandien jau pasiekiamas 0,91, o laboratorijose jau 0,92), tačiau nėra ir žemas, kaip mikroturbinų atveju (0,6-0,7). Gamintojas nurodė, kad $\eta_{iz} = 0,82$ (gamybininkai šį koeficientą vadina elektrinės dalies NVK).

Vanduo į tašką 3k patenka dėl izoentropinio spaudimo, entalpija h_{3k} išreiškia vandeniui suspausti reikalingą darbą įvertinus siurblių efektyvumą :

$$h_{3k} = h_{kf} + v_{kf} * \frac{\Delta p_k}{\eta_s}; \quad (3.2)$$

$$h_{3k} = 260,26 * 10^5 + 0,001 * \frac{(45 * 10^5 - 0,22 * 10^5)}{0,80} = 265,86 \text{ kJ/kg}$$

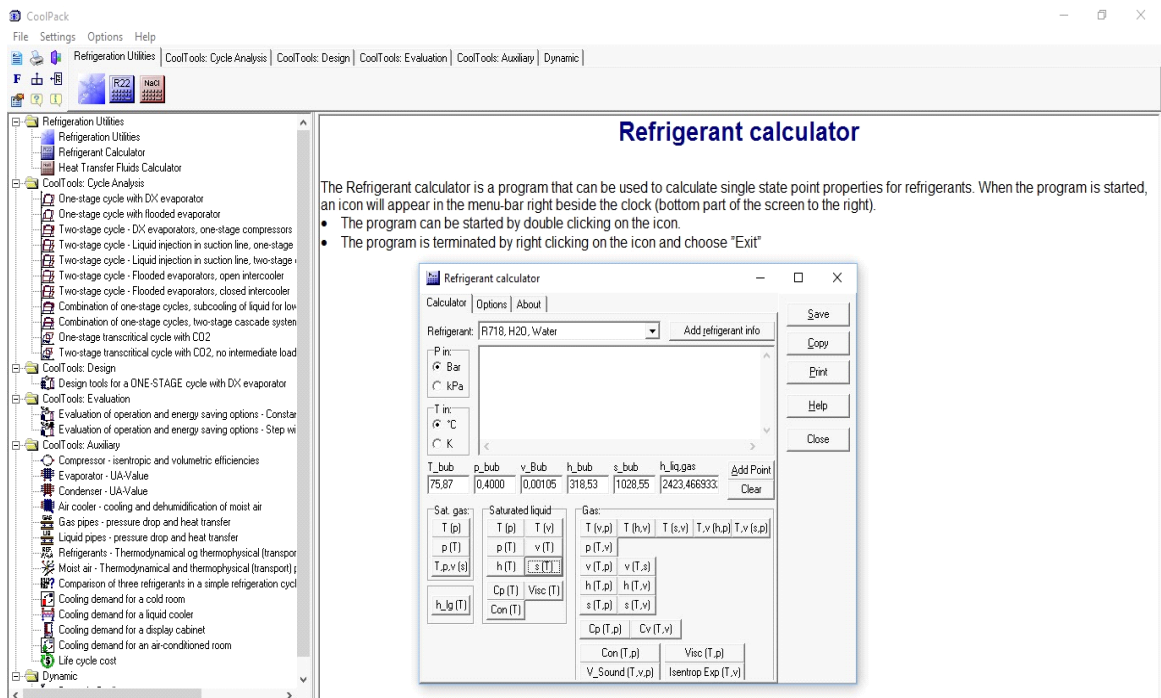
Dabar pagal energijos balanso lygtį išsiplėtimo procesui:

$$h_1 - h_k = (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz}; \quad (3.3)$$

Randame garo entalpiją po turbinos h_k :

$$h_k = h_1 - (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz}; \quad (3.4)$$

$$h_k = 3204,32 - (3204,32 - 2212,82) * 0,82 = 2391,29 \text{ kJ/kg}$$



3.2 pav. Coolpack modeliavimo programa

Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneracinio ciklo atveju:

$$\eta_T = \frac{(h_1 - h_k) - (h_{3k} - h_{kf})}{h_1 - h_{3k}}; \quad (3.5)$$

$$\eta_T = \frac{(3204,32 - 2391,29) - (265,86 - 256,05)}{3206,11 - 265,86} = 0,2754 (27,54\%)$$

3.2 Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneraciniam režimui esant žemai lauko temperatūrai

Praeitame paragrafe minėta, kad šildymo sezono metu kintant aplinkos temperatūrai centralizuoto šildymo tinklų operatorius užduoda termofikacinio vandens tiekiamo į šilumos tinklus temperatūrą. Šiame atvejuje aplinkos lauko temperatūra yra gerokai žemesnė nei vidutinė šio laikmečio temperatūra, todėl centralizuoto šildymo tinklų operatorius vadovaudamasis tiekiamo termofikacinio vandens į miesto centralizuoto šildymo tinklus grafiku (priedas Nr.3), didina paduodamo termofikacinio vandens temperatūrą. Padidinus tiekiamo termofikacinio vandens temperatūrą, taip pat padidėja ir grįžtančio iš miesto termofikacinio vandens temperatūra. Dėl aukštesnės grįžtančio termofikacinio vandens temperatūros kuris cirkuliuoja termofikacinio vandens pašildytuvuose (TVŠ) ir sukyla po turbinos atidirbusio garo kondensacijos slėgis bei temperatūra. Atlikus skaičiavimus bus nustatyta kokia sukilusio kondensacijos slėgio bei temperatūros įtaka ciklo termodinaminiam efektyvumui.

Jėgainės realus parametrai:

$$T_1 = 400^\circ\text{C}; p_1 = 45\text{bar}; T_k = 92^\circ\text{C}; p_k = 0,76\text{bar}; T_{\text{lauko}} = -14^\circ\text{C}; g = 30,00 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

$$\eta_{iz} = 0,82; \eta_s = 0,80$$

Naudodamiesi CoolPack programa analogiškai randame pagrindinius ciklo taškų termodinaminius parametrus:

$$h_1 = 3204,32 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; s_1 = s_{ks} = 6704,36 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}; h_{kf} = 386,16 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; s_{kf} = 1217,87 \frac{\text{J}}{\text{kgK}};$$

$$h_{kg} = 2663 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; s_{kg} = 7453,22 \frac{\text{J}}{\text{kgK}};$$

Entropija s_l yra tokia pati, kaip ir taške ks , nes šis taškas yra pagalbinis arba teorinis taškas.

Apskaičiuojame garo entalpiją h_{ks} pagal (3.1) formulę bei kitus parametrus analogiškai prieš tai skaičiuojam režimui:

$$\begin{aligned} h_{ks} &= h_{kf} + (h_{kg} - h_{kf}) * \frac{s_{ks} - s_{kf}}{s_{kg} - s_{kf}} = 386,16 + (2663 - 386,16) * \frac{6716,75 - 1217,87}{7453,22 - 1217,87} \\ &= 2389,78 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

Šioje formulėje entropijų skirtumų santykis $\frac{s_{ks}-s_{kf}}{s_{kg}-s_{kf}}$ yra garo sausumo laipsnis x .

Garų sausumo laipsnis, kurį galime rasti pagal parašytą entropijų skirtumų santykį, šiuo atveju yra $x=0,88$. Jis jau artimas leidžiamam garo sausumui, tačiau jis yra teorinis, priimant, kad išsiplėtimas yra izoentropinis. Realiai dėl įvairių nuostolių turbinoje išsiplėtimas vyksta politropiškai, kurio neefektyvumą (arba proceso negrižtamumą) apsprendžia turbinos izoentropinis efektyvumo koeficientas. Šis koeficientas yra turbinos charakteristika prie tam tikrų konkrečių darbo sąlygų, kurių reikia laikytis jėgainės eksploatavimo metu. Jį pateikia turbinų gamintojas. Paprastai tokio galingumo turbinos nepasižymi labai aukštu naudingumu (jis šiandien jau pasiekiamas 0,91, o laboratorijose jau 0,92), tačiau nėra ir žemas, kaip mikroturbinų atveju (0,6-0,7). Gamintojas nurodė, kad $\eta_{iz} = 0,82$ (gamybininkai šį koeficientą vadina elektrinės dalies NVK).

Entalpija h_{3k} paskaičiuojame pagal (3.2) formulę, kuri išreiškia vandeniui suspausti reikalingą darbą įvertinus siurblių efektyvumą :

$$h_{3k} = h_{kf} + v_{kf} * \frac{\Delta p_k}{\eta_s} = 386,16 * 10^3 + 0,001 * \frac{(45 * 10^5 - 0,76 * 10^5)}{0,80} = 391,69 \text{ kJ/kg}$$

Dabar pagal energijos balanso lygtį išsiplėtimo procesui:

$$h_1 - h_k = (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz}$$

Randame garo entalpiją po turbinos h_k pagal (3.4) formulę:

$$h_k = h_1 - (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz} = 3204,32 - (3204,32 - 2389,78) * 0,82 = 2536,40 \text{ kJ/kg}$$

Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneracinio ciklo atveju apskaičiuojamas pagal (3.5) formulę:

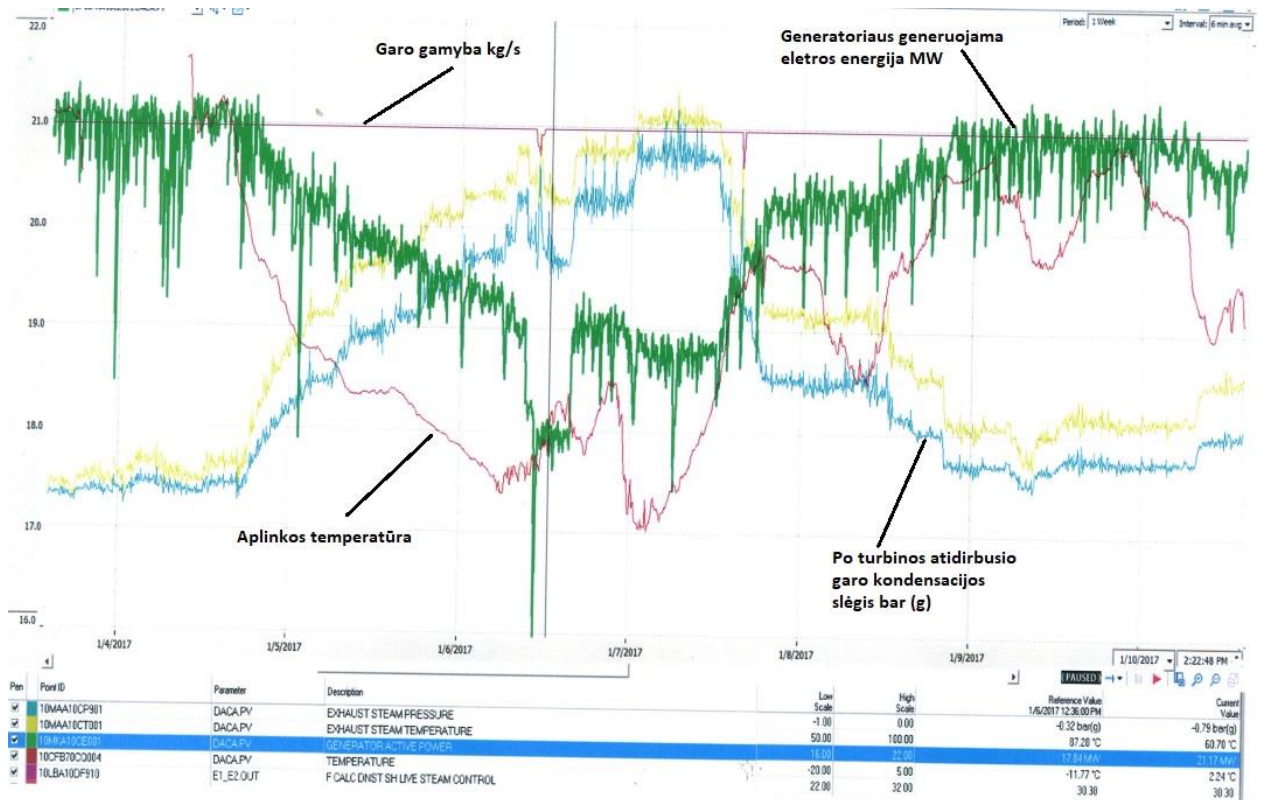
$$\eta_T = \frac{(h_1 - h_k) - (h_{3k} - h_{kf})}{h_1 - h_{3k}} = \frac{(3204,32 - 2536,40) - (391,96 - 386,16)}{3204,32 - 391,96} \\ = 0,2355(23,55\%)$$

Atlikus skaičiavimus matome, kad ciklo termodinaminis efektyvumas stipriai sumažėja dėl išaugusio po turbinos atidirbusio garo galinio slėgio ir temperatūros.

Minėto efektyvumo svyravimus fiksuoja ir įmonės aparatūra. Pateiktame grafike (3.3 pav.) matome savaitės duomenų kitimą. Rožine spalva grafike atvaizduojama garo gamyba kuri praktiškai nekinta visą analizuojamo periodą ir yra 30kg/s. Raudona spalva grafike atvaizduota aplinkos temperatūra. Per analizuojamą laikotarpį ji kito plačiose ribose nuo pliusinės temperatūros (2017 01 05 diena +2 °C) iki šalčio bangos (2017 01 07 -14 °C). Žalia spalva atvaizduotas generatoriaus generuojama elektros energijos kiekis. Kaip matome per analizuojamą savaitę generatoriaus generuojama galia kito nuo 21 MW iki 18MW. Žydra ir geltona spalvomis atvaizduotos atitinkamai atidirbusio garo kondensacijos slėgis ir temperatūra.

Žvelgiant į grafiką matome, kad mažėjant aplinkos temperatūrai mažėja ir generatoriaus generuojamos elektros energijos kiekis, o tuo pačiu kyla po turbinos atidirbusio garo temperatūra bei slėgis. Kaip jau anksčiau minėta, kad keičiantis aplinkos temperatūrai šiuo atveju mažėjant aplinkos temperatūrai, centralizuoto šildymo tinklų operatorius didina paduodamo termofikacinio vandens temperatūrą. Iš priedo Nr.3 pateikto termofikacinio vandens temperatūrinio grafiko matome, kad termofikacinio vandens temperatūros užduotis kinta ženkliai. Jei esant 0 °C aplinkos temperatūrai termofikacinio vandens užduota tiekti į miestą temperatūra yra 75,3 °C, o iš miesto grįžtančio termofikacinio vandens temperatūra yra apie 43 °C. O kai aplinkos temperatūra yra -14 °C užduota termofikato temperatūra yra apie 107 °C, o iš miesto grįžta apie 55 °C termofikacinis vanduo.

Atlikti skaičiavimai ir pateiktas grafikas rodo (3.3 pav.), kad blogėjant kondensacijai (išauga atidirbusio garo kondensacijos slėgis ir temperatūra) termofikacinio vandens pašildytuvuose (TVŠ), dėl padidėjusios grįžtamo termofikacinio vandens temperatūros, prastėja ir ciklo termodinaminis efektyvumas, o taip pat ir elektros energijos generacija.



3.3 pav. Elektros energijos generacijos priklausomybė nuo kondensacijos slėgio bei aplinkos temperatūros

3.3 Ciklo termodinamis efektyvumas esant aukštai aplinkos temperatūrai. Problemos analizė.

Jėgainė dirba dalinai kogeneraciniu režimu, nes jau nešildymo sezonas. Būtent tokiu režimu jėgainė dirba vasarą, kai šilumos poreikis yra kelis kartus mažesnis už pagamintą kiekį. Didžiąją dalį šilumos reikia nuvesti į aplinką orinių aušintuvų pagalba. Efektyviausiai šis režimas funkcionuoja tuomet, kai oro aušintuvai užtikrina tokią galią, kuri nepadidina slėgio TVŠ, kuriuose yra šildomas termofikacinis vanduo. Tačiau vasaros sezono metu kai laikmečio temperatūros viršija vidutinę aplinkos temperatūra ir yra apie 25 °C, prastėja aušintuvų galios ir jų darbo efektyvumas. Plačiau aušintuvų įtaka jėgainės darbui bus aptarta kitame skyriuje.

Jėgainės realūs parametrai:

$$T_1 = 400^{\circ}\text{C}; p_1 = 45\text{bar}; T_k = 63^{\circ}\text{C}; p_k = 0,23\text{bar}; T_{\text{lauko}} = 25^{\circ}\text{C}; g = 27,00 \frac{\text{kg}}{\text{s}};$$

$$\eta_{iz} = 0,82; \eta_s = 0,80$$

Naudodamiesi CoolPack programa analogiškai randame pagrindinius ciklo taškų termodinaminius parametrus:

$$h_1 = 3204,32 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; s_1 = s_{ks} = 6704,36 \frac{\text{J}}{\text{kgK}}; h_{kf} = 264,47 \frac{\text{kJ}}{\text{kg}}; s_{kf} = 870,78 \frac{\text{J}}{\text{kgK}};$$

$$h_{kg} = 2614,47 \frac{kJ}{kg}; s_{kg} = 7861,70 \frac{J}{kgK};$$

Entropija s_l yra tokia pati, kaip ir taške ks , nes šis taškas yra pagalbinis arba teorinis taškas.

Apskaičiuojame garo entalpiją h_{ks} pagal (3.1) formulę bei kitus parametrus analogiškai prieš tai skaičiuojam režimui:

$$h_{ks} = h_{kf} + (h_{kg} - h_{kf}) * \frac{s_{ks} - s_{kf}}{s_{kg} - s_{kf}} = 264,47 + (2614,47 - 264,47) * \frac{6704,36 - 870,78}{7861,70 - 870,78} = 2225,43 \text{ kJ/kg}$$

Šioje formulėje entropijų skirtumų santykis $\frac{s_{ks}-s_{kf}}{s_{kg}-s_{kf}}$ yra garo sausumo laipsnis x .

Garų sausumo laipsnis, kurį galime rasti pagal parašytą entropijų skirtumų santykį, šiuo atveju yra $x=0,83$. Jis didesnis nei leidžiama, tačiau jis yra teorinis, darant prielaidą, kad išsiplėtimas yra izoentropinis. Realiai dėl įvairių nuostolių turbinoje išsiplėtimas vyksta politropiškai, kurio neefektyvumą (arba proceso negrįžtamumą) apsprendžia taip vadinamas turbinos izoentropinis efektyvumo koeficientas. Šis koeficientas yra turbinos charakteristika prie tam tikrų konkrečių darbo sąlygų, kurių reikia laikytis jėgainės eksploatavimo metu. Jį pateikia turbinų gamintojas. Paprastai tokio galingumo turbinos nepasižymi labai aukštu naudingumu (jis šiandien jau pasiekiamas 0,91, o laboratorijose jau 0,92), tačiau nėra ir žemas, kaip mikroturbinų atveju (0,6-0,7). Gamintojas nurodė, kad $\eta_{iz} = 0,82$ (gamybininkai šį koeficientą vadina elektrinės dalies NVK).

Entalpija h_{3k} paskaičiuojame pagal (3.2) formulę, kuri išreiškia vandeniui suspausti reikalingą darbą įvertinus siurblių efektyvumą:

$$h_{3k} = h_{kf} + v_{kf} * \frac{\Delta p_k}{\eta_s} = 264,47 * 10^3 + 0,001 * \frac{(44 * 10^5 - 0,23 * 10^5)}{0,80} = 270,07 \text{ kJ/kg}$$

Dabar pagal energijos balanso lygtį išsiplėtimo procesui (3.3) formulė:

$$h_1 - h_k = (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz}$$

Randame garo entalpiją po turbinos h_k pagal (3.4) formulę:

$$h_k = h_1 - (h_1 - h_{ks}) * \eta_{iz} = 3204,32 - (3204,32 - 2225,43) * 0,82 = 2401,63 \text{ kJ/kg}$$

Ciklo termodinaminis efektyvumas kogeneracinio ciklo atveju apskaičiuojamas pagal (3.5) formulę:

$$\eta_T = \frac{(h_1 - h_k) - (h_{3k} - h_{kf})}{h_1 - h_{3k}} = \frac{(3204,32 - 2401,63) - (270,07 - 264,47)}{3206,11 - 269,95} = 0,2717(27,17\%)$$

Kaip matome, vasaros metu ciklo termodinamis efektyvumas nesumažėja, tačiau esant mažam miesto šilumos poreikiui bei ribotam aušintuvių galingumui, bei didėjant po turbinos atidirbusio garo kondensacijos slėgiui ir temperatūrai, tenka mažintis garo generaciją apie 10%-15% nuo nominalios garo gamybos 30kg/s. Dėl to sumažėja bendras jėgainės efektyvumas. Bei mažiau generuojama elektros energijos, o įmonė praranda pajamas už elektros energiją.

4 PAPILDOMŲ AUŠINTUVŲ ĮTAKA JĖGAINĖS EFEKTYVUMUI

4.1 Termodinaminė papildomų aušintuvų analizė

Orinių aušintuvų įtaka jėgainės darbui yra dvejopa. Viena vertus, efektyvus aušintuvių darbas užtikrina aukštą elektros gamybos termodinaminį efektyvumo koeficientą η_t , kita vertus, kaip matysime vėliau, nepakankamas aušyklių našumas verčia mažinti jėgainės elektros gamybos galią.

Pirmiausiai apie pirmąją problemą – aukštą elektros gamybos efektyvumą. Efektyvesnis aušintuvų darbas didina garo turbinos darbo efektyvumą, kai jėgainė dirba kogeneraciniu arba dalinai kogeneraciniu režimu. Būtent tokiu režimu jėgainė dirba vasarą, kai šilumos poreikis yra kelis kartus mažesnis už pagamintą kiekį. Didžiąją dalį šilumos reikia nuvesti į aplinką orinių aušintuvų pagalba. 4.1 lentelėje žemiau pateikti 2015 metų šilumos gamybos apimtys atskirais mėnesiais [20]. Matome, kad didžiausias pagamintos (ir parduotos) šilumos kiekis šildymo sezono metu yra fiksuotas sausio mėnesį, kai visas šis kiekis yra tiekiamas į tinklus, o į aplinką jo nenuvedama.

Taigi galima teigti, kad jėgainė visus metus dirba dalinai kogeneraciniu režimu, kai dalis pagamintos šilumos yra parduodama į tinklus, o kita dalis nuvedama į aplinką. Efektyviausiai šis režimas funkcionuoja tuomet, kai oro aušintuvai užtikrina tokią galią, kuri nepadidina slėgio kondensatoriuose, kuriuose yra šildomas termofikacinis vanduo. Vadinasi, aušintuvai turi turėti didesnę šilumos nuvedimo galią, nei reikia ir tik tokiu atveju slėgis kondensatorių sistemoje yra optimalus ir atitinka termofikacinio vandens temperatūrą. Kitaip sakant, slėgį sistemoje sąlygoja ne aušyklių, o kondensatorių darbas. Termodinaminiu požiūriu, taip funkcionuodama sistema užtikrina efektyviausią elektros gamybą ir tuo pačiu reikalingos temperatūros vandens tiekimą į tinklus. Tuo atveju, jei aušintuvų galia ženkiai viršija poreikį, yra galimybė kiek sutaupyti išlaidų ir atjungti keletą aušintuvų ventiliatorius. Taip dažniausiai yra žiemą, kai beveik visa pagaminta šiluma yra tiekiama į tinklus.

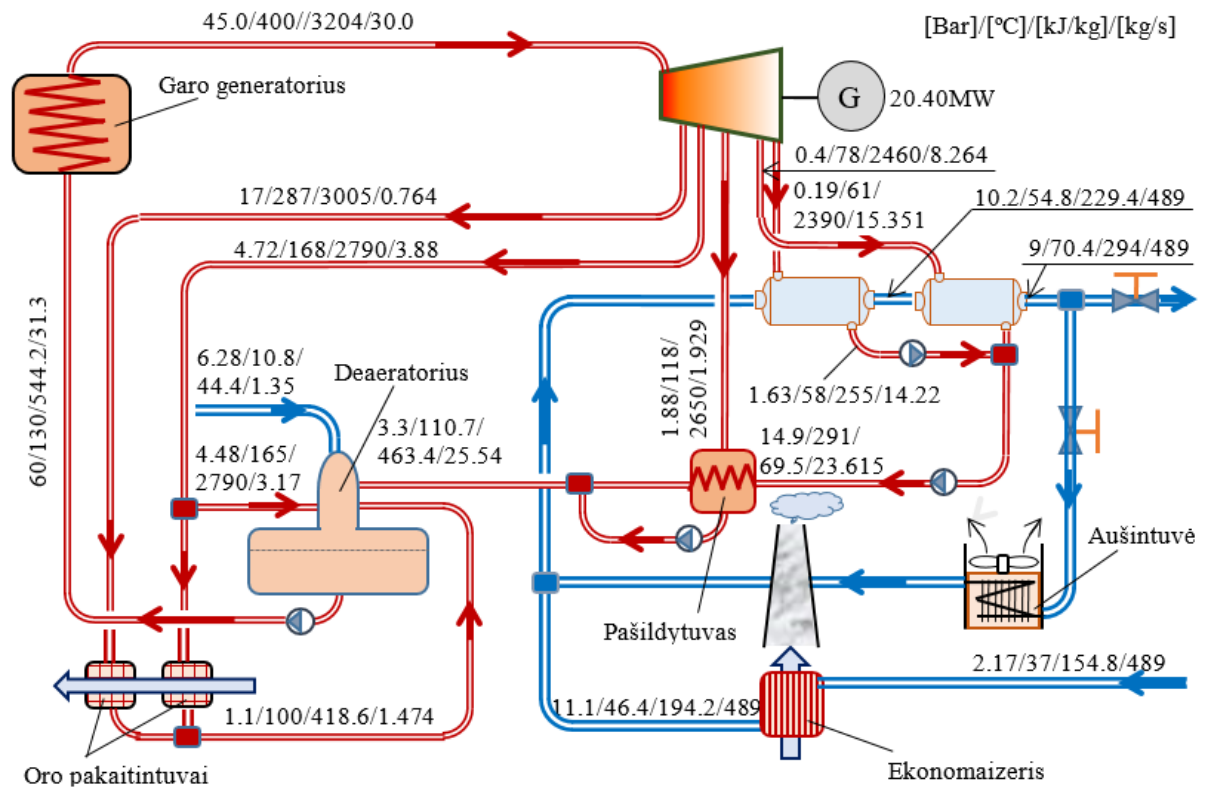
Nešildymo sezono metu yra kitaip, ypač vasarą, kai aplinkos temperatūra viršija 25°C. Tuomet ir šilumos poreikis į tinklus yra mažiausias, o tai reiškia, kad aušintuvų šiluminė galia išauga iki maksimalaus dydžio. Jei ventiliatorių galia yra visiškai išnaudojama, tuomet kaip tik ir turime atvejį, kai slėgį sistemoje lemia jau ne kondensatorių (TVŠ) darbas. Jų apkrovimas sumažėja tiek dėl mažesnio šilumos poreikio, tiek ir dėl efektyvesnio jų darbo. Juk kondensatorių (TVŠ) ploto keisti negalima, taigi sumažėjus šiluminei galiai, jis dirba efektyviau, su mažesniais nepilnos rekuperacijos nuostoliais, kas rodo kondensacijos temperatūros, ir tuo pačiu ir slėgio sumažėjimą.

Tuo tarpu aukšta išorės (lauko) temperatūra ir maksimali aušintuvių galia iššaukia priešingą efektą – slėgio sistemoje didėjimą. Taip slėgis sistemoje priklauso jau ne nuo kondensatoriaus (TVŠ) darbo, o nuo aušintuvų galios ir jų darbo efektyvumo. Slėgis sistemoje yra didesnis, nei reikia termofikaciniam vandeniui pakaitinti, kas mažina elektros gamybos efektyvumą (žiūrėti 3.2 paragrafe atliktus skaičiavimus bei 3.3 paveiksle pateiktą priklausomybės grafiką).

Dėl aukštesnio nei optimalus slėgio ne tik mažėja elektros gamybos efektyvumas η , bet iškyla problema, kuri yra susijusi su garo turbinos patikimu darbu. Turbinos eksploatacijos taisyklės reikalauja, kad garo padavimo ir išvedimo iš turbinos slėgiai būtų palaikomi tam tikrose ribose. Ypač griežtai reikia laikytis garo padavimo parametrų. Čia garo temperatūra ir slėgis turi būti palaikomi 390-412 °C ir 42-47 barų ribose.

4.2 Atliekų deginimo jėgainės ciklo ypatumai

Atliekų deginimo garo turbina yra šiek tiek kitokia. Ji pasižymi tuo, kad dar yra bent du papildomi ekstrakciniai garo srautai, skirti kuro degimui pagerinti. Atliekos dega blogiau nei įprastinis kuras, įskaitant ir šviežiai drožliuotą medieną. Jo savybės smarkiai kinta ir priklauso nuo atliekų surinkimo vietos, gabenimo atstumo, metų laiko, oro sąlygų ir pan., o ypač svyruoja drėgmės kiekis. Todėl būtinas tokio kuro pakaitinimas prieš jam patenkant į degimo kamerą. Būtent pakaitinimui yra skirti du šilumokaičiai, kuriuose pakaitinamas į degimo kamerą tiekiamas oras, kuris pašildo ir padžiovina minėtą kurą. Žemiau pateiktame paveiksle (4.1 pav.) matyti, kad orui pakaitinti yra skirtas vidutinių parametrų garas: į pirmąjį oro pakaitintuvą iš turbinos paimamas 168 °C ir 4,72 bar slėgio garas, o į antrąjį – dar aukštesnės temperatūros – 287 °C ir 17 barų slėgio. Tai mažina turbinos mechaninę (ir elektrinę) galią. Galią mažina ir kiti ekstrakciniai srautai. Žemų parametrų (118°C; 1,88 bar) garas skirtas įprastai funkcijai, kuri reikalinga ir kitoms garo ciklo technologijoms, tai yra kondensato pašildymui (prieš patenkant į deaeratorių).

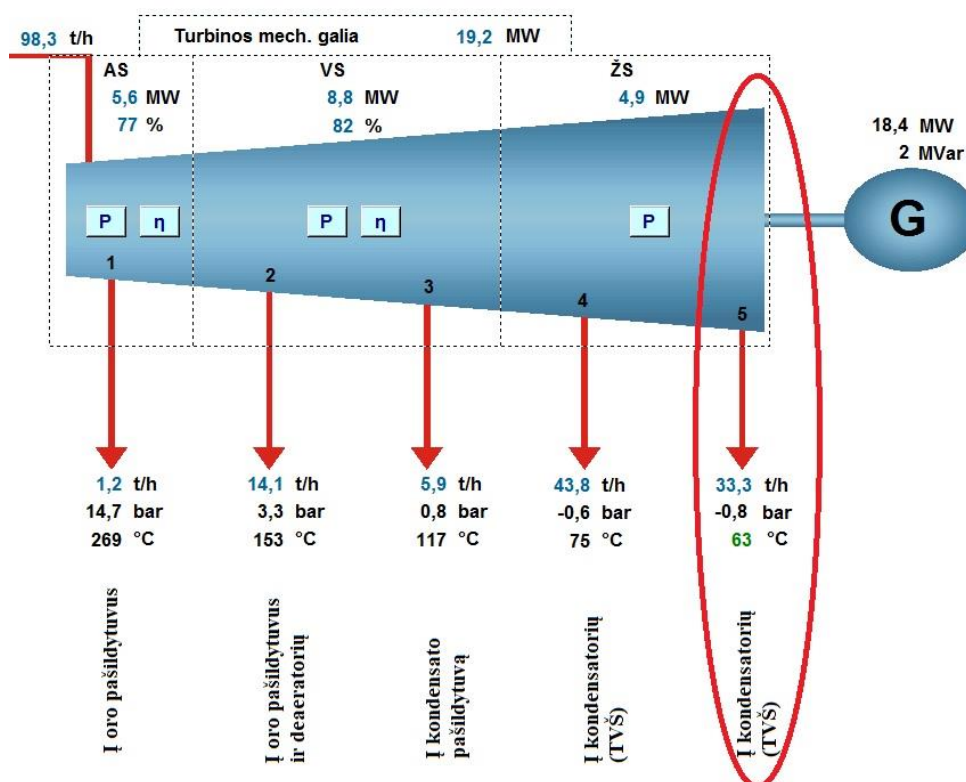


4.1 pav. Atliekų deginimo jėgainės elektros gamybos ciklo schema.

Paskutinės dvi kraštinės ekstraktinės linijos nukreipia garą į kondensatorius (TVŠ). Jų šiuo atveju yra du. Tai šiuolaikinių kogeneracinių jėgainių savybė, nes pakopinis termofikacinio vandens pašildymas padidina elektros gamybos efektyvumą. Juk į tinklus, priklausomai nuo lauko temperatūros, reikia tiekti skirtingos temperatūros vandenį ir termodinamiškai nenaudinga jį šildyti vienos temperatūros ekstraktiniu garu. Ekserginiai sistemos nuostoliai sumažėja, jei žemesnės temperatūros vandenį ruošiamo su žemesnės temperatūros garu. Tam tokiu atveju tarnauja kraštinis garo srautas, kurio parametrai 63°C ir 0,19 bar. Jei į tinklus reikia tiekti aukštesnės temperatūros termofikacinį vandenį, naudojamas kitas garo srautas, kurio parametrai 78°C ir 0,4bar. Vandens pašildymas turi būti vykdomai griežtai priešpriešių mainų principu, ką ir matome pateiktoje schemoje 4.1 pav.

Jėgainės elektros gamybos ciklo schema (4.1 pav.) yra paruošta remiantis gamybiniais „on line“ duomenimis. Garo ir termofikacinio vandens parametrai (slėgis, temperatūra, entalpija ir debitas) taip pat nuskenuoti nuo kompiuterio ekrano. Šie parametrai yra reglamentuoti, kaip reglamentuotas ir jų kitimas tam tikrose ribose. Pavyzdžiui, žemiau pateiktame paveiksle (4.2 pav.) matome vien turbinos ekstraktinių srautų parametrus, kurie šiek tiek skiriasi nuo schemoje parodytų atitinkamų parametrų. Pavyzdžiui, į pirmąjį kondensatorių tiekiamo garo temperatūra yra

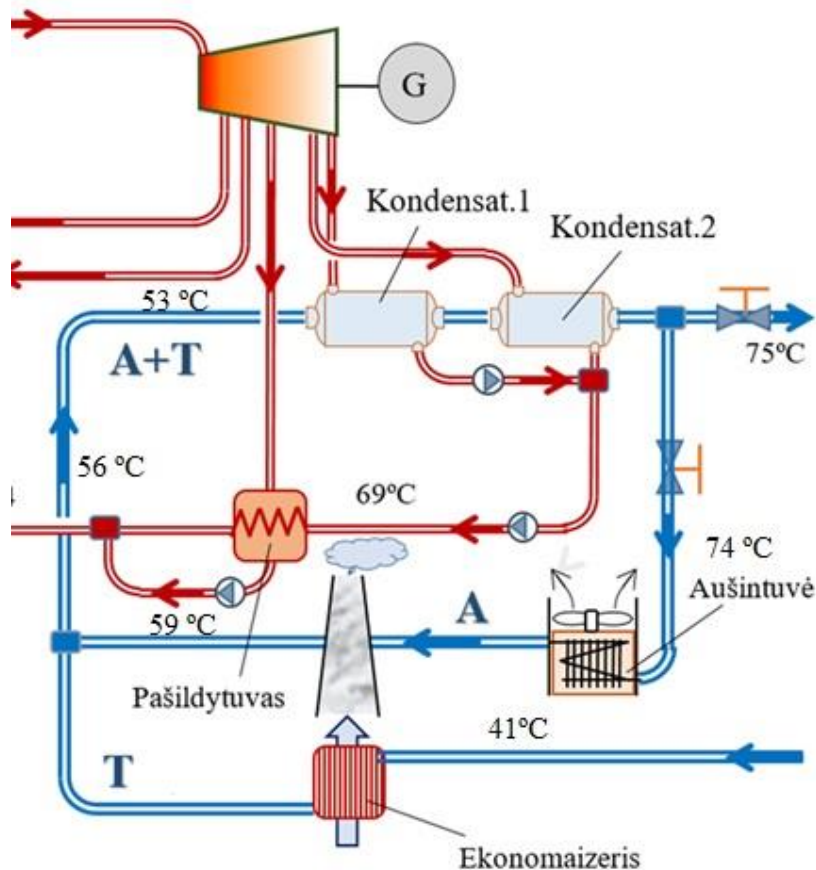
63°C, o ne 61°C. Į antrąjį atitinkamai 75°C ir 78°C. Tai rodo, kad duomenys paimti skirtingais momentais.



4.2 pav. Garo turbinos išvedimo srautų vieta ir paskirtis.

Kita vertus, garo parametrų kitimas negali turėti plačių ribų, juolab išeiti iš šių ribų. Būtent vasaros metu ir yra pavojus šias ribas peržengti. Tai ir nutinka. Jei aplinkos oro temperatūra peržengia maždaug 25 °C, o tiekiamos į tinklus šilumos galia sumažėja keletą kartų, aušintuvų galia tampa per maža, kad išlaikyti tokį ekstrakcinį slėgį, koks yra sąlygotas turbinos darbo. Pavyzdžiui, termofikacinio vandens, tiekiamo į tinklus, temperatūra sąlygoja maždaug 0,2bar slėgį (arba -0,8bar(g), kaip parodyta 4.2 pav.). Tuo tarpu dėl aušintuvių nepakankamos galios, į kondensatorių grįžta aukštesnės temperatūros nešėjas, kuris neišvengiamai sukelia aukštesnį nei 0,2 bar slėgį. Garo turbina, arba paskutinės jos menčių pakopos dirba anomaliai – gasas čia neišplečiamas, nėra projekcinio slėgio skirtumo tarp menčių pakopų, kitaip persiskirsto mentis veikiančios jėgos, atsiranda nepageidautini autovirpesiai ar kiti turbinai žalingi efektai, mažinantys jos patikimumą ir ilgaamžiškumą.

Taigi, eksploatuojant turbiną, labiausiai komplikuoatas yra kraštinis ekstrakcinis garo srautas, kuris apibrauktas ovalu 4.2 paveikslėlyje.



4.3 pav. Termofikato ir aušintuvo srautai bei jų įtaka turbinos darbui.

Tarkime, karštaisiais vasaros mėnesiais iš aušintuvų grįžtantis srautas A (4.3 pav.) yra aukštesnės nei 59°C temperatūros. Šis srautas yra pagrindinis ir yra keletą kartų didesnis už termofikacinio vandens iš tinklų srautą T. Šiems srautams susiliejus, vyraujanti temperatūra bus aušintuvų srauto temperatūra, taigi į kondensatorius pateks aukštesnės nei projektinė temperatūros srautas (A+T), kuris neišvengiamai padidins garo slėgį kondensatoriuose. Aukštesnis slėgis gali viršyti leistiną, kuriam esant užtikrinamas patikimas turbinos darbas. O kita vertus reikia palaikyti užduotą termofikacinio vandens temperatūrą. Toks darbo režimas yra pavojingas, todėl reikia slėgį mažinti. Vienas iš būdų – aušintuvių galios padidinimas. Ją galima padidinti dviem būdais.

4.3 Aušintuvų šiluminės galios įtaka jėgainės darbui

Aušintuvų šiluminė galia įtakoja jėgainės elektros gamybos efektyvumą. Nepakankama jų galia gali sukelti kondensacijos slėgį ir taip sumažinti termodinaminį elektros gamybos efektyvumo koeficientą η_t . Vienas iš būdų, siekiant sumažinti slėgį kondensatoriuose, yra susijęs

su efektyvesniu šilumos nuvedimu esant tam pačiam paviršiaus plotui. Pagrindinė šilumos mainų lygtis yra tokia:

$$Q = k * F * \Delta t;$$

Čia: Q – aušintuvo šiluminė galia MW; k – šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K ; F – aušintuvo šilumos mainų plotas, m^2 ; Δt - vidutinis logaritminis temperatūrų skirtumas tarp nešėjo temperatūros aušintuve ir aplinkos oro.

$$\Delta t = \frac{(t_1 - t_{02}) - (t_2 - t_{01})}{\ln \frac{(t_1 - t_{02})}{(t_2 - t_{01})}};$$

Šioje lygtyje t_1 ir t_2 – atitinkamai įeinančio į aušintuvą ir išeinančio iš jo nešėjo temperatūra, o t_{01} ir t_{02} – atitinkamai aplinkos oro temperatūra prieš ir po aušintuvo, $^{\circ}C$.

Pirmam priartėjimui Δt galima būtų skaičiuoti paprasčiau, priimant šį skirtumą kaip vidutinės nešėjo ir vidutinės aplinkos temperatūrų skirtumą:

$$\Delta t = \frac{t_2 + t_1}{2} - \frac{t_{02} + t_{01}}{2};$$

Aušintuvo šiluminė galia yra lygi kondensatoriaus šiluminei galiai, todėl galime parašyti, kad

$$Q = k_k * F_k * \Delta t_k;$$

Čia: Δt_k - vidutinis logaritminis temperatūrų skirtumas tarp nešėjų (elektros gamybos ciklo darbo agento – vandens garo - iš vienos pusės ir šilumos nešėjo – iš kitos pusės); F_k -kondensatoriaus šilumos mainų plotas, o k_k - kondensatoriaus šilumos perdavimo koeficientas, W/m^2K .

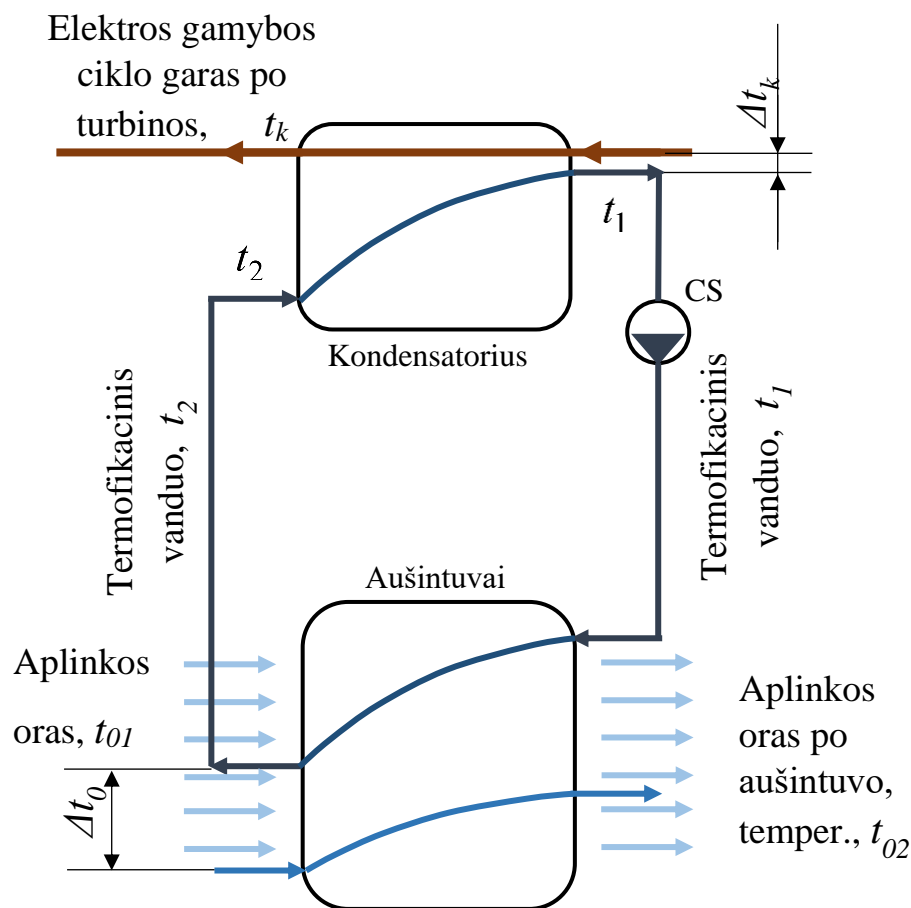
Iš kitos pusės, ta pati šiluminė galia sąlygoja šilumos nešėjo ataušinimą tam tikru temperatūrų skirtumu $t_1 - t_2$. Tokiu atveju lygtis yra tokia:

$$Q = g * c * (t_1 - t_2);$$

Čia: g - masinis nešėjo debitas, kg/s; c - nešėjo savitoji šiluma, kJ/kg*K.

Tas pats galioja ir oro srautui: aušintuvų ventiliatoriai turi užtikrinti oro, kurio savitoji šiluma c_0 , kJ/kg*K, debitą g_0 , kg/s, pašildant orą nuo aplinkos temperatūros t_{01} iki t_{02} , $^{\circ}C$. Taigi į orą nuvedama tas pati šiluminė galia Q :

$$Q = g_0 * c_0 * (t_{01} - t_{02});$$



4.4 pav. Šilumos mainų tarp kondensatoriaus ir aušintuvų schema.

Paveikslėlyje 4.4 pateikta šilumos mainų tarp kondensatoriaus ir aušintuvų schema. Šilumos nešėjas, cirkuliuojantis tarp šių aparatų dalyvauja šilumos mainuose kondensatoriuje (TVŠ), kur pašyla gaudamas šilumą iš besikondensuojančio vandens garo, o po to tiek pat ataušta, nevedant šilumą į aplinką. Abiem atvejais turime nepilnos rekuperacijos nuostolius Δt_k ir Δt_0 . Pirmasis šių dydžių yra mažas, vos 2-3°C ir jis nesukelia didesnių termodinaminių bei ekserginių problemų. Antrasis yra palyginti didelis. Priežastis – mainai nuvedant šilumą į orą yra keliasdešimt kartų prastesni nei ją gaunant iš besikondensuojančio vandens garo. Tai lemia šilumos perdavimo koeficientas, kurio išraiška yra tokia:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_2}};$$

Šioje lygtyje lemiantis vaidmuo tenka šilumos atidavimo koeficientams, kurių reikšmės yra mažos. Pavyzdžiui, kondensatoriuje manai vyksta labai efektyviai iš abiejų nešėjų pusės, todėl abu dydžiai $1/\alpha_1$ ir $1/\alpha_2$ yra maži, kas reiškia mažą terminę mainų varžą iš abiejų nešėjų pusės.

Kitaip yra su aušintuvu. Iš skysto nešėjo pusės mainai yra efektyvūs, todėl ir varža yra maža. Tačiau iš oro pusės šilumos atidavimo koeficientas yra nedidelis, keliasdešimt kartų

mažesnis, todėl dydis, atvirkščias šiam koeficientui yra keliasdešimt kartų didesnis. Būtent iš oro pusės susidaranti terminė varža ir lemia nedidelę šilumos perdavimo koeficiento k reikšmę.

Schemoje parodyta, kad Δt_0 yra daug didesnis už Δt_k . Abu šie dydžiai yra vadinami termodinaminiais šilumokaičių nuostoliais arba nuostoliais dėl nepilnos rekuperacijos. Abu jie įtakoja kondensacijos slėgį, kurio sumažinimo problema ir nagrinėjama šiame paragrafe. Matome, kad kondensacijos slėgį lemia kondensacijos temperatūra t_k . Ji yra pastovi mainų proceso metu ir yra aukštesnė už išeinančio iš kondensatoriaus šilumos nešėjo temperatūrą t_1 . Matome, kad t_1 yra aukštesnė už t_2 dydžiu:

$$(t_1 - t_2) = \frac{Q}{g * c};$$

Jei siekiame rasti kondensacijos temperatūros (ir slėgio) priklausomybę nuo aplinkos temperatūros t_0 , turime įvertinti nepilnos rekuperacijos nuostolius aušintuvuose, tai yra pridėti Δt_0 . Tuomet gauname, kad kondensacijos temperatūra yra aukštesnė už aplinkos temperatūrą dydžiais Δt_k , Q/gc ir Δt_0 . Taigi:

$$t_k = t_0 + \Delta t_k + \frac{Q}{g * c} + \Delta t_0;$$

Tokią pačią išraišką gauname sprendami nesudėtingų algebrinių lygčių sistemą:

$$t_k = t_1 + \Delta t_k;$$

$$t_1 = t_2 + \frac{Q}{g * c};$$

$$t_2 = t_0 + \Delta t_0$$

Nepilnos rekuperacijos temperatūrų skirtumai šiose lygtyse gali būti reiškiami kaip pagrindinės šilumos mainų lygties dydis tiek mainams kondensatoriuje, tiek ir aušintuvuose. Todėl nagrinėjama tokios išraiškos lygtis:

$$t_k = t_0 + \frac{Q}{k_k * F_k} + \frac{Q}{g * c} + \frac{Q}{k * F};$$

Iš šios lygties yra akivaizdu, kad tiesioginę kondensacijos slėgiui įtaką daro aplinkos temperatūra t_0 . Kiti trys lygties nariai yra susiję su aušintuvų šilumos galia Q . Pirmasis iš jų $Q/(k_k * F_k)$ su šia galia susijęs su sąlyga, kad visa jėgainėje pagaminama šiluma yra nuvedama per aušintuvus į aplinką, nes šioje išraiškoje Q yra kondensatoriuje nuvedama šiluma. Realiai tai – kondensatoriaus šiluminė galia ir ji yra didesnė už aušintuvų atitinkamą galią tiek, kiek šilumos tiekama į miesto tinklus. Vasarą šis kiekis gerokai mažesnis nei žiemą, tačiau korektiškumo dėlei tai reikia įvertinti pasitelkus, pavyzdžiui, 2015 metų jėgainės darbo rezultatus.

4.1 lentelė. Jėgainės šilumos gamybos apimtys atskirais 2015 metų mėnesiais.

Laikotarpis	Šilumos kiekis pagamintas iš atsinaujinančių energijos išteklių (biokuras ir biologiškai skaidi dalis atliekose), MWh	Šilumos kiekis pagamintas iš iškastinio kuro (dujos), MWh	Šilumos kiekis pagamintas iš kito kuro (komunalinės bei nepavojingos pramoninės atliekos), MWh	Visas pagamintas šilumos kiekis, MWh
2015 metai				
Sausis	37368	6	14482	51856
Vasaris	33798	1	14132	47931
Kovas	33750	1	17337	51088
Balandis	27733	2	15858	43593
Gegužė	17061	1	11193	28255
Birželis	10517	95	7372	17985
Liepa	11913	21	7331	19265
Rugpjūtis	11566	4	6012	17583
Rugsėjis	5521	8	6349	11879
Spalis	21545	166	14665	36376
Lapkritis	28279	321	15730	44329
Gruodis	32526	1	15459	47986

Klaipėdos atliekų deginimo jėgainė deklaruoja (žr. 4.1 lentelę), kad 2015 metais šilčiausiais nešildymo sezono mėnesiais šilumos miesto reikmėms pagamino 17985MWh birželį, 19265MWh liepą ir 17583MWh rugpjūtį. Rugsėjo mėnesio nevertiname, nes jėgainė buvo sustabdyta profilaktiniam patikrinimui-remontui. Vidutiniškai per šiuos mėnesius pagaminta 18277MWh šilumos arba įmonės gaminamos šilumos galia sudaro 24,5MW. Toje pačioje lentelėje matome, kad didžiausia šiluminė galia išvystoma šalčiausiais šildymo sezono mėnesiais. Pavyzdžiui sausį šilumos kiekis sudaro 51856 MWh, kas atitinka vidutinę 70MW galią ($51856/(31*24)=70$). Matome, kad palyginus su šalčiausiu mėnesiu bei atmetus dūmų kondensatoriaus generuojamą 15MW galią, vasarą vidutinė galia yra 2,5 karto mažesnė. Jei vertintume nominalią įmonės šiluminę galią, kuri vasarą yra 55MW, skirtumą tarp kondensatoriaus šiluminės galios ir aušintuvų šiluminės galios gauname didesnę: minėti 55MW galios tenka kondensatoriams ir $55 - 24,5=30,5$ MW tenka aušintuvams. Taigi kondensatoriaus šiluminė galia yra $55/30,5=1,8$ karto didesnė. Minėti dydžiai vasarą kiek sumažinami (apie tai bus kalbama kitame paragrafe).

Vadinasi korektiškesnė kondensacijos temperatūros (ir slėgio) analizės lygtis yra tokia:

$$t_k = t_0 + \frac{1,8 * Q}{k_k * F_k} + \frac{Q}{g * c} + \frac{Q}{k * F};$$

Atlikta korekcija beveik nekeičia esminės kondensacijos temperatūros priklausomybės nuo įvairių parametru, nes kondensatoriuje mainai vyksta labai efektyviai ir čia yra maži terminiai nuostoliai. Todėl net ženkliai padidinus kondensatoriaus šiluminę galią, vis vien gauname neesminius termodinaminius nuostolius, kurie nepilnos rekuperacijos temperatūrų skirtumą padidina nuo 2-3 °C iki 3-4 °C. Palyginimui nepilnos rekuperacijos temperatūrų skirtumas aušintuvuose siekia iki 40 °C. Taigi didžiausi nuostoliai yra dėl mainų su aplinkos oru, o didžiausią įtaką kondensacijos temperatūrai ir slėgiui daro aplinkos temperatūra.

Šioje lygtyje nepamirėta dar vieno lygties nario įtaka. Tai nešėjo temperatūros padidėjimas ir jos sumažėjimas atitinkamai kondensatoriuje ir aušintuvuose. Išraiška Q/gc reiškia būtent šį temperatūrų skirtumą, tai yra (t_1-t_2) . Iš pirmo žvilgsnio atrodytų nesunku sumažinti šį skirtumą padidinus vandens cirkuliacinio siurblio CS našumą. Juk kuo g išraiškoje Q/gc yra didesnis, tuo šis narys yra mažesnis. Dėl to sumažėja ir kondensacijos temperatūra. Tačiau problema yra ne kondensatoriaus, o aušintuvų pusėje. Jei sumažiname minėtą temperatūrų skirtumą, tai iš esmės sumažiname temperatūrą t_2 . Taigi bendra arba vidutinė logaritminė šilumos nešėjo temperatūra aušintuvuose taip pat sumažėja, kas mažina aušintuvų šiluminę galią. Pagrindinė šilumos lygtis sako, kad galia yra tiesiog proporcinga logaritminiam temperatūrų skirtumui.

Siekiant sumažinti (t_1-t_2) , reikia didinti aušintuvų efektyvumą. Tai reiškia, kad reikia didinti jų ventiliatorių galią, kitaip sakant šilumos mainų intensyvumą. To daryti negalima, nes vasarą per karščius ventiliatoriai dirba pilnu pajėgumu. Galima būtų svarstyti kitą mainų intensifikavimo variantą, dažnai taikomą oro kondicionavimo sistemose per karščių bangas. Tai vandens įpurškimas į oro srautą, kuris ventiliatoriais tiekiamas į aušintuvus. Tačiau čia reikia vertinti itin didelę aušintuvų galią ir tokio proceso sudėtingumą, kuris gali būti gerokai brangesnis, už papildomų aušintuvų sumontavimą. Taip yra todėl, kad reikalingas ne paprastas vanduo, o chemiškai apdorotas t.y. iš vandens turi būti pašalintos kalcio (Ca) ir magnio (Mg) druskos. Dar reikia įvertinti, kad analizuojamoje jėgainėje yra sumontuoti aušintuvai, kurie nėra pritaikyti dirbti su vandens įpurškimu.

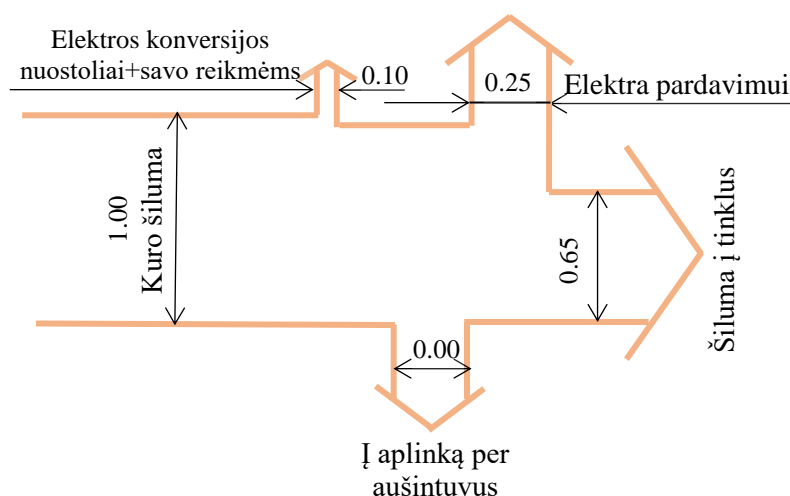
4.4 Papildomų aušintuvų įtaka jėgainės ekonominiams rodikliams.

Pirmame šio skyriaus paragrafe minėta, kad aušintuvų darbo efektyvumas sąlygoja didesnę jėgainės elektros gamybos koeficientą η_t . Iš atliktos analizės matyti, jog aušintuvų efektyvumo didinimo galimybės yra nedidelės, o kai kurios technologiškai neįmanomos. Tai patvirtina įmonės ilgametė patirtis, rodanti, kad kondensacijos slėgio padidėjimo per karščius problemą spręsti ne šilumos mainų intensyvavimo būdu, o jėgainės elektrinės galios sumažinimu

būdu. Tai ekonomiškai skausmingas būdas, nes jį reikia daryti nešildymo sezono metu, kai ženkliai dalis įmonės pajamų yra iš elektros energijos pardavimo.

Sumažinti garo ciklo jėgainės galią galima tik sumažinus garo gamybą pagrindinėje katilinėje. Kitų parametru, tokių kaip garo slėgis ar temperatūra keisti negalima. Taigi sumažinus tiekiamo į turbiną garo debitą, gauname atitinkamai mažesnę turbinos mechaninę galią. Mažiau pagaminame ir šilumos. Tačiau jos ir taip yra perteklius vasaros mėnesiais. Įvertinus tai, kad šilumos reikia tiekti tiek pat, tai yra minėtus vidutiniškai 24,5 MW arba 18277 MWh per mėnesį, gauname ženklų aušintuvų šiluminės galios sumažėjimą.

Jėgainės energijos srautai žiemą

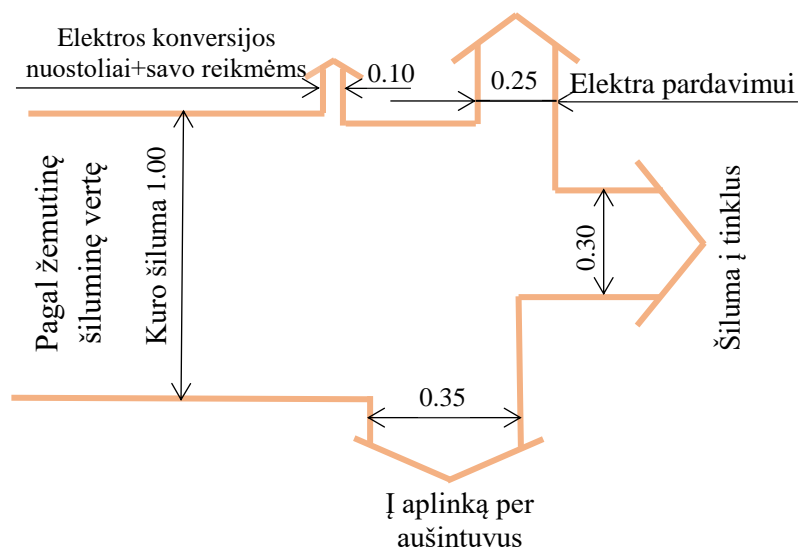


4.5 pav. Jėgainės šildymo sezono energijos srautų schema.

Šildymo sezono metu per aušintuvus praktiškai nenuvedama šilumos į aplinką. Visa pagaminta (ciklo ir dūmų kondensatoriaus) šiluma yra tiekama į miesto šilumos tinklus. Nežiemos mėnesiais šilumos gaunama daugiau, todėl dalį tenka nuvesti per aušintuvus į aplinką. Tokiu atveju (4.5 pav.) pateiktoje schemoje šio srauto dalis būtų ne skaičius 0,00, kaip žiemos mėnesiais. Tačiau ši dalis yra vis vien maža, palyginti su vasaros mėnesiais.

Vasaros mėnesiais energijos srautų schemą turime kitokią (4.6 pav.). Pagrindinis šiluminis krūvis tenka aušintuvams, kurie dirba maksimaliu apkrovimu ir jei aplinkos temperatūra pakyla aukščiau 25°C, jėgainės galią tenka mažinti.

Jėgainės energijos srautai vasarą



4.6 pav. Jėgainės nešildymo sezono šilumos srautų schema.

Nominali jėgainės galia pasiekama tiekiant į turbiną 30 kg/s garo debitą. Jei jis sumažinamas, pavyzdžiui iki 27kg/s dydžio, galia sumažėja maždaug 10%. Tačiau aušintuvų galia sumažėja šiek tiek daugiau, nes į tinklus tiekiamos šilumos kiekis išlieka toks pat 18277 MWh arba 24,5MW galia. Taigi pajamos už šilumą išlieka nepakitusios, tačiau maždaug 10 procentais sumažėja pajamos už elektrą.

4.5 Vasaros sezono papildomų aušintuvų sumontavimo įtaka elektros energijos gamybai. Ekonominis projekto vertinimas.

Aušintuvų gamintojas deklaruoja, kad vienas aušintuvų blokas kurį sudaro 10 ventiliatorių, sugeba nuvesti 2,8 MW šilumos energijos į aplinką esant 20 °C aplinkos temperatūrai. Jei aplinkos temperatūra 25 °C gamintojas deklaruoja, kad aušintuvo galios išnaudojimo faktorius sumažėja iki 0,90. Jei aplinkos temperatūra 30 °C aušintuvo galios išnaudojimo faktorius sumažėja iki 0,80. Tačiau ilgametė jėgainės darbo patirtis parodė, kad esant aplinkos temperatūrai 25 °C aušintuvo galios išnaudojimo faktorius sumažėja iki 0,75, o esant 30 °C aplinkos temperatūrai, aušintuvo galios išnaudojimo faktorius sumažėja iki 0,65. Todėl dabar jėgainėje sumontuotų 11 aušintuvų blokų (30MW), karštaisiais vasaros mėnesiais nesugeba nuvesti visos pagaminamos šilumos, ir dėl to tenka mažinti garo gamybą.

Turėdami jėgainės 2015 metų balandžio mėnesio faktinius elektros gamybos duomenis (lentelė 4.2), priimu šį mėnesį kaip ataskaitinį dėl maksimalios elektros gamybos. Šis mėnuo pasirinktas, dėl keleto priežasčių. Visu pirma šį mėnesį dar tęsiamas šildymo sezonas, todėl visas

pagaminamas šilumos kiekis tiekiamas į centralizuoto šildymo tinkus. O aplinkos temperatūros jau yra pastovios vidutinėms šio laikmečio temperatūroms, bei užduodamo termofikacinio vandens temperatūra neturi įtakos elektros gamybos ciklui. Ir viena iš svarbiausių priežasčių, kad visą šį mėnesį katilas dirba maksimaliu pakrovimu t.y. 30kg/s garo generacija.

Naudojantis jėgainės elektros gamybos duomenimis 2015 metais balandžio mėnesį jėgainė į tinklus patiekė 13140 MWh elektros energijos arba vidutiniškai 18,3 MW galia. Šią galią priimsime kaip ataskaitinę, kuria jėgainė gali generuoti į tinklą dirbant pilnu pajėgumu. 4.2 lentelėje pateikiami 2015 metais jėgainės elektros gamybos galia atskirais 2015 metų nešildymo sezono mėnesiais. Iš 4.2 lentelės duomenų matome, kad visais mėnesiais nebuvo pasiekama maksimali generatoriaus galia 18,3MW.

4.2 lentelė. Jėgainės elektros gamybos apimtys atskirais 2015 metų mėnesiais.

Mėnesis	Faktinė vidutinė elektros energijos perdavimo galia į tinklą, MW
Gegužė	18,28
Birželis	17,85
Liepa	16,91
Rugpjūtis	15,70
Rugsėjis	16,74
Spalis	18,27

Žinome, kad jėgainės nominali šiluminė galia, kuri vasarą yra 55MW, o elektros generatoriaus galia 21MW. Taigi visa ciklo galia bus 76MW (21+55). Galime paskaičiuoti elektros gamybos efektyvumo koeficientą:

$$\eta_{el.} = \frac{P}{Q_c}; \quad (4.1)$$

$$\eta_{el.} = \frac{21}{76} = 0,2763 \text{ (27,63\%)}$$

Vertinant birželio mėnesį, jei jėgainė dirbtų maksimaliu režimu, tai papildomai elektros energijos galima pagaminti 18,3-17,85=0,45 MW. Pagaminti daugiau pagaminti elektros energijos negalime dėl elektros generatoriaus maksimalios galios, kuri yra 18,3 MW (čia jau įvertintos savosios reikmės). Kad pagamintumėme papildomai 0,45 MW elektros energijos, reikalinga papildoma ciklo energiją apskaičiuojame:

$$Q = P/\eta_{el.} \quad (4.2)$$

$$Q_c = \frac{P}{\eta_{el.}} = \frac{0,45}{0,2763} = 1,63MW$$

Iš 1,63 MW atėmę 0,45MW elektros energijos galią, gauname šilumos kiekį, kurį reikia nuvesti į aplinką aušintuvių pagalba t.y. $(1,63-0,45)= 1,18\text{MW}$. Kad į aplinką galėtume nuvesti šį šilumos kiekį, reikia papildomai įdiegti vieną aušintuvų bloką, kurio šiluminė galia 2,8MW.

Taigi papildomai įdiegę vieną aušintuvų bloką, ši mėnesį papildomai elektros energijos pagamintume $0,45\text{MW}\cdot 24(\text{h/para})\cdot 30(\text{d/mėnuo})=324 \text{ MWh}$. Tačiau reikėtų įvertinti aušintuvo ventiliatoriams reikalingą elektros energiją. Kaip jau anksčiau minėta, kad vieną aušintuvų bloką sudaro 10 ventiliatorių, kurių vieno ventiliatoriaus galingumas yra 4kW. Taigi, dėl papildomo aušintuvų bloko savo reikmės padidėtų: $1 \text{ blokas}\cdot 10\text{ventiliatorių}\cdot 4\text{kW}= 40\text{kW}$. Šį kiekį padauginę iš esamo mėnesio valandų skaičiaus gauname per mėnesį ventiliatoriams reikalingą elektros energijos kiekį: $40\text{kW}\cdot 24(\text{h/para})\cdot 30(\text{d/mėnuo})=29 \text{ MWh}$. Įvertinus ventiliatoriams reikalingą elektros energiją į tinklus papildomai galime patiekti: $324-29=295 \text{ MWh}$.

Liepos mėnesį matome (žr. 4.2 lentelę), kad patiekta vidutinė elektros energijos galia buvo 16,91 MW. Jei liepos mėnesį jėgainė dirbtų maksimaliu režimu, tai papildomai elektros energijos galima pagaminti $18,3-16,91=1,39 \text{ MW}$. Kad jėgainė papildomai pagamintų 1,39 MW elektros energijos, reikalingą papildomą ciklo energiją apskaičiuojame pagal (4.2) formulę:

$$Q_c = \frac{P}{\eta_{el.}} = \frac{1,39}{0,2763} = 5,03\text{MW}$$

Iš 5,03 MW atėmę 1,39MW elektros energijos galią, gauname šilumos kiekį, kurį reikia nuvesti į aplinką aušintuvių pagalba t.y. $(5,03-1,39)= 3,64\text{MW}$. Kad į aplinką galėtume nuvesti šį šilumos kiekį, reikia papildomai įdiegti ne vieną aušintuvų bloką, bet jau du aušintuvų blokus, kurių bendra galia bus 5,6MW. Jei dar įvertinsime, kad per šį mėnesį bus kelios dienos kai aplinkos temperatūra viršija 25°C , bei sumažėja aušintuvų galios išnaudojimas. Tačiau naujai sumontuoti aušintuvų blokai pilnai patenkiną šilumos nuvedimo kiekį.

Įdiegus 2 aušintuvų blokus, liepos mėnesį papildomai elektros energijos pagamintume $1,39\text{MW}\cdot 24(\text{h/para})\cdot 31(\text{d/mėnuo})=1034 \text{ MWh}$. Dviem papildomiems aušintuvų blokų ventiliatoriams reikalingą elektros energiją: $80\text{kW}\cdot 24(\text{h/para})\cdot 31(\text{d/mėnuo})=59 \text{ MWh}$. Įvertinus ventiliatoriams reikalingą elektros energiją į tinklus papildomai galime patiekti: $1034-59=975 \text{ MWh}$.

Rugpjūčio mėnuo buvo dar labiau kompliktuotas, nes vidutinė elektros energijos galia į tinklą buvo tik 15,70MW. MW. Jei jėgainė dirbtų maksimaliu režimu, tai papildomai elektros energijos galima pagaminti $18,3-15,70=2,60 \text{ MW}$. Kad jėgainė papildomai pagamintų 2,60 MW elektros energijos, reikalinga papildoma ciklo energiją apskaičiuojame pagal (4.2) formulę:

$$Q_c = \frac{P}{\eta_{el.}} = \frac{2,60}{0,2763} = 9,41\text{MW}$$

Iš 9,41 MW atėmę 2,60MW elektros energijos galią, gauname šilumos kiekį, kurį reikia nuvesti į aplinką aušintuvių pagalba t.y. $(9,41-2,60)= 6,81\text{MW}$. Kad į aplinką galėtume nuvesti šį šilumos kiekį, reikia papildomai įdiegti ne du aušintuvų blokus, bet jau tris aušintuvų blokus, kurių bendra galia bus 8,4MW. Jei dar įvertinsime, kad per šį mėnesį bus dienų kai aplinkos temperatūra viršija 25°C ar net 30°C , bei sumažėja aušintuvų galios išnaudojimas. Todėl remiantis jėgainės patirtimi rugpjūčio mėnesį 10 dienų nepavyks maksimaliai gaminti elektros energijos, net ir sumontavus 3 papildomus aušintuvų blokus. Dėl sumažėjusio aušintuvų galios išnaudojimo koeficiento ir todėl teks mažintis katilo apkrovimą. Aušintuvų nuvedamą šiluminę galią perskaičiuojame padauginę iš galios išnaudojimo koeficiento:

$$Q_{\text{aušintuvų}} = 8,4 * 0,75 = 6,3\text{MW} \quad (4.3)$$

Priartėjimo būdu perskaičiuojame jėgainės gaminamą elektros energijos kiekį karštosiomis dienomis, kad šilumos energiją pajėgtu nuvesti naujai sumontuoti 3 aušintuvų blokai. Reikalinga papildoma ciklo energiją apskaičiuojame pagal (4.2) formulę:

$$Q_c = \frac{P}{\eta_{el.}} = \frac{2,35}{0,2763} = 8,51\text{MW}$$

Iš 8,51 MW atėmę 2,35MW elektros energijos galią, gauname šilumos kiekį, kurį reikia nuvesti į aplinką aušintuvių pagalba t.y. $(8,51-2,35)= 6,16\text{MW}$. Gavome šilumos kiekį kurį 3 papildomi aušintuvai sugebės nuvesti į aplinką, nes į miestą šiluminis poreikis išlieka pastovus.

Įdiegus 3 aušintuvų blokus, šį mėnesį papildomai elektros energijos pagamintume $2,60\text{MW} * 24(\text{h/para}) * 21(\text{d/mėnuo}) = 1310 \text{ MWh}$. O per 10 likusių dienų pagamintume $2,35\text{MW} * 24(\text{h/para}) * 10(\text{d/mėnuo}) = 564 \text{ MWh}$. Papildomiems aušintuvų blokų ventiliatoriams reikalingą elektros energiją: $120\text{kW} * 24(\text{h/para}) * 31(\text{d/mėnuo}) = 89 \text{ MWh}$. Įvertinus ventiliatoriams reikalingą elektros energiją į tinklus papildomai galime patiekti: $1874-89=1785\text{MWh}$.

Rugsėjo mėnesio gamybos nevertiname, nes dažniausiai jėgainė stabdoma planiniams remonto darbams, pasirengti šildymo sezonui. Nereikėtų konkretizuoti, kad tik rugsėjo mėnesį jėgainė stabdoma remontui. Ji gali būti stabdoma pasirinkus vieną iš nešildymo sezono mėnesių. Kaip ilgametė jėgainės praktika rodo, kad geriau jėgainę profilaktiniam sustojimui stabdytis kuo vėliau, kad būtų galima dirbti visą šildymo sezoną be papildomų sustojimų.

Vienos MWh vidutinė kaina 2016 metų vasaros laikotarpiu vidutiniškai buvo 37 Eur/MWh [20]. Remiantis elektros kaina apskaičiuojamos planuojamos metinės pajamos pagal (4.4) formulę:

$$A = E * A_{\text{biržos kaina}} \quad (4.4)$$

$$A = 3055\text{MWh} * 37\text{€}/\text{MWh} = 113035 \text{ €}$$

Čia: E - papildomai pagaminta elektros energija, $A_{\text{biržos kaina}}$ - elektros kaina biržoje.

Apytiksliais duomenys rodo, kad toks projektas papildomai generuotų 113035 € per metus.

Žinant reikiamą aušintuvų kiekį, galima parengti preliminarią sistemos plėtros sąmatą. Preliminari sąmata pateikta 4.3 lentelėje. Sąmatoje pateikiama projektavimo, reikiamos įrangos, montavimo, paleidimo ir derinimo kaštai.

4.3 lentelė. Papildomų 3vnt. aušintuvų sąnaudų pasiskirstymas.

Investicijų išlaidų pasiskirstymas (EUR)	
Sąnaudų elementai	Kaina, €
Projektavimas	4000
Plokštelinis šilumokaitis	68350
Konstrukcijos montavimas	5000
Oriniai aušintuvai	49900
Uždaromoji armatūra	6000
Vamzdynai ir instaliavimo darbai	15000
Elektros instaliacijos montavimo darbai	2000
Pastolių montavimas ir apšiltinimas	2000
Automatikos derinimo darbai	1000
Nenumatyti darbai 5%	7662.5
Viso:	160913

Apskaičiavus investicijų kainą ir planuojamas pajamas, galima atlikti ekonominio efektyvumo vertinimą. Kadangi pajamos iš investicijos yra tik sezoninės, tačiau ekonominio efektyvumo vertinimas skaičiuojamas metais.

Atsipirkimo laikas – tai laiko periodas reikalingas pirminei investicijų vertei atstatyti. Pats paprasčiausias ir populiariausias ekonominio efektyvumo įvertinimo rodiklis yra statistinio atsipirkimo laiko apskaičiavimas. Statistinis atsipirkimo laikas apskaičiuojamas pagal (4.5) formulę, investicijų sumą padalinus iš planuojamų metinių pajamų:

$$T_s = \frac{K}{A}; \quad (4.5)$$

Čia: K- investicijos, €. A- planuojamos metinės pajamos, €.

$$T_s = \frac{160913}{113035} = 1,42 \text{ metų}$$

Atlikus skaičiavimus gautas rezultatas, kad investicijos atsipirks per 1,42 metų. Tačiau skaičiuojant statistinį atsipirkimo laiką nėra vertinama diskonto norma. Todėl reikia atlikti skaičiavimus įvertinant diskonto normą.

Apskaičiuojamos diskontuotos pajamos ir diskontuotas pelnas bei dabartinė išlaidų vertė per 20 metus naudojant sumažinimo koeficientą. Priimame sąlygą, kad projekto rengimo metai yra nuliniai, o diskonto norma 3 %.

Sumažinimo koeficientas apskaičiuojamas pagal (4.6) formulę:

$$S = \frac{1}{(1+i)^n}; \quad (4.6)$$

Čia: i - diskonto norma ($i=0,03$), n - metai.

Ekspluatacinės išlaidos tai bus naujų aušintuvų radiatorių valymas vieną kartą per metus planinio sustojimo metu, kurio kaina 300€. Įvertinus sumažinimo koeficientą duomenys pateikiami 4.4 lentelėje.

4.4 lentelė. Pinigų srautai esant 3% diskonto normai.

Metai	Kapitalinė investicija, €	Ekspluataciniai kaštai, €	Sumažinimo koeficientas	Dabartinė išlaidų vertė, €	Diskontuotos pajamos, €	Diskontuotas pelnas, €
0	160913	0,00	0,00	160913	0,00	0,00
1	0,00	300,00	0,97	291,26	109742,72	-51461,54
2	0,00	300,00	0,94	282,78	106546,33	54802,01
3	0,00	300,00	0,92	274,54	103443,04	157970,50
4	0,00	300,00	0,89	266,55	100430,13	258134,09
5	0,00	300,00	0,86	258,78	97504,98	355380,29
6	0,00	300,00	0,84	251,25	94665,03	449794,08
7	0,00	300,00	0,81	243,93	91907,80	541457,95
8	0,00	300,00	0,79	236,82	89230,87	630452,00
9	0,00	300,00	0,77	229,93	86631,92	716853,99
10	0,00	300,00	0,74	223,23	84108,66	800739,42
11	0,00	300,00	0,72	216,73	81658,89	882181,58
12	0,00	300,00	0,70	210,41	79280,47	961251,64
13	0,00	300,00	0,68	204,29	76971,33	1038018,69
14	0,00	300,00	0,66	198,34	74729,45	1112549,81
15	0,00	300,00	0,64	192,56	72552,87	1184910,11
16	0,00	300,00	0,62	186,95	70439,67	1255162,84
17	0,00	300,00	0,61	181,50	68388,03	1323369,37
18	0,00	300,00	0,59	176,22	66396,15	1389589,30
19	0,00	300,00	0,57	171,09	64462,28	1453880,49

20	0,00	300,00	0,55	166,10	62584,74	1516299,13
Iš viso:				165376,24	1681675,37	1516299,13

Investicijų atsipirkimo laikas T_D įvertinus diskonto normą apskaičiuojamas pagal (4.7) formulę:

$$T_D = \frac{K(i+2)}{2*A-K*i}; \quad (4.7)$$

Čia: diskonto norma i ($i=0,03$), jei po modernizacijos, kuriai išleidžiama K suma pinigų, iš gauto pelno įmonė gali skirti paskolai vidutinę A sumą pinigų kasmet.

$$T_D = \frac{160913 * (0,03 + 2)}{2 * 113035 - 160913 * 0,03} = 1,48 \text{ metų}$$

Taigi atsipirkimo laikas bus 1,48sezone*92 dienos (papildomų aušintuvų veikimo laikas)=4 mėnesiai ir 16 dienų.

Iš 4.4 lentelės duomenų galime apskaičiuoti dabartinę grynąją projekto vertę pagal (4.8) formulę:

$$NPV = PVB - PVC; \quad (4.8)$$

Čia: PVB – pajamų srauto dabartinė vertė, PVC – išlaidų srauto dabartinė vertė.

$$NPV = 1681675,37 - 165376,24 = 1516299,13 \text{ €}$$

Atlikus skaičiavimus gautas rezultatas, kuris tenkiną pagrindinę sąlygą, kad esant atitinkamai diskonto normai $NPV > 0$. Taigi projektas yra priimtinas.

Investiciniai projektai taip pat dar yra vertinami pagal pajamų ir išlaidų santykį (B/C), kitaip dar vadinamą investicijų rentabilumo indeksą. Šį indeksą apskaičiuosime pagal (4.9) formulę:

$$B/C = \frac{PVB}{PVC}; \quad (4.9)$$

Čia: PVB – pajamų srauto dabartinė vertė, PVC – išlaidų srauto dabartinė vertė.

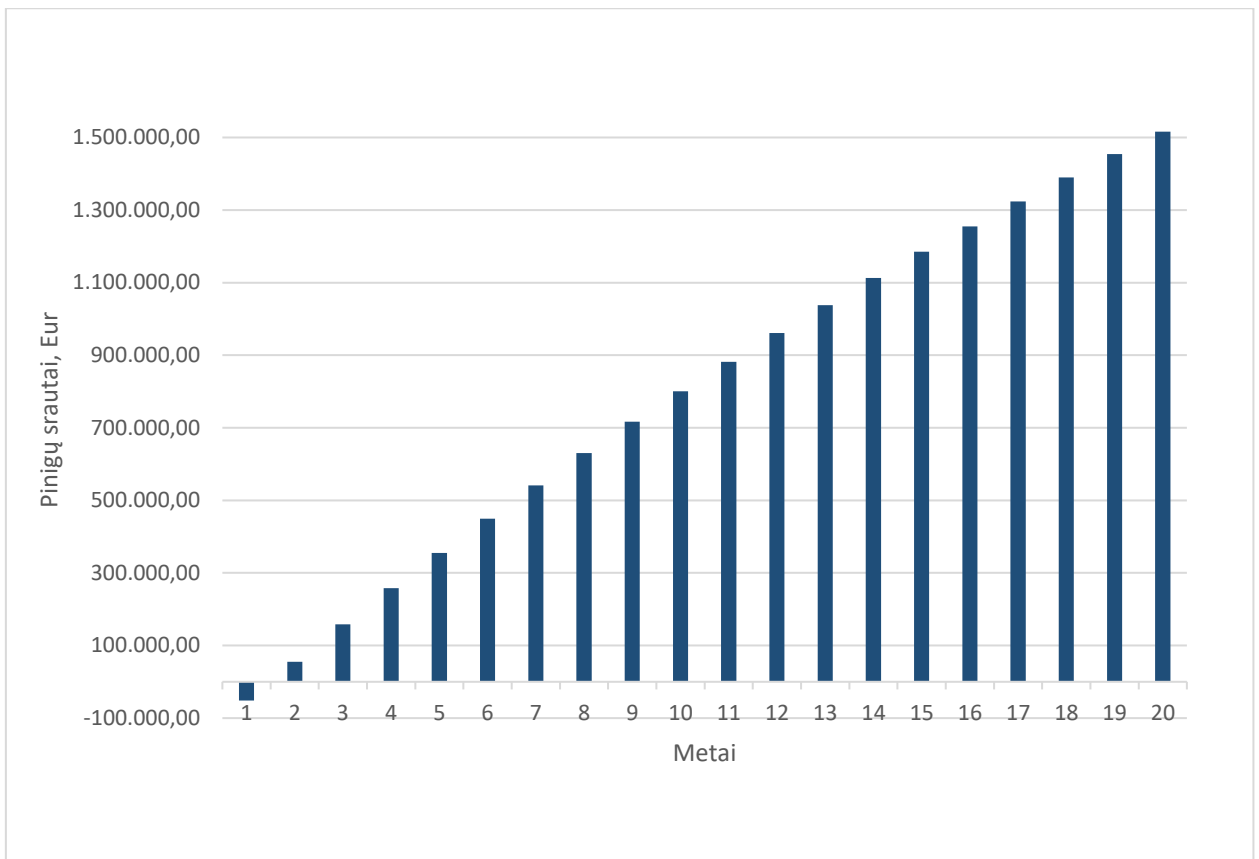
$$\frac{B}{C} = \frac{1681675,37}{165376,24} = 10,17$$

Kad projektas būtų priimtinas reikia, jog santykis tenkintų sąlygą $B/C \geq 0$. Atlikus skaičiavimus matome, kad vėl tenkinama pagrindinė sąlyga $10,17 \geq 0$. Todėl projektas yra priimtinas.

Toliau pateikiame projekto balansą iš 4.4 lentelės duomenų. Projekto balansas parodo projekto būsimąją vertę laiko momentu. Projekto balansas apskaičiuojamas pagal (4.10) formulę:

$$PB(k)_T = \sum_{t=0}^T CF_t(1+i)^{T-t}; \quad (4.10)$$

Čia: i - diskonto norma, CF_t – pinigų srautas laiko momentu t , T – naudojimo trukmė metais.



4.7 pav. Projekto pinigų srautai laiko momentu.

Taigi atlikus projekto finansinius skaičiavimus bei įvertinus projektą skirtingais ekonominiais vertinimo metodais gautas teigiamas rezultatas - po 20 metų projekto nauda įmonei bus apie 1,5 milijono eurų.

IŠVADOS

1. Apžvelgus atliekų deginimo naudą bei perspektyvas, išvelgiamas dar nemažas energijos iš atliekų potencialas. Vis dar 28% visų ES-28 narių atliekos laidojamos sąvartynuose, o jos deponuodamos išskiria metano dujas, kurios prisideda prie klimato šiltėjimo sparčiau nei CO₂ dujos. Degindami atliekas sumažiname sunaudojamo iškastinio kuro kiekį, o taip sutaupomi CO₂ emisijų išmetimai. Deginant atliekas apie 50% energijos gaunama iš bioskaidžios dalies, kuri yra laikoma atsinaujinančia energija. Ir tokiu būdu prisidedama prie ES politikos dėl atsinaujinančių išteklių generacijos padidėjimo iki 20%.
2. Pereinant prie ES žiedinės ekonomikos, energijos gavimo iš atliekų procesai gali atlikti tam tikrą vaidmenį, sumažinti atliekų keliaujančių į sąvartynų kiekį iki 10%. Tačiau juos renkantis turi būti vadovaujama ES atliekų tvarkymo hierarchija ir nedaroma kliūčių išvengti atliekų susidarymo, daugiau jų pakartotinai naudoti ir perdirbti. Žiedinės ekonomikos iškeltas tikslas, kad 65% susidarančių komunalinių atliekų turi būti pakartotinai panaudotos arba perdirbtos iki 2030 metų.
3. Išanalizavus Lietuvoje susidarančių atliekų kiekius, nustatyta, kad deginimo pajėgumų iki 2030 metų tikrai nepritrūks. Sunku prognozuoti pramonės ir kituose ūkinės veiklos sektoriuose susidarančių atliekų srautus, nes jie priklauso nuo gamybos apimčių. Tačiau jei ir sumažėtų pramonės ir kituose ūkinės veiklos sektoriuose susidarančių atliekų kiekiai, juos būtų galima kompensuoti biokuru.
4. Atliekų deginimo kogeneracinės jėgainės Klaipėdoje patirtis ir analizė rodo, kad orinių aušintuvų galia mūsų geografinėje zonoje (nežiūrint to, kad tai pajūris) yra per maža ir tai neleidžia pilnai išnaudoti elektros gamybos apimčių vasarą.
5. Atlikus papildomų 3 vienetų orinių aušintuvų sumontavimo projekto ekonominį vertinimą, gavau rezultata, kad po 20 metų projekto nauda įmonei bus apie 1,5 milijono eurų papildomų pajamų iš elektros energijos pardavimo.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. *Carbon emissions future streaming chart*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-07-18]. Prieiga per internetą: <https://www.investing.com/commodities/carbon-emissions-streaming-chart>
2. *Atmospheric CO₂ at Mauna Lao Observatory*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-21]. Prieiga per internetą: <https://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/full.html>
3. Metz, B., O. Davidson, H. C. de Coninck, M. Loos, and L. A. Meyer (eds.). *IPCC Special Report on Carbon Dioxide Capture and Storage*. Prepared by Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2005. ISBN-13 978-0-521-86643-9.
4. European Commission. *Energy for the future: renewable sources of energy*. White paper for a community strategy and action plan, COM(97) 599 final, 1997. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-15]. Prieiga per internetą: http://europa.eu/documents/comm/white_papers/pdf/com97_599_en.pdf
5. *Dėl elektros pagamintos iš atsinaujinančių energijos išteklių, skatinimo elektros energijos vidaus rinkoje*. Europos parlamento ir Tarybos direktyva 2001/77/EB, 2001. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-10]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0077&from=en>
6. Scarlat, N., J. Dallemand, F. Monforti-Ferrario, M. Banja, V. Motola. *Renewable energy policy framework and bioenergy contribution in the European Union – An overview from National Renewable Energy Action Plans and Progress Reports*. Iš: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 51 (2015) 969–985 [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-19]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2015.06.062>
7. European Commission. *Energy Roadmap 2050*. Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions, COM (2011) 885 final. 2011 [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-18]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0885:FIN:EN:PDF>
8. Eurostat. *Database of Energy from renewable sources 2016*. [interaktyvus]. [žiūrėta: 2017-03-10]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Energy_from_renewable_sources

9. *20 years of carbon capture and storage - Accelerating future deployment*. International Energy Agency 2016. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/20-years-of-carbon-capture-and-storage.html>
10. Leung, D.Y.C. , G. Caramanna, M. M. Maroto-Valer. *An overview of current status of carbon dioxide capture and storage technologies*. Iš: *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 39 (2014) 426–443 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-01-18]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2014.07.093>
11. Europos Komisija. *Energijos iš atliekų vaidmuo žiedinėje ekonomikoje*. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui, KOM (2017) 34 galutinis 2017 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-04-18]. Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/LT/COM-2017-34-F1-LT-MAIN-PART-1.PDF>
12. Eurostat. *Database of Municipal waste statistics 2016*. [interaktyvus]. [žiūrėta: 2017- 04-10]. Prieiga per internetą: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/images/2/2e/MW_25_01_2017.xlsx
13. Stengler, E. *Circular Economy and Energy Union*. 8th CEWEP Waste-to-Energy Congress, Rotterdam, 2016. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-07-05]. Prieiga per internetą: http://cewep.eu/media/cewep.eu/org/med_823/1491_e_stengler_-_circular_economy_and_energy_union.pdf
14. *ISWA REPORT 2015*. International Solid Waste Association, Vienna, Austria 2015. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-08]. Prieiga per internetą: http://www.iswa.org/fileadmin/galleries/Publications/ISWA_Reports/ISWAreport2015_webred.pdf
15. Pomberger, R., R. Sarc, K.E. Lorber. *Dynamic visualisation of municipal waste management performance in the EU using Ternary Diagram method*. Iš: *Waste Management* 61 (2017) 558–571 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-12]. Prieiga per internetą: <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.018>
16. Vogt, R., C. Derreza-Greeven, J. Giegrich, G. Dehoust, A. Möck, C. Merz. *The Climate Change Mitigation Potential of the Waste Sector*. Federal Germany Environment Agency, 2015. ISSN 1862-4804.
17. *Komunalinių atliekų apskaitos duomenys Lietuvoje* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016-06-21]. Prieiga per internetą: <http://atliekos.gamta.lt/cms/index?rubricId=e4055918-4f56-4aee-8c10-620b407cc6f1>

18. LIETUVOS RESPUBLIKOS VYRIAUSYBĖ. *Nacionalinė šilumos ūkio plėtros 2015–2021 metų programa: 2015 m. kovo 18 d. Nr. 284* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-04-11].
Prieiga per internetą:
<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/a1484c20d3c711e4bcd1a882e9a189f1>
19. Vaišnoras, A. *Lietuvoje susidaranti energijos gamybai tinkamų atliekų kiekių ir jų energetinio potencialo vertinimas*. SWECO Lietuva, Vilnius, 2015. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-02-12]. Prieiga per internetą:
<http://www.sweco.lt/lt/Lithuania/Apie-Sweco/Pranesimai/Atlieku-potencialas/>
20. *Elspot prices market data* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-03-06]. Prieiga per internetą:
<http://www.nordpoolspot.com/Market-data1/Elspot/Area-Prices/LT/Monthly/?view=table>
21. UAB „Fortum Klaipėda“ duomenys apie šilumos kiekius, pagamintus iš atsinaujinančių energijos išteklių, ir šilumos kiekius, pagamintus iš iškastinio kuro. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-04-06]. Prieiga per internetą: <https://www.fortum.com/countries/lt/c-f-about/c-f-gam-tiekimas/c-f-gam-tiekimas-f-klp/c-f-gam-tiekimas-f-klp-veiklos-rezult/Pages/default.aspx>
22. ŠVENČIANAS, Petras, Arvydas ADOMAVIČIUS. *Inžinerinė termodinamika*. Kaunas: Technologija, 2011. ISBN 978-609-02-0047-6
23. Changkook, R., Donghoon S. *Combined Heat and Power from Municipal Solid Waste: Current Status and Issues in South Korea*. ISSN 1996-1073. 2012
24. GRONSKAS, Vladas. *Ekonominė analizė*. Kaunas: Technologija, 2008. ISBN 9955098708.

Priedas Nr. 1 Atliekų susidarymo prognozės, 2014-2020 metams (Lietuvos Respublikos Vyriausybė, 2014)

Eil. Nr.	Atliekų rūšys	Susidarančių / surinktų atliekų kiekis, tonų per metus	Numatomas susidarančių atliekų kiekis, tonų per metus							Perdirbtų atliekų kiekis, tonų per metus (naujausi metai, kurių duomenų turima)
			2011 metais	2014 metais	2015 metais	2016 metais	2017 metais	2018 metais	2019 metais	2020 metais
1.	Komunalinės atliekos	1 367 007	1 371 567	1 377 511	1 382 102	1 386 709	1 391 332	1 395 969	1 400 623	307 490
2.	Pakuočių atliekos	292 348 ²	304 045	308 054	312 118	316 239	320 417	324 654	328 950	181 886
3.	Pramonės atliekos (gamybos ir kitos ūkinės veiklos)	4 089 306	4 268 520	4 329 987	4 392 339	4 455 588	4 519 749	4 584 833	4 650 855	817 861
4.	Pavojingosios atliekos	144 000	158 720	161 974	188 665	191 818	195 035	198 316	201 662	66 814
5.	Nuotekų dumblas	51 830	69 853	75 860	81 868	81 868	81 868	81 868	81 868	10 190
6.	Baterijos ir akumuliatoriai	1 200	16 771	17 492	18 192	18 920	19 676	20 463	21 282	15 146
7.	Polichlorintieji bifenilai ir polichlorintieji terfenilai	40	5	4	3	3	2	2	1	0
8.	Eksploatuoti netinkamos transporto priemonės	21 200	23 391	24 397	25 373	26 388	27 443	28 541	29 683	21 254
9.	Elektros ir elektroninės įrangos atliekos	11 800	12 940	13 320	13 700	15 617	17 535	19 452	21 369	6 467
10.	Kasybos pramonės atliekos	15 858	17 497	18 250	18 980	19 739	20 528	21 350	22 204	7 561
11.	Biologiškai skaidžios komunalinės atliekos	605 568	607 588	610 221	612 255	614 296	616 344	618 398	620 460	124 107
12.	Naudotos alyvos	4 000	4 672	4 896	5 574	6 268	6 978	7 703	8 662	4 169
13.	Statybos ir griovimo atliekos (su metalų atliekomis)	806 447	836 801	847 596	857 767	868 060	878 477	889 019	899 687	579 264

Priedas Nr.2 LR aplinkos ministerijos informacijos pateikimo raštas dėl atliekų kiekio 2030 m.

„Lietuvos energija“, UAB
Gauta
2017-01-30 Nr. G_2017-29



LIETUVOS RESPUBLIKOS APLINKOS MINISTERIJA

Biudžetinė įstaiga, A. Jakšto g. 4, LT-01105 Vilnius,
tel. (8-5) 266 3661, faks. (8-5) 266 3663, el. p. info@am.lt, http://www.am.lt.
Duomenys kaupiami ir saugomi Juridinių asmenų registre, kodas 188602370

Lietuvos Respublikos Seimo Energetikos
komisijai

2017-01-30 Nr. (17-2)-D8-709

į 2017-01-16 Nr. S-2017-396

Kopija
Lietuvos Respublikos finansų ministerijai
Lietuvos Respublikos energetikos ministerijai
Lietuvos Respublikos ūkio ministerijai
UAB „Lietuvos energija“

DĖL INFORMACIJOS PATEIKIMO

Atsakydami į Jūsų 2017 m. sausio 16 d. raštą Nr. S-2017-396, pagal kompetenciją teikiame informaciją į Jūsų rašte pateiktus klausimus.

UAB „Lietuvos energija“ 2017 m. sausio 16 d. raštu Nr. SR_2017-12 (pridedama) Aplinkos ministerijai pateikė informaciją, kad pagal UAB „Lietuvos energija“ planus Vilniaus kogeneracinę jėgainę numatoma pradėti eksploatuoti 2019 m., o Kauno kogeneracinę jėgainę – 2020 m. Taip pat Aplinkos ministerija yra gavusi UAB „Fortum Heat Lietuva“ 2017 m. sausio 16 d. raštą Nr. SH-05 (pridedama), kuriame informuojama, kad „esant vidutiniam 12 MJ/kg po rūšiavimo likusių atliekų kaloringumui (toks vidutinis kuro kaloringumas pasiekia jėgainę iš MBA įrenginių) tam pačiam energijos gamybos kiekiui reikėtų sudeginti apie 190,3 tūkst. t atliekų, iš kurių apie 43 tūkst. t pramoninių atliekų. Didesnis nei 190,3 tūkst. t metinis atliekų kiekis esant vidutiniam 12 MJ/kg komunalinių atliekų kaloringumui negali būti sudegintas 85 MW galios katile, atliekų deginimo termofikacinėje jėgainėje Klaipėdoje.“

Vadovaujantis UAB „Fortum Heat Lietuva“ informacija, galima teigti, kad Klaipėdos atliekų deginimo jėgainės pajėgumai yra apie 200 tūkst. tonų atliekų per metus (primename, kad UAB „Fortum Heat Lietuva“ taršos integruotos prevencijos ir kontrolės leidime – 255 tūkst. tonų). Vadovaujantis Valstybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 metų plano, patvirtinto 2002 m. balandžio 12 d. nutarimu Nr. 519 „Dėl Valstybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 metų plano patvirtinimo“, nuostatomis, Vilniaus mieste planuojama energijai gauti panaudoti iki 160 tūkst. tonų ir (ar) Kauno mieste – iki 200 tūkst. tonų po rūšiavimo likusių netinkamų pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčių komunalinių atliekų per metus, įskaitant kietąjį atgautąjį kurą. Taigi, bendras planuojamų ir esamų atliekų deginimo įrenginių pajėgumas – 560 tūkst. tonų per metus.

Atsakant į 1 klausimą, teikiame informaciją apie prognozuojamą degintinų atliekų kiekį Lietuvoje.

Dėl po rūšiavimo likusių netinkamų pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčių komunalinių ir pakuočių atliekų kiekio. Informuojame, kad planuojamas 2030 m. susidarantis po rūšiavimo likusių netinkamų pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčių komunalinių atliekų kiekis sieks apie 390 tūkst. tonų, kurių kaloringumas vidutiniškai 8-15 MJ/kg.

Vadovaujantis LR atliekų tvarkymo įstatymo 2 straipsnio 10 dalimi, „atliekų laikymas –



2

naudoti skirtų atliekų laikymas iki apdorojimo ne ilgiau kaip trejus metus ir šalinti skirtų atliekų laikymas iki apdorojimo ne ilgiau kaip vienus metus, išskyrus laikinąjį laikymą atliekų susidarymo vietoje iki jų surinkimo.“ Kadangi UAB „Lietuvos energija“ planuoja Vilniaus kogeneracinę jėgainę pradėti eksploatuoti 2019 m., o Kauno kogeneracinę jėgainę – 2020 m., šiuo metu susidarantis po rūšiavimo likusias netinkamas pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčias atliekas, susidariusias 2016 m., 2017 m. ir (ar) dalį 2018 m., rekomenduojama šalinti sąvartyne. Atsižvelgiant į tai, kad atliekų šalinimas sąvartyne yra žemiausias atliekų tvarkymo prioritetas, planuojama, kad nuo 2018 m. bus pradėtos laikyti po rūšiavimo likusios netinkamos pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčios atliekos, kurios galės būti sudegintos Vilniaus ir (ar) Kauno atliekų deginimo jėgainėse. Atlikus skaičiavimus, tikėtina, kad per metus atliekų deginimo jėgainėse bus sudeginama apie 100 tūkst. tonų per tam tikrą laiką sukauptų atliekų.

Kaip jau buvome informavę Jus 2017 m. sausio 9 d. raštu Nr. (17-2)-D8-156, pakuočių atliekų kiekis, kuris galės būti sudeginamas atliekų deginimo įrenginiuose, 2030 m. sieks 60 tūkst. tonų per metus.

2020 m.			2030 m.		
Atliekų naudojimas	t	%	Atliekų naudojimas	t	%
Susidarantis atliekų kiekis	1,3 mln.	100	Susidarantis atliekų kiekis	1,3 mln.	100
Perdirbta	364.000	28	Perdirbta ir kompostuota	845.000	65
Kompostuota	156.000	12			
Panaudota energijai gauti	416.000	32	Panaudota energijai gauti	390.000	30
Pašalinta sąvartynuose	364.000	28	Pašalinta sąvartynuose	65.000	5
Palaikytos atliekos			Palaikytos atliekos		
Palaikytų atliekų panaudojimas kasmet	100.000	6,7 (nuo 1,5 mln. t)	Palaikytų atliekų panaudojimas kasmet	100.000	6,7 (nuo 1,5 mln. t)
Pakuočių atliekos			Pakuočių atliekos		
Pakuočių atliekos	20.000	5–23%	Pakuočių atliekos	60.000	25%

Dėl gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų kiekio. Kaip minėjome 2017 m. sausio 9 d. rašte Nr. (17-2)-D8-156, 2015 m. Lietuvos Respublikos Vyriausybės kanceliarijos užsakymu atliktas tyrimas „Atliekų prevencijos ir perdirbimo organizavimo ir finansavimo vertinimas“.

Remiantis tyrimo duomenimis, nepavojingos gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekos 2013 m. sudarė 2 095 tūkst. tonų (be fosfogipso atliekų) arba apie 92 proc. visų surinktų/susidariusių gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų. Nepavojingų gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų tvarkymas atitinka atliekų tvarkymo hierarchiją: 2013 m. nepavojingų gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų deginimas sudarė apie 11 proc. (apie 230 tūkst. tonų) visų surinktų/susidariusių gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų, šalinimas sąvartyne – apie 16 proc. (apie 335 tūkst. tonų), šalinimas kitais būdais – apie 1 proc. (apie 21 tūkst. tonų), perdirbimas – apie 34 proc. (apie 712 tūkst. tonų), eksportas – apie 23 proc. (apie 482 tūkst. tonų), kitaip panaudotos nepavojingos gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekos sudarė 8 proc. (apie 168 tūkst. tonų), apdorotos – apie 5 proc. (apie 105 tūkst. tonų) visų surinktų/susidariusių nepavojingų gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų.

Pagal UAB „Fortum Heat Lietuva“ 2017 m. sausio 16 d. rašte Nr. SH-05 pateiktą informaciją 2016 m. UAB „Fortum Heat Lietuva“ sudegino 42,7 tūkst. tonų atliekų.

Informuojame, kad tikslių prognozių dėl gamybos ir kitos ūkinės veiklos metu susidarantių degių atliekų kiekio pateikti negalime, nes pagal Atliekų tvarkymo įstatymo 22 straipsnį Ūkio ministerija atsakinga už gamybos ir kitos ūkinės veiklos metu susidarantių atliekų tvarkymo reglamentavimą.

Atsižvelgiant į tyrimo „Atliekų prevencijos ir perdirbimo organizavimo ir finansavimo vertinimas“ rezultatus, informaciją UAB „Fortum Heat Lietuva“ 2017 m. sausio 16 d. rašte Nr. SH-05 ir tai, kad šiuo metu yra ribotos galimybės sudeginti gamybos ir kitos ūkinės veiklos metu susidariusias atliekas, darytina prielaida, kad per metus galėtų susidaryti apie 200 tūkst. tonų gamybos ir kitos ūkinės veiklos atliekų. Tačiau gamybos ir kitos ūkinės veiklos metu susidarantių atliekų kiekis kasmet gali labai skirtis priklausomai nuo gamybos apimčių, todėl gamybos atliekų

kiekis yra sunkiai prognozuojamas.

Dėl džiovinto dumblo kiekio. Pagal Lietuvos vandens tiekėjų asociacijos pateiktą informaciją iki šios dienos Lietuvoje nuo regioninių dumblo apdorojimo įrenginių eksploatacijos pradžios (2013–2014 m.) yra sukaupta ir nepanaudota apie 107 tūkst. tonų sukaupto dumblo, iš kurio apie 6 tūkst. tonų yra III kategorijos džiovinas nuotekų dumblas tinkamas naudoti energijai gauti. Atkreipiame dėmesį, kad I ir II kategorijos dumblas gali būti naudojamas energijai gauti, tačiau rekomenduojama, kad pirmiausia dumblas atitinkantis aplinkos ministro 2001 m. birželio 29 d. įsakymo Nr. 349 „Dėl normatyvinio dokumento LAND 20-2001 „Nuotekų dumblo naudojimo tręšimui reikalavimai“ patvirtinimo“ reikalavimus, turėtų būti naudojamas tręšimui, miškininkystėje ir pažeistų teritorijų rekultivavimui.

Nuotekų dumblo tvarkymo sąnaudos yra įskaičiuojamos į geriamojo vandens tiekimo ir nuotekų tvarkymo paslaugos kainą, todėl vandens tiekėjai vertindami dumblo tvarkymo kaštus priima sprendimą dėl galutinio dumblo sutvarkymo.

Sausinto/džiovinto nuotekų dumblo kaloringumas – apie 11 MJ/kg.

Atsakant į 2 klausimą, atkreipiame dėmesį, kad pagal turimą informaciją atsakant į 1 klausimą, manytina, kad po rūšiavimo likusių netinkamų pakartotinai panaudoti ir perdirbti energetinę vertę turinčių komunalinių atliekų kiekis, gamybos ir kitos ūkinės veiklos metu susidarančių degintų atliekų kiekis ir džiovinto dumblo kiekis 2030 m. bus pakankamas, kad būtų išnaudojami trijų atliekų deginimo jėgainių pajėgumai.

Atsakant į 3 klausimą, informuojame, kad Valstybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 metų plano, patvirtinto 2002 m. balandžio 12 d. nutarimu Nr. 519 „Dėl Valstybinio atliekų tvarkymo 2014–2020 metų plano patvirtinimo“, 232.3. papunktyje nustatyta, kad siekiant mažinti atliekų šalinimą sąvartynuose ir įgyvendinti atliekų prevencijos ir tvarkymo prioritetų ciliškumą draudžiama įvežti (importuoti) į Lietuvą iš kitų valstybių atliekas ir iš atliekų pagamintą kietąjį atgautąjį kurą, skirtus šalinti ir (arba) naudoti energijai gauti.

Atsakant į 4 klausimą, informuojame, kad Aplinkos ministerija neturi informacijos, kad artimiausioje ateityje būtų planuojami statyti kiti atliekų deginimo įrenginiai nei numatyta Valstybiniame atliekų tvarkymo 2014–2020 metų plane.

PRIDEDAMA:

1. UAB „Lietuvos energija“ 2017 m. sausio 16 d. rašto Nr. SR_2017-12 kopija, 1 lapas.
2. UAB „Fortum Heat Lietuva“ 2017 m. sausio 16 d. rašto Nr. SH-05 kopija, 2 lapai.

Aplinkos ministras

Kęstutis Navickas

L. Zukė, 8 706 62705, el. p. laura.zuke@am.lt

Priedas Nr.3 Termofikacinio vandens temperatūrinis grafikas šildymo sezonui



TVIRTINU: AB "Klaipėdos energija"
 Technikos direktorius
 VILIJUS BUINEVIČIUS
 2016m. 09 mėn. 20 d.

**IŠ ŠILUMOS ŠALTINIŲ Į KLAIPĖDOS M. CŠT TINKLĄ TIEKIAMO IR GRAŽINAMO
 ŠILUMNEŠIO PARAMETRŲ GRAFIKAS 2016/2017 M.M. ŠILDYMO SEZONUI**
 T patalpų = 18 °C

Lauko oro temperatūra °C	Tinklo vandens temperatūra °C		
	Paduodama kai vėjo greitis		Grįžtama
	< 5 m / s	> 5 m / s	
10	68,5	68,5	42,3
9	68,5	68,5	42,1
8	68,5	68,5	41,9
7	68,5	68,5	41,7
6	68,5	68,5	41,4
5	68,5	68,5	41,2
4	69,5	70,5	41,6
3	70,5	72	42,4
2	71,5	73,3	42,7
1	73,2	75,7	42,9
0	75,3	78	43,1
-1	77,2	80,3	43,7
-2	79,3	82,2	44
-3	81	84,4	44,5
-4	82,9	86	44,9
-5	85,4	88,7	46
-6	87,8	91,3	47
-7	90,3	93,9	48
-8	92,8	96,4	49
-9	95,2	99	50,1
-10	97,7	101,6	51,1
-11	100,1	104,1	52,1
-12	102,5	106,6	53,1
-13	104,9	109,2	54,1
-14	107,3	111,7	55,1
-15	109,7	114,2	56,1
-16	112,1	116,7	57
-17	114,4	119,2	58
-18	116,8	121,5	59
-19	119,2	121,5	60
-20	121,5	121,5	61

PASTABOS: 1. Termofikacinio vandens temperatūra T_1 užduodama keturis kartus paroje pagal vietinius, registruojančius lauko oro t - rą, prietaisus.
 T_1 užduodama einamos dienos 0⁰⁰, 6⁰⁰, 12⁰⁰, 18⁰⁰ val.

- Pastato karšto vandens sistemoje vandens temperatūra turi būti 50 - 60 °C. (HN 24:2003 "Geriamojo vandens saugos ir kokybės reikalavimai").
- Esant $t_{lo} \geq +3$ °C, leidžiami temperatūrų nukrypimai: $T_1 = +5$ °C, $T_{2 \text{ vid.paros}} = +3$ %
- Esant $t_{lo} < +3$ °C, leidžiami temperatūrų nukrypimai: $T_1 = \pm 5$ °C, $T_{2 \text{ vid.paros}} = +3$ %
- Esant $t_{lo} < -8$ °C, AB "Klaipėdos baldai" šilumos šaltinis atjungiamas iš šil.kam.6P-14A.
- Esant $t_{lo} < -12$ °C, atjungiamas šilumos tiekimas į miesto šil.tinklus iš UAB "Home Group" šil. šalt.
- Esant žemesnei lauko oro temperatūrai už -2 °C (< -1 °C, kai vėjo greitis > 5m/s), šilumos tiekimas į miesto šil.tinklus iš UAB "Geoterma" šilumos šaltinio galimas tik dirbant nuosekliai su Lypkių RK.

Šilumos tiekimo tarnybos vadovas

Arūnas Smaguris

Ruošė: KŠTR eksploatacijos inžinierius

Aleksandras Bazinovas