VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
ŠILDYMO IR VĖDINIMO KATEDRA

Agnė Navickaitė

PASTATO APRŪPINIMO ENERGIJA GALIMYBIŲ TYRIMAS

POSSIBILITY STUDY OF ENERGY SUPPLY FOR BUILDING

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas ***62406T106***
Termoinžinerijos specializacija
Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vilnius, 2008

VILNIAUS GEDIMINO TECHNIKOS UNIVERSITETAS
APLINKOS INŽINERIJOS FAKULTETAS
SILDYMO IR VEDINIMO KATEDRA

Agnė Navickaitė

PASTATO APRŪPINIMO ENERGIJA GALIMYBIŲ TYRIMAS

POSSIBILITY STUDY OF ENERGY SUPPLY FOR BUILDING

Baigiamasis magistro darbas

Energetika ir termoinžinerija studijų programa, valstybinis kodas ***62406T106***
Termoinžinerijos specializacija
Energetikos ir termoinžinerijos mokslo kryptis

Vadovas prof. habil. dr. Vytautas Martinaitis _____ _____ _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Konsultantas lekt. Regina Žukienė _____ _____
(Moksl. laipsnis, vardas, pavardė) (Parašas) (Data)

Vilnius, 2008

Užduotis

Vilniaus Gedimino technikos universitetas
Aplinkos inžinerijos fakultetas
Šildymo ir vėdinimo katedra

ISBN ISSN
Egz. sk. .....
Data .....-.....-.....

Magistrantūros studijų **Energetikos ir termoinžinerijos** programos baigiamasis darbas
Pavadinimas **Pastato aprūpinimo energija galimybių tyrimas**
Autorius **Agnė Navickaitė** Vadovas **prof. habil. dr. Vytautas Martinaitis**

Kalba: lietuvių

Anotacija

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamos decentralizuoto (paskirstytojo) generavimo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo sprendimai, aprūpinant pastatą įvairia energija – šiluma, vėsa, karštu vandeniu, elektra. Energija aprūpinama panaudojant tokius įrenginius – kogeneratorių, kompresorinę ir absorbcinę šaldymo mašinas, saulės kolektorius, dujinį katilą. Apibūdinami pasirinkti įrenginiai, jų veikimo principai, savybės, atskleidžiami jų privalumai ir trūkumai. Parengiamos trys alternatyvių variantų principinės energijos sistemų schemos, suformuotos iš minėtų įrenginių derinių. Pristatomi šių alternatyvių įvairios eneregijos gaminimo variantų galios ir energijos kiekių rodikliai. Parenkamas optimalus naujų technologijų derinys.

Alternatyvių variantų ekonominis pagrįstumas įvertinamas, parenkant optimalų energijos generatorių derinį atsižvelgiant į jų bendrą atsiperkamumą.

Apibendrinus teorines žinias ir gautus skaičiavimo rezultatus, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir pasiūlymai.

Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, teorinė dalis, analizinė dalis, ekonominė dalis, išvados ir pasiūlymai, literatūros sąrašas.

Darbo apimtis – 61 psl. teksto be priedų, 34 iliustr., 11 lent., 46 literatūros šaltiniai.

Atskirai pridedami darbo priedai.

Prasminiai žodžiai

decentralizuotas energijos tiekimas, kogeneratorius, absorbcinė ir kompresorinė šaldymo mašinos, saulės kolektoriai, atsipirkimo laikas

Vilnius Gediminas Technical University
Faculty of Enviromental Engineering
Department of Heating and Ventilation

ISBN ISSN
Copies No. .....
Date .....-.....-.....

Master Degree Studies **Energetics and Thermal Engineering** study programme Master's Thesis

Title **Possibility Study of Energy Supply for Building**

Author **Agnė Navickaitė** Academic supervisor **Prof Dr Habil Vytautas Martinaitis**

Thesis language:
Lithuanian

Annotation

Solutions of decentralized (distributed) production and application of renewable energy sources in the case of different energy - like heating, cooling, hot water, electricity - supply for a building were analyzed in the final master thesis work. Energy supply sources are cogenerator, compressor and absorption cooling machines, solar collectors, gas boiler. Selected devices, their principles of work, characteristics, their advantages and disadvantages were described. Three schemes of principal energy system alternative were described, using combinations of devices mentioned above. Power and energy amount indexes of different energy generating alternatives were specified. The optimal combinations of new technologies were selected.

After the optimal combination of energy generating system was done, economical validity of alternatives were estimated taking into account their total payback time.

After theory and received results were summarized, the conclusions and suggestions were presented in the end of the final master work.

Work consists of 6 parts: introduction, theory, analysis part, economical part, conclusions and suggestions, literature source.

Size of Work: 61 pages of text excluding the appendixes, 34 pictures, 11 tables, 46 literature sources.

Appendixes of the work are attached separately

Keywords

decentralized energy supply, cogenerator, absorption and compressor cooling machines, solar collectors, payback time

TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS **7**
LENTELIŲ SĄRAŠAS **8**
SANTRUPOS **8**
ĮVADAS **9**
1. CENTRALIZUOTAS IR DECENTRALIZUOTAS ENERGIJOS TIEKIMAS PANAUDOJANT NAUJAS TECHNOLOGIJAS **12**
1.1 KOGENERACIJA 16
1.1.2 Kogeneratorių tipai 19
1.1.3 Garo turbinos 19
1.1.4 Dujų turbinos 20
1.1.5 Vidaus degimo variklis 21
1.1.6 Kogeneracinių įrengimų privalumai ir trūkumai 22
1.1.7 Naudojamas kuras 24
1.2 ŠALDYMO MAŠINOS 25
1.2.1 Absorbcinės šaldymo mašinos 26
1.2.2 Kompresorinės šaldymo mašinos 27
1.2.3 Šaldymo mašinų privalumai ir trūkumai 27
1.3 SAULĖS KOLEKTORIAI 28
1.3.1 Saulės kolektorių tipai 29
1.3.2 Saulės šildymo sistemų privalumai ir trūkumai 30
2. „RETScreen" SKAIČIAVIMO METODIKA **31**
2.1 „RETscreen CHCP“ skaičiavimo metodika 32
2.2 „RETscreen SWH“ skaičiavimo metodika 35
3. ANALIZINĖ DALIS **36**
3.1 Nagrinėjamas atvejis 36
3.2 Pastato galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai 36
3.3 Energiją generuojančių įrenginių parinkimas 38
3.4 Energiją generuojančių įrenginių derinimas 39
4. REZULTATAI IR JŲ EKONOMINĖ ANALIZĖ **46**
4.1 Ekonominiai rodikliai ir prielaidos 46
4.2 Energiją generuojančių įrenginių galių parinkimas 47
4.3 Elektros energijos kainų kilimo įtaka sistemų atsiperkamumui 51
3.4 Dujų ir elektros energijos kainų kilimo įtaka sistemų atsiperkamumui 52
5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI **56**
6. LITERATŪROS SĄRAŠAS **58**
PRIEDAI **62**
1. PRIEDAS. STRAIPSNIS. PASTATO APRŪPINIMO ENERGIJA GALIMYBIŲ TYRIMAS 62
2.PRIEDAS. SKAIČIAVIMO PAVYZDYS PAGAL RETSCREEN METODIKĄ (II alternatyva) 66

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1 pav. Darbo struktūra 11
2 pav. Instaliuoti įvairių jėgainių elektriniai galingumai pasaulyje (2000-2004 m. faktiniai, 2005-2010 m. prognozuojami) 13
3 pav. Įvairiose jėgainėse pagaminti elektros energijos kiekiai pasaulyje (2000-2004 m. faktiniai, 2005-2010 m. prognozuojami) 13
4 pav. Trigeneracinio įrenginio pagaminama energija [5] 16
5 pav. Šilumos ir elektros energijos gamybos būdų palyginimas [38] 17
7 pav. Dujų turbinų principinė schema [14] 21
8 pav. Vidaus degimo variklio principinė schema [14] 22
9 pav. Dujų suvartojimo struktūra [9] 25
10 pav. Absorbcinės šaldymo mašinos principinė schema 26
11 pav. Kompresorinės šaldymo mašinos principinė schema 27
12 pav. Saulės spindulinės energijos kiekiai metų laikotarpyje 28
13 pav. Principinė saulės kolektorių schema [35] 29
14 pav. Galutinės energijos galių poreikių grafikas 38
15 pav. I-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema 40
16 pav. I alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai 41
17 pav. II-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema 42
18 pav. II alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai 43
19 pav. III-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema 44
20 pav. III alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai 45
21 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, keičiant kogeneratoriaus galias 48
22 pav. Lyginamasis IRR grafikas, keičiant kogeneratoriaus galias 48
23 pav. Elektros ir šilumos gamyba, % 49
24 pav. Elektros suvartojimai iš elektros tinklų prieš įdiegiant alternatyvas ir įdiegus palyginimas 50
25 pav. Šiltnamio dujų kiekių sutaupymai įdiegus alternatyvias sistemas 50
26 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms 51
27 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko įvertinus infliaciją grafikas, kylant elektros kainoms 51
28 pav. Lyginamasis IRR grafikas, kylant elektros kainoms 52
29 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms 52
30 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas įvertinus infliaciją, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms 53

31 pav. Lyginamasis IRR, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms 53
32 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms 54
33 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas įvertinus infliaciją, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms 54
34 pav. Lyginamasis IRR, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms 55

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1 lentelė. Kogeneracinių įrengimų charakteristikos 22
2 lentelė. Galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai 37
3 lentelė. Mėnesiniai galutinio vartojimo galios poreikiai 37
4 lentelė. Energijos tiekimo įrenginiai 38
5 lent. Tiriamos alternatyvos 39
6 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui 40
7 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui 42
8 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui 44
9 lentelė. Allternatyvų energijos ir galios porekiai 45
10 lentelė. Energijos generatorių kainos [14] 46
11 lentelė. Elektros ir šilumos gamybos suvestiniai duomenys 47

SANTRUPOS

ES – Europos Sąjunga;

CHP – kogeneracija;

CHCP – tirgeneracija;

SK – saulės kolektorius;

IRR – vidinė grąžos norma.

ĮVADAS

Vartotojai nori apsirūpinti energija ekonomiškai priimtinomis kainomis, bei ieškodami sprendimų siekia išnagrinėti galimybę būti mažiau priklausomais nuo centralizuotų elektros ir šilumos tiekėjų, importuojamo kuro.

Nuolat brangstant kurui ir tobulėjant šiuolaikinėms technologijoms, ekonomiškai apsimoka panaudoti energiją, esančią išmetamosiose dujose (dūmuose) ir aušinimo vandenyje, naudojamame elektros energijos gamybos procese. Naudojant gamtines dujas kaip kurą, kogeneracinių elektrinių bendras efektyvumas paprastai siekia 90 % [18]. Kombinuota elektros ir šilumos gamyba – tai vienas prioritetinių, ypač decentralizuotų energijos gamybos būdų Europos Sąjungoje (ES) [20]. Ir šilumos, ir elektros energiją gaminantys įrenginiai leidžia pasigaminti elektrą savo reikmėms pigiau, nei ją siūlo elektros tinklai.

Pagal Lietuvos įsipareigojimus, prisiimtus stojant į ES, Ignalinoje dirbanti atominė elektrinė turės būti sustabdyta iki 2009 metų pabaigos [21]. Uždarius Ignalinos atominę elektrinę pagrindinis kuras šilumos ir elektros gamyboje bus gamtinės dujos.

Nacionalinėje energetikos strategijoje yra numatoma elektros energijos sektoriaus plėtra, tiek elektros gamyboje, tiek saugumo klausimais yra numatytos priemonės rinkos liberalizavimui, energetikos valdymo tobulinimui bei decentralizuotos energijos gamybos plėtrai [37].

Nacionalinėje energetikos strategijoje numatoma didinti energijos gamybos apimtis naudojant atsinaujinančius energijos išteklius [21]. Tad parenkant energiją generuojančius įrenginius reikia atsižvelgti ir į atsinaujinančių šaltinių generatorių diegimą. Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimas prisideda prie klimato kaitos stabilizavimo ir yra viena iš darnios visuomenės plėtros priemonių [19].

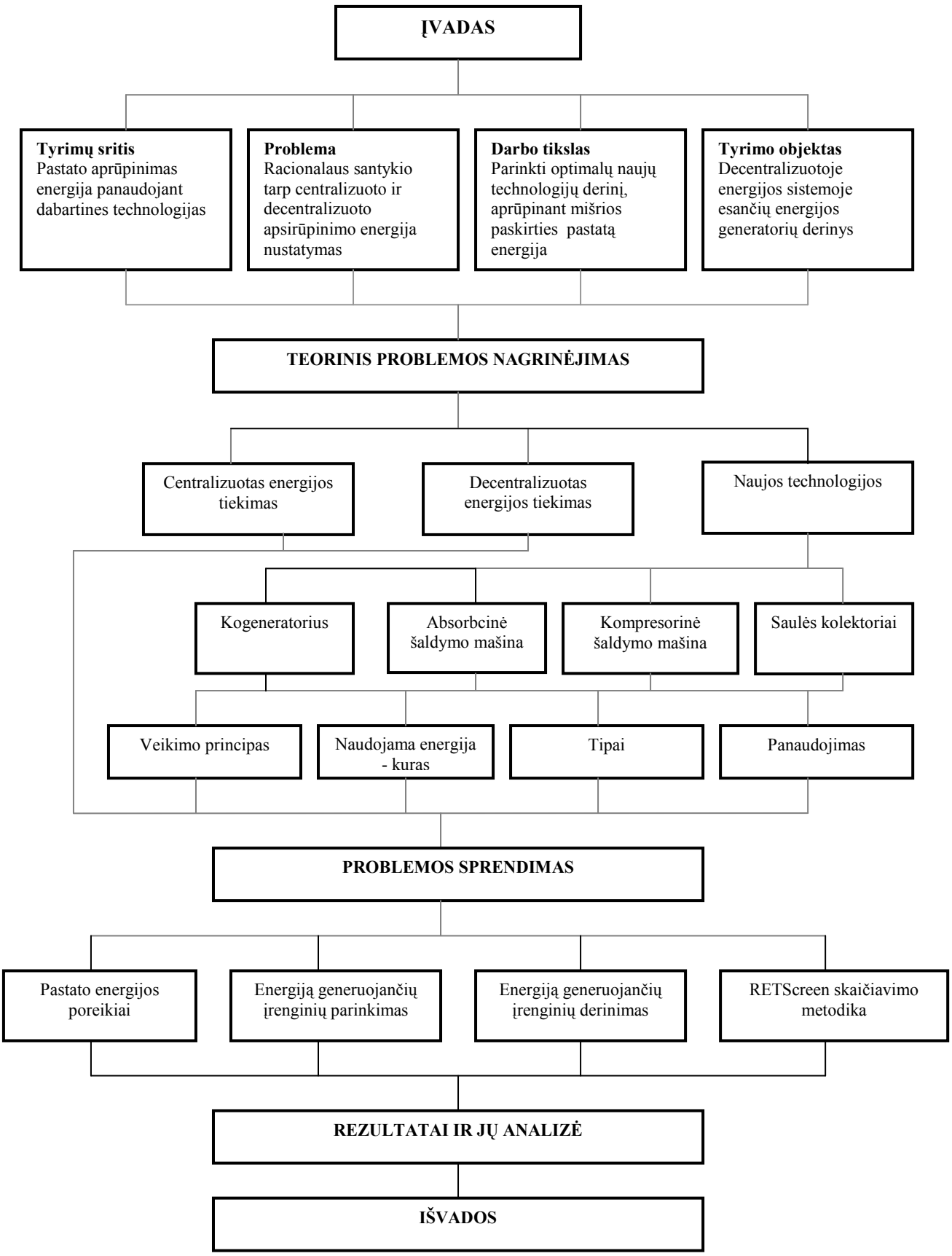
Tyrimui pasirinktas gyvenamasis daugiabutis su administracinėmis patalpomis, esantis Vilniaus rajone. Pastatas aprūpintas įvairia energija: šildymu, vėsinimu, karštu vandeniu ir elektra. Pastato šildymui naudojamas kuras – gamtinės dujos, elektros energija perkama iš elektros tinklų. Šiam objektui siūlysime alternatyvius energijos šaltinius: kogeneracinį (trigeneracinį) įrenginį, absorbcinę šaldymo mašiną, kompresorinę šaldymo mašiną, saulės kolektorius.

Tyrimo tikslas – parinkti optimalų naujų technologijų derinį, aprūpinant pastatą įvairia energija. Siūlomos kogeneracinio įrenginio su saulės kolektoriais ir šalčio generavimo įrenginiais alternatyvos, aprūpinant pastatą šiluma, šalčiu, elektra bei karštu vandeniu. Tikslui pasiekti buvo sprendžiami tokie **uždaviniai**:

- Energiją generuojančius įrenginių apžvalga, nurodant jų tipus, savybes, veikimo principus, trūkumus bei privalumus;
- Parengti alternatyvias (galimas) principines energijos sistemų schemas;

- Pristatyti bei naudoti programos „RETScreen“ skaičiavimo metodiką;
- Nustatyti tiriamojo pastato energijos poreikius ir jų režimus;
- Parinkti (nustatyti) energiją generuojančių įrenginių dydžius (galią), energijos generavimo variantus;
- Atlikti ekonominius skaičiavimus, kuriais būtų parodoma, koks yra optimalus energijos generatorių derinys atsižvelgiant į jų bendrą atsiperkamumą.

1 paveiksle nurodyta darbo struktūra.



1 pav. Darbo struktūra

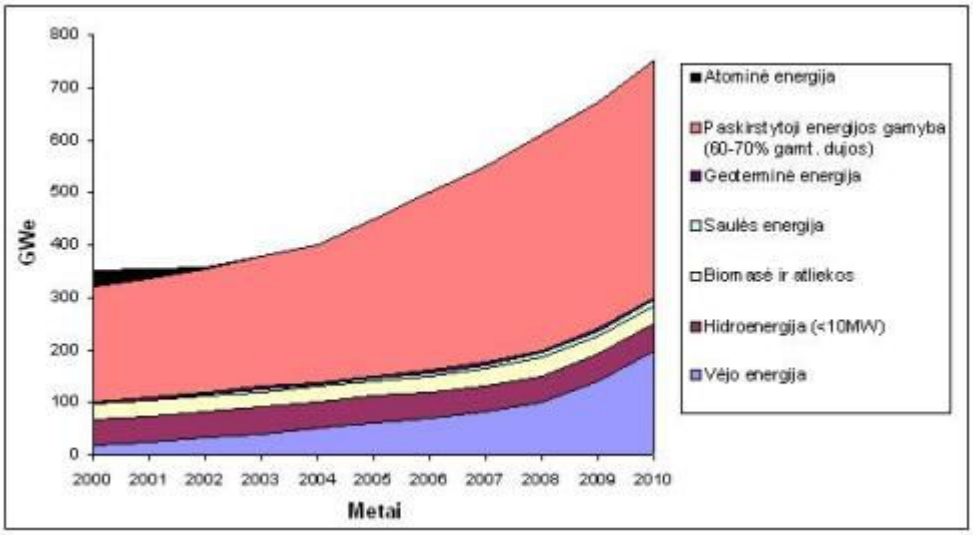
1. CENTRALIZUOTAS IR DECENTRALIZUOTAS ENERGIJOS TIEKIMAS PANAUDOJANT NAUJAS TECHNOLOGIJAS

Lietuvoje centralizuoto šilumos tiekimo sistemos pradėtos diegti šeštajame dešimtmetyje, kaip perspektyviausios šildymo sistemos aprūpinančios šiluma naujai statomus namus ir pramonės įmones. Per paskutiniuosius keturis dešimtmečius didžiuosiuose Lietuvos miestuose buvo pastatytos didelės galios katilinės arba kombinuoto ciklo šiluminės elektrinės bei plačiai išvystyti šilumos tiekimo tinklai. Tai įgalino šilumos šaltinius įrengti toliau nuo gyvenamųjų rajonų ir tuo sumažinti oro užterštumą juose, atsisakant lokalių teršiančių aplinką šilumos šaltinių [31].

Augant importuojamo kuro kainoms ir joms pasiekus pasaulines, centralizuoto šildymo technologijoms netobulėjant ir esant dideliam šilumos tiekimo įmonių inertiškumui, atsirado nepakantumas iš vartotojų pusės, nes kainos pakilo ženkliai, tačiau paslaugos kokybė gerėjo perdaug lėtai. Taip pat vartotojų nepasitenkinimui didelę įtaką turėjo ir pernelyg greitas šilumos kainos didėjimas palyginus su gyventojų realių pajamų didėjimu [31].

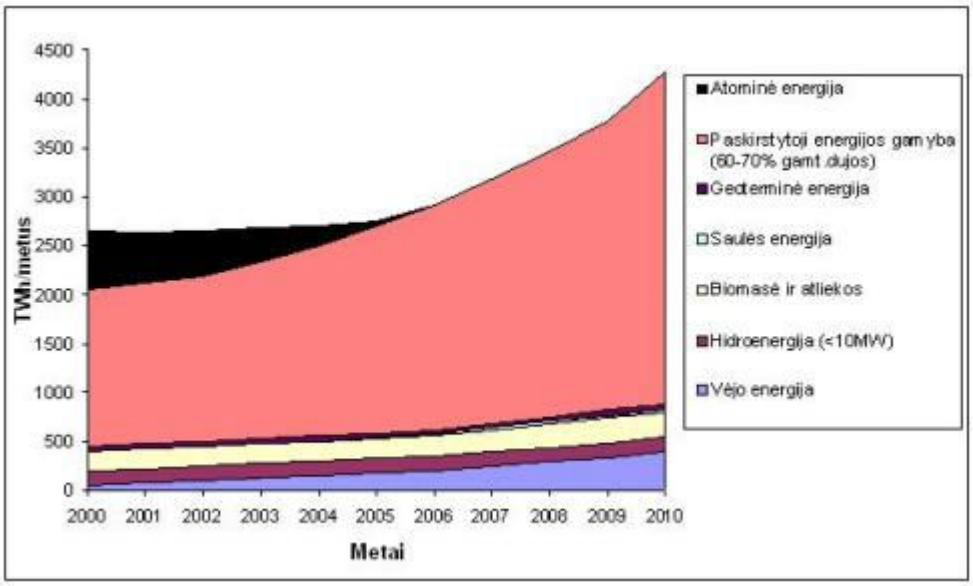
Šiuo metu ne tik Lietuvos, bet ir pasaulinė energetikos sistema yra įtakojama didelių skirtumų tarp energijos naudojimo bei aplinkosauginių ir ekonominių problemų. Itin svarbi pasaulinės energetikos problema yra nepatikimas energijos tiekimas. Daugelis šalių yra labai pažeidžiamos dėl energijos tiekimo nutraukimo. Vienu iš pagrindinių energetikos plėtros politikos tikslų yra energijos paslaugų teikimas mažinant energijos gamybos, perdavimo, skirstymo ir vartojimo poveikį aplinkai, didinant energijos efektyvumą ir tiekimo patikimumą, atsinaujinančių energijos išteklių ir pažangių energijos technologijų plėtrą [26]. Tai galima pasiekti *decentralizuotu energijos tiekimu*, kai elektrinės yra šalia elektros energijos vartotojų. Paskirstytosios (decentralizuotos) energijos generavimo jėgainės yra tiek atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios jėgainės (vėjo, hidro, saulės), tiek ir nedidelio pajėgumo (dažniausiai iki 10 MWe) kogeneracinės elektrinės (mikro ir mini dujų turbinos, vidaus degimo varikliai, kuro elementai, kt.) [25].

Paskirstytoji (decentralizuota) energijos gamyba, nepriklausomai nuo naudojamo kuro, jau nurungė atominės energijos gamybą – tiek pagal instaliuotą galingumą pasaulyje 2002 m., tiek pagal pagamintą energijos kiekį 2005m., ir tokia energijos gamyba šiuo metu žymiai sparčiau auga. 2004 m. pasaulio mastu nedidelės galios jėgainėse kartu buvo pagaminta 2,9 karto daugiau energijos nei atominėse jėgainėse ir 5,9 karto padidėjo bendras nedidelės galios energijos gamybos šaltinių instaliuotas galingumas pasaulyje. Nors atominė energija yra dažnai pristatoma kaip ypač svarbi technologija, užimanti 20% JAV ir 16% pasaulio energijos balanse, paskirstytoji energijos gamyba turėtų būti laikoma rimtu atominės energetikos varžovu. 2 paveiksle pateikti JAV instituto nustatyti nedidelių energijos gamybos jėgainių bei atominių jėgainių suminiai elektriniai galingumai pasaulyje (2000 – 2004 m. faktiniai ir 2005 – 2010 m. prognozuojami) [27].



2 pav. Instaliuoti įvairių jėgainių elektriniai galingumai pasaulyje (2000-2004 m. faktiniai, 2005-2010 m. prognozuojami)

3 paveiksle pateikti pasaulyje pagaminti elektros energijos kiekiai. Dideli hidroenergijos panaudojimo projektai neįskaičiuojami, kadangi remiantis JAV institutų atliktais tyrimais, neprognozuojama naujų didelės galios (daugiau nei 10 MW) hidroelektrinių statybų pasaulyje. Konkrečiais metais pagaminto energijos kiekio procentinis padidėjimas yra mažesnis, lyginant su instaliuoto galingumo padidėjimu, kadangi jėgainių montavimas, derinimas ir paleidimas užima daug laiko.



3 pav. Įvairiose jėgainėse pagaminti elektros energijos kiekiai pasaulyje (2000-2004 m. faktiniai, 2005-2010 m. prognozuojami)

JAV institutuose atlikti tyrimai rodo, kad 2004 m. organinį kurą naudojančios kogeneracinės jėgainės sudarė apie 65% visų paskirstytųjų kogeneracinių energijos gamybos šaltinių galingumo, o tokiose jėgainėse pagaminta energija sudarė apie 77% visos energijos,

pagamintos paskirstytai. Likusioji energijos dalis pagaminama atsinaujinančius energijos šaltinius naudojančiose jėgainėse.

Europos Sąjungos šalyse paskirstytajai elektros gamybai priskiriamos atsinaujinančius energijos išteklius naudojančios bei kogeneracinės jėgainės. Senosiose ES šalyse jau gerai suvokta ir įvertinta nauda, kurią gali suteikti decentralizuoti energijos šaltiniai, integruoti į elektros energetikos sistemą. Pagrindinis motyvas, skatinantis paskirstytosios energijos gamybos plėtrą, yra siekis naudoti pirminę energiją kiek įmanoma efektyviau, su kuo mažesniu poveikiu aplinkai, tuo pačiu užtikrinant, kad energijos tiekimas būtų saugus, patikimas, pakankamas ir už konkurencingą kainą [43]. Paskirstytoji elektros gamyba gali deramai prisidėti prie pagrindinių ES energetikos politikos tikslų įgyvendinimo, užtikrinti darnų vystymąsi, konkurencingumą ir energetinį saugumą.

Šiuo metu Europos Sąjungos energetikos politikoje nėra nuostatų, kurios tiesiogiai skatintų plėtoti paskirstytąją elektros gamybą. Tačiau jos plėtrai turi įtakos veiksniai, kurie tiesiogiai arba netiesiogiai aptarti įvairiuose ES energetikos politiką formuojančiuose dokumentuose: „Elektros rinkos direktyvoje“ (2003/54/EB), „Atsinaujinančių energijos išteklių direktyvoje“ (2001/77/EC) ir „Termofikacinių elektrinių direktyvoje“ (2004/8/EC). Paskirstytosios energijos gamybos vaidmuo gali būti svarbus ir sprendžiant daugelį kitų ES tikslų: siekiant įvykdyti Kioto protokolo reikalavimus, didinant energijos vartojimo efektyvumą, siekiant padidinti energijos tiekimo patikimumą ir kuro įvairovę ir t.t. Todėl ES aktyviai skatina tyrimus minėtose srityse (tarp jų ir paskirstytosios energijos gamybos) 5-osios Bendrosios Programos ir 6-osios Bendrosios Programos projektuose [45]. Remiantis ekonominio reguliavimo, rinkos reikalavimo ir skatinimo mechanizmų analize galima teigti, kad ES įstatymai palieka daug erdvės atskiroms šalims numatyti konkrečias priemones, savo nuožiūra formuoti ir įgyvendinti paskirstytosios gamybos skatinimo politiką. Pavyzdžiui, patekimo į rinką, prisijungimo prie elektros tinklų ir kitus svarbius klausimus, turinčius didelę įtaką paskirstytosios (decentralizuotos) energijos gamybos plėtrai, atskiros šalys turi spręsti atsižvelgdamos į savo specifinius ypatumus. Todėl šiuo metu ES šalių įstatymuose galima įžvelgti didelę paskirstytosios gamybos reguliavimo įvairovę. Dalis įvairiuose dokumentuose suformuluotų nuostatų gali būti nepalankios paskirstytosios elektros gamybos plėtrai. Visumoje šie reguliavimo aspektai, kurie numatyti ES įstatymuose, nacionalinėse energetikos strategijose ir kituose teisės aktuose, yra tarpusavyje tampriai susiję ir turi įtakos ne tik esamam paskirstytosios elektros gamybos lygiui ES šalyse, bet ir tolesnei jos plėtrai [46].

Daugelis ekspertų XXI amžių laiko decentralizuoto energijos tiekimo amžiumi. Labiausiai ribojantis paskirstytojo energijos tiekimo plėtrą veiksnys yra brangios technologijos. Tačiau būtent technologijos yra ta sritis, kuri pasaulyje pastaruoju metu vystosi greičiausiai.

Pagrindiniai decentralizuotos energijos generavimo **privalumai** [25]:

1. *Savalaikės investicijos*. Decentralizuotos energijos tiekimo atveju statomos nedidesnės galios jėgainės, todėl investicijos yra savalaikės, išvengiama galių pertekliaus arba deficito ir tuo pačiu energijos kainų staigių pokyčių bei pasiekiamas aukštas projekto ekonominis efektyvumas. Nauji energijos generavimo pajėgumai atsiranda būtent tuo metu, kai atsiranda jų poreikis;

2. *Mažesnės energijos transportavimo ir skirstymo sistemų vystymo investicijos.* Esant labiau diversifikuotam energijos generavimui, reikalingos mažesnės investicijos į centralizuoto energijos tiekimo tinklo įrengimą ir atkūrimą;

3. *Efektyvus energijos tiekimas*. Vystantis decentralizuotam energijos tiekimui, mažėja energijos technologinės sąnaudos tinkle (tuo pačiu ir reikalinga jėgainių galia ir investicijos);

4. *Pagerėja tiekiamos energijos kokybė*. Mažėja elektros energijos įtampos svyravimai, geriau subalansuojama reaktyvioji galia, ilgėja įrangos susidėvėjimo laikotarpis;

5. *Išauga energijos tiekimo patikimumas.* Decentralizuoto energijos tiekimo pajėgumams dirbant lygiagrečiai su bendru energijos tiekimo tinklu išauga energijos tiekimo patikimumas;

6. *Greitas jėgainių paleidimas.* Esant decentralizuotam energijos tiekimui, šalies ūkis tampa mažiau pažeidžiamas nuo įvairių ekologinių nelaimių ir teroristinių išpuolių;

7. *Išauga energijos generavimo efektyvumas ir sumažėja tarša.* Šio privalumo vertė priklauso nuo to su kokia elektrine yra palyginama.

8. *Bendra decentralizuoto energijos tiekimo ekonominė vertė*. Skirtingais atvejais, visi aukščiau išvardinti decentralizuoto energijos tiekimo privalumai pasireiškia nevienodai. Šios naudos santykis su galimomis papildomomis investicijomis labai priklauso nuo projekto finansavimo prielaidų.

Pati decentralizuoto energijos tiekimo koncepcija yra dar pakankamai jauna. Ji atsirado tik pradėjus ženkliai vystytis technologijoms, sumažinusioms smulkių jėginių santykines investicijas, padidinusioms jų efektyvumą. Nežiūrint technologijų pažangos decentralizuotas energijos tiekimas turi ir savo **trūkumus** [25]:

1. Investicijos į decentralizuotos energijos generavimo šaltinius dar yra ženkliai didesnės už stambių elektrinių;

2. Smulkių elektrinių generavimo efektyvumas dažnai nusileidžia šiuolaikinių kombinuotu ciklu dirbančių stambių kogeneracinių elektrinių efektyvumui;

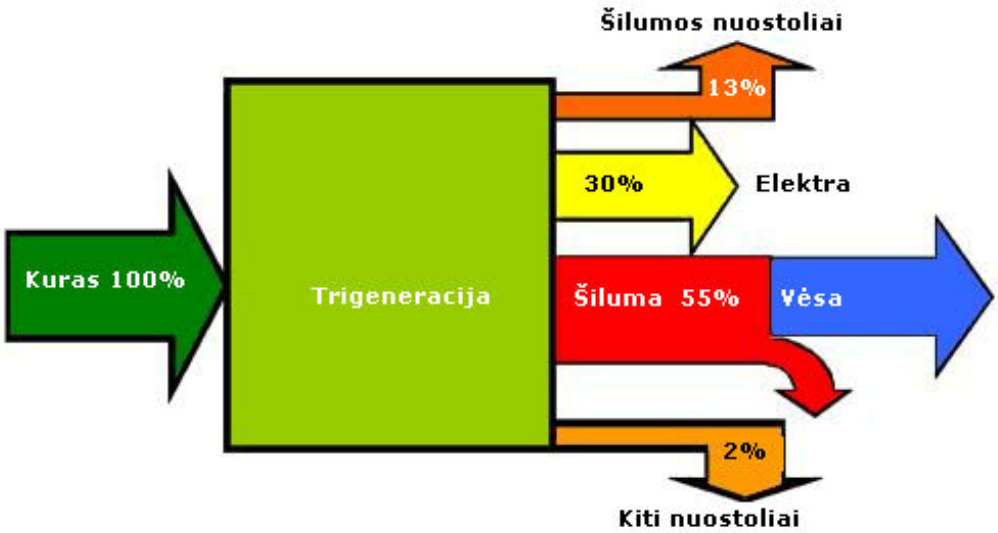
3. Kuro kaina nedideliems vartotojams paprastai yra didesnė, nei kuro kaina stambioms elektrinėms.

Kaip jau buvo minėta, paskirstytosios elektros gamybos plėtros perspektyvos priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip teisinis ir ekonominis reguliavimas, prisijungimo prie tinklų ir patekimo į rinką sąlygos. Pasaulinė praktika rodo, kad plečiantis tokiai gamybai, natūraliai atsiranda arba yra dirbtinai suformuojami įvairus barjerai

Šių dienų technologijos yra žymiai pigesnės, patikimesnės ir dauguma atveju prieinamesnės nei buvusios prieš dvidešimt metų. Suprantant klimato kaitos svarbumą, reikia skatinti technologijas, siūlančias optimalius sprendinius tiek finansiškai (ct/kWh), tiek laiko atžvilgiu (metų/MW) tiek ir ekologiniu pažiūriu. Nepaisant daugelio kliūčių decentralizuotos (paskirstytosios) energijos plėtros kelyje, šis energijos gamybos būdas daro ryškią pažangą pasaulinėje rinkoje - kartu su efektyviu energijos vartojimu šis būdas neturi rimtesnių varžovų [30].

1.1 KOGENERACIJA

Kogeneracija (CHP) – kombinuota šilumos energijos ir elektros energijos gamyba. Kaip bebūtų vasaros metu reikalingas vėsa (kondicionavimas), jai pagaminti gali būti panaudojama šiluma arba elektra iš kogeneracinio įrenginio. Toks išplėstinis kogeneracijos panaudojimas gaminti elektrą, šilumą ir šaltį dar vadinama **trigeneracija (CHCP)** (4 pav.).

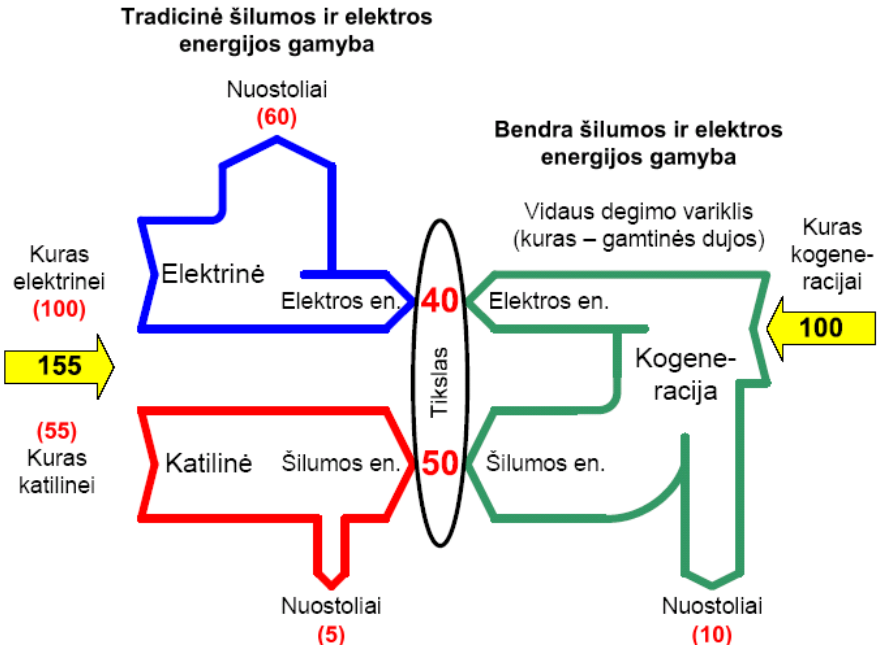


4 pav. Trigeneracinio įrenginio pagaminama energija [5]

Iš paveikslo matyti, kad trigeneracijos įrenginys pagamina 30% elektros energijos, 55% šilumos, kurios dalis panaudojama šalčiui gaminti, 15% - nuostoliai.

Įdiegus CHP ir CHCP sumažėja kuro suvartojimas maždaug 25 % palyginti su tradicine elektros gamyba bei proporcingai sumažėja išmetamų teršalų į orą kiekis. Trigeneracijos būdu pagamintų energijos vienetų kaina yra žemesnė negu atskirai pagamintų elektros, šilumos ir vėsinimo energijos vienetų. CHP įrenginys prijungtas prie elektros tinklų, garantuoja nepertraukiamą gamybą, o pritrūkus elektros, ji gali būti tiekiama iš elektros tinklų. Tai mažina poreikį didelių elektros energijos pastočių įdiegimui ir didina elektrinio tinklo stabilumą [3].

5 paveiksle pateiktas tradicinio (atskiro) bei bendro šilumos ir elektros energijos gamybos būdų palyginimas, siekiant to paties tikslo, t.y. 40 vienetų elektros energijos ir 50 vienetų šilumos energijos gamybos.



5 pav. Šilumos ir elektros energijos gamybos būdų palyginimas [38]

5 paveikslas parodo, kad šilumos ir elektros energijos gamyba bendrame technologiniame procese yra beveik 50 % efektyvesnė, lyginant su atskira gamyba. Nepaisant akivaizdžios naudos, kogeneracija Lietuvoje plinta vis dar vangiai ir verslo ekonomikos lygmenyje šios tendencijos neryškios dėl finansinio tikslingumo nebuvimo [38].

Kogeneracinis įrenginys gali būti naudojamas kaip pagrindinis gaminamos šilumos ir elektros energijos tiekėjas, dirbti lygiagrečiai su esamais elektros ir šilumos tinklais arba būti rezerviniu. Todėl jo galingumo ir tipo parinkimo variantas kiekvienu atveju bus vis kitoks.

Siekimas laikytis aplinkosaugos reikalavimų, noras taupyti energiją ir kurą – tai pagrindiniai motyvai diegti kogeneracines sistemas.

Kogeneracijos nauda [2]:

- patikimesnis elektros energijos tiekimas;
- geresnė elektros energijos kokybė;
- be elektros energijos gaunama šiluma;
- sudaro sąlygas decentralizuotam energijos tiekimui.
- Geriau panaudojamas kuras. Gaminant elektros energiją perteklinė šiluma yra naudojama šildymui, ir kuro sąnaudos sumažėja 30 %, palyginus su sistema, kai šilumos ir elektros energija gaminama atskirai.

- Mažesnis poveikis aplinkai. Sistemoje pasiekiamas aukštas kuro sudegino laipsnis, galima efektyviai valyti išmetamus dūmus. Todėl sumažinama išmetamų suodžių, sieros oksido, anglies monoksido ir azoto oksidų kiekiai [1].

Taikant kogeneraciją yra galimybė pasirinkti kuro rūšis. Galima naudoti įvairių rūšių kurą, geriau panaudojamas aukštos kokybės kuras – gamtinės dujos. Taip pat gali būti naudojamos ir kitos kuro ir energijos rūšys – anglys perteklinė pramonės įmonių šiluma, iš atliekų deginimo krosnių šiluma; galima naudoti vietinį kurą ir geoterminę energiją.

Tam, kad būtų ekonomiškai tikslinga įrengti kogeneracinę jėgainę, turi buti tenkinamos tam tikros sąlygos [1]:

- Per visą projekto vykdymo laikotarpį turi būti užtikrintas numatytas šilumos poreikis;
- Galimybė per visą projekto valdymo laikotarpį parduoti/ panaudoti elektros energiją;
- Galimybė per visą projekto vykdymo laikotarpį gauti reikiamo kuro;
- Kuo žemesnė grįžtamoji temperatūra, tuo didesnis kogeneracijos efektyvmas.

Pagrindinės kliūtys, trukdančios populiarėti kogeneracijai yra [xx]:

• Mažos elektros energijos kainos. Stambūs elektros energijos gamintojai rinkoje elektrą parduoda už kainą, esančią artimą ribiniams elektros energijos generavimo kaštams, tuo būdu užkirsdami kelia naujų vartotojų įėjimui į rinką.

• Mažų jėgainių santykiniai statybos kaštai, tenkantys vienam kW instaliuotos galios, yra didesni, nei stambių jėgainių;

• Didesnės gamtinių dujų kainos smulkioms elektros generavimo įmonėms;

• Dideli jungimosi prie tinklo mokesčiai, nustatyti naujoms jėgainėms;

• Dideli mokesčiai paskirstomiesiems tinklams už elektros energijos paskirstymą;

• Trumpesnis metinis eksploatacinis laikotarpis, kadangi elektros energijos generavimas priklauso nuo kintančio šilumos poreikio;

• Sudėtinga administracinių procedūrų, įrengiant naujas elektrines, sistema;

• Nevienoda gamtinių dujų ir elektros rinkų liberalizacija skirtingose ES šalyse arba skirtingiems elektros energijos gamintojams;

• Rinkoje egzistuojantis išorinių kaštų neįvertinimas, orientavimasis į trumpalaikius tikslus, esantis rinkos ateities neapibrėžtumas;

Kogeneracija kaip technologiškai pažangus šilumos ir elektros energijos gamybos būdas yra ypač aktuali Lietuvoje, kur egzistuoja rimtas šilumos gamybos poreikis ir kur yra pertvarkomi tiek šilumos, tiek elektros ūkiai, vyksta jų teisinio reglamentavimo pokyčiai bei kuriami rinkos santykiai [28].

1.1.2 Kogeneratorių tipai

Dažniausiai naudojamos jėgos mašinos elektros energijai gauti yra vidaus degimo varikliai, otto ir dyzeliniai, dujų ir garo turbinos, Stirlingo varikliai [2].

Kad pagaminti mechaninę energiją, kogeneracinėse jėgainėse galima deginti įvairų kurą: gamtines dujas, anglis, naftą ir alternatyvų kurą.

Nuolat brangstant kurui ir tobulėjant šiuolaikinėms technologijoms, ekonomiškai apsimoka panaudoti energiją, esančią išmetamosiose dujose (dūmuose) ir aušinimo vandenyje, naudojamame elektros energijos gamybos procese. Naudojant gamtines dujas kaip kurą, kogeneracinių elektrinių bendras efektyvumas paprastai siekia 90 % [18].

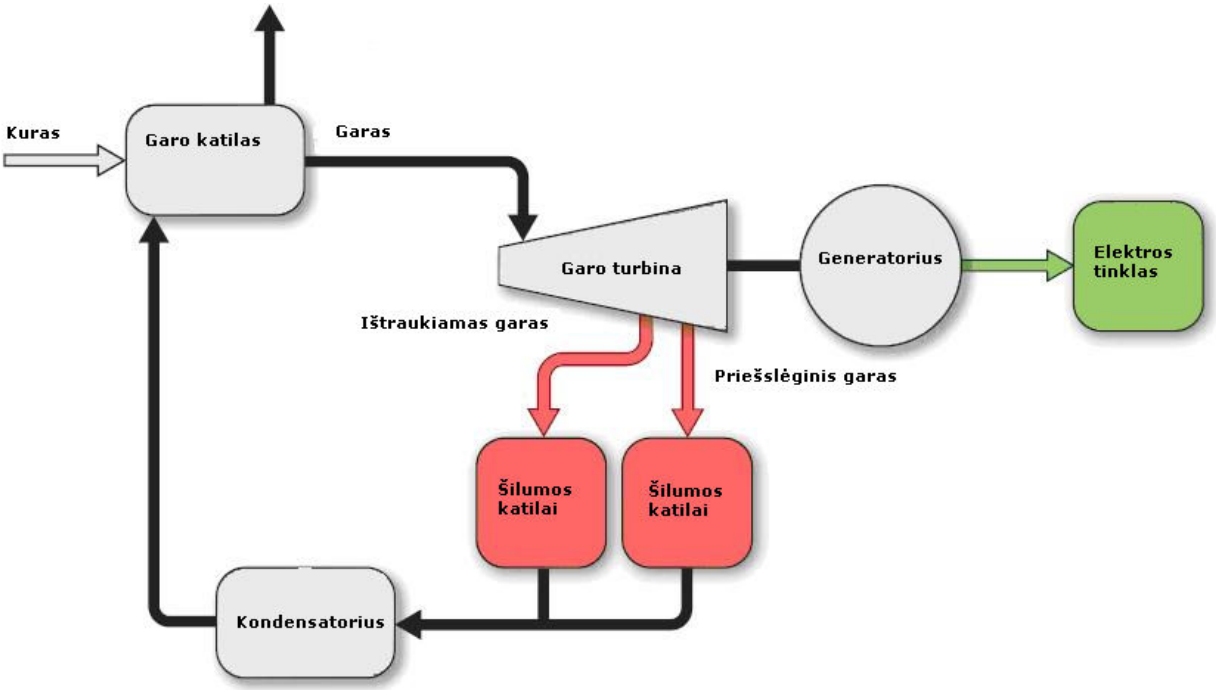
Kogeneracijos įrengimų tipai [4]:

- garo turbina;
- dujų turbina;
- vidaus degimo varikliai;
- kombinuoto ciklo įrengimai;
- kuro elementai;
- kt.

1.1.3 Garo turbinos

Garo turbinos - seniausiai paplitęs kogeneracinis įrengimo tipas. Energetiniuose katiluose generuojamas aukšto slėgio perkaitintas garas plėsdamasis garo turbinoje, generuoja mechaninę energiją, kuri naudojama generatoriuje elektros energijai generuoti. Išsiplėtęs garas gali būti panaudojamas, kaip šilumos šaltinis arba sukondensuojamas, panaudojus išorinį šalčio šaltinį (kondensacinėse turbinose).

Garo turbinos taip pat klasifikuojamos pagal išeinančio iš turbinos garo panaudojimą. Labiausiai paplitusios kondensacinės turbinos. Šiluma, išsiskirianti kondensuojantis atidirbusiam garui, tiesiog atiduodama aplinkai – vandeniui, jei kondensatorių aušina upės, ežero ar jūros vanduo, arba orui per aušinimo bokštus ar tiesiog per oru aušinamus kondensatorius. Turbinose su priešiniu spaudimu garas neina į kondensatorių, o toliau panaudojamas kitiems tikslams – daugiausia šildymui, taip pat atidirbusio garo turbinose [29]. Garo turbinos principinė schema pavaizduota 6 paveiksle.



6 pav. Garo turbinos principinė schema [14]

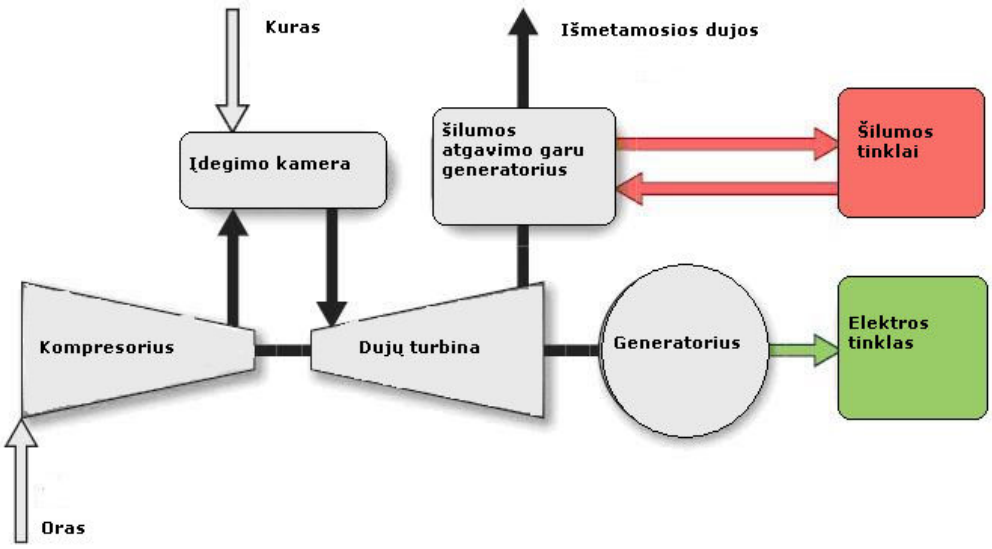
Garo turbinos būna nuo 500 kW iki 500 MW galios. Šiuo metu Lietuvoje populiaru įrengti nedideles garo turbinas prie šilumos ūkyje esančių garo katilų, generuojant elektros energiją savo poreikiams.

1.1.4 Dujų turbinos

Dujų turbinos yra šiluminiai varikliai, kuriuose sukuriamas sukimo momentas arba tiesiog traukos jėga. Dujų turbinos agregatas susideda iš vienos ar kelių kompresorių ir turbinų, taip pat iš darbinio kūno įkaitinimo įrenginio (deginimo kameros esant atviram ar pusiau atviram procesui arba kaitintuvo, esant uždaram procesui). Į agregatą taip pat gali įeiti šilumos keitikliai esant vidiniams šilumos mainams, kai panaudojamas tarpinis kompresoriaus aušinimas ar, kai atidirbusios dujos naudojamos kituose procesuose bei šildymui [29].

Oras degimui arba oro-kuro mišinys yra suspaudžiamas kompresoriumi, varomu tos pačios dujų turbinos. Oro į degimo kamerą yra tiekiama 3-4 kartus daugiau, nei reikia degimo procesui įvykti. Tai daroma, siekiant užtikrinti pakankamą dujų trakto aušinimą. Po dujų turbinos išsiplėtę 450º C-550º C temperatūros degimo produktai paprastai yra panaudojami šilumai generuoti, technologijai (džiovinimui) arba garui, sukančiam garo turbiną generuoti (kombinuoto ciklo kogeneraciniuose įrengimuose).

Dujų turbinos principinės schema pavaizduota 7 paveiksle.



7 pav. Dujų turbinų principinė schema [14]

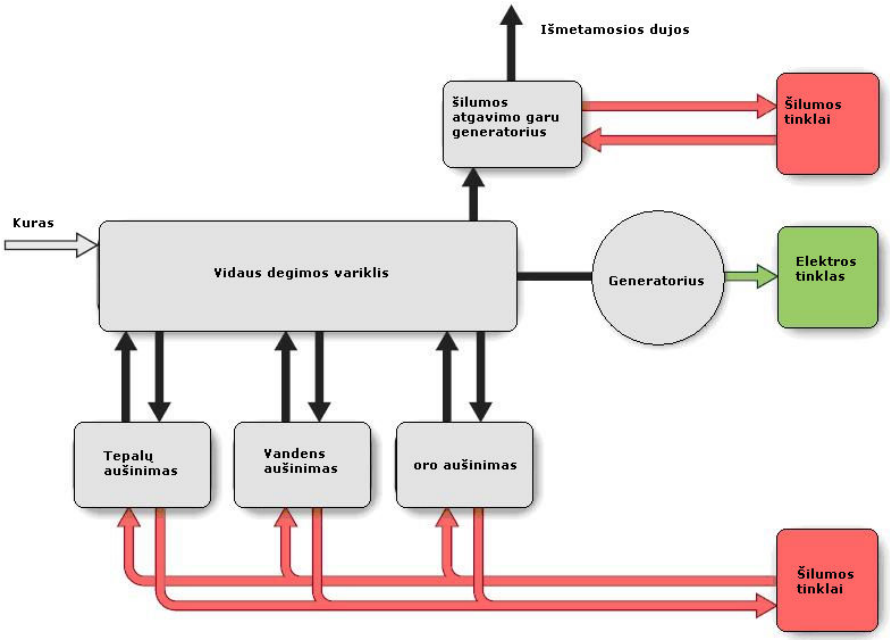
Paprastai būna nuo 1 iki 100 MW elektros generavimo galios. Suspaustas kuro ir oro mišinys yra deginamas ir aukšto slėgio degimo produktai perduoda mechaninę energiją dujų turbinai, besukančiai elektros generatorių.

Populiariausias kuras - gamtinės dujos. Taip pat būna dujų turbinos, pritaikytos deginti suskystintas dujas, naftą, žemės dujas, biodujas, tačiau reikalaujama, kad dujos būtų išvalytos nuo priemaišų, ardančių dujų turbinos mentes.

1.1.5 Vidaus degimo variklis

Vienas iš kogeneracinių įrengimų tipų. Vidaus degimo varikliuose deginamas kuras verčiamas į mechaninę energiją, sukančią elektros generatorių. Pasižymi aukštu elektros energijos generavimo efektyvumu (iki 45 % nuo sudeginamo kuro šilumos).

Likutinė šiluma panaudojama nuo išmetamų dujų, nuo variklio aušinimo sistemos, nuo tepalų aušinimo. Paprastai šildomo vandens temperatūra yra pakeliama iki 100ºC, nuosekliai šildant aušinimo sistemoje ir išmetamomis dujomis. Vidaus degimo variklio principinė schema pavaizduota 8 paveiksle.



8 pav. Vidaus degimo variklio principinė schema [14]

Vidaus degimo variklių tipai:

- "Dyzelio" varikliai (savaiminis užsidegimas, spaudžiant oro bei skysto kuro, mazuto, gamtinių-skystų dujų mišinius)
- "Otto" varikliai (kuro (dažniausiai gamtinių dujų)-oro mišinys uždegamas kibirkštimi).

Vidaus degimo varikliai paprastai naudojami kogeneracijai, esant mažiems elektros energijos ir šilumos poreikiams. Gaminami varikliai nuo 3 kW elektros energijos generavimo galios. Populiariausi 200 kW- 5 MW galios įrenginiai. Maži įrengimai yra pigesni, lyginant su analogiškos galios kitais kogenerciniais įrengimais.

1.1.6 Kogeneracinių įrengimų privalumai ir trūkumai

1 lentelėje nurodomos pagrindinės kogeneracinių įrengimų charakteristikos [42].

1lentelė. Kogeneracinių įrengimų charakteristikos

	Kuras	Galia (Mwe)	Elektros generavimo efektyvumas	Bendras efektyvumas	Gaminama šiluma
Garo turbinos	Visos rūšys	0,5 - 500	7-20%	iki 80%	Įvairaus slėgio garas
Dujų turbinos	G. dujos; biodujos; dyz.kuras; sk.kuras; susk.dujos; nafta	0,25-50+	25-42%	65-87%	Aukšto slėgio garas; aukštos temperatūros vanduo
Vidaus degimo varikliai	G. dujos; biodujos; dyz.kuras; sk.kuras; susk.dujos; nafta	0,003-20	25-45%	65-92%	Žemo slėgio garas; žemos temperatūros vanduo

Šioje lentelėje nurodomos įvairių kogeneracinių įrengimų kuro rūšys, galia, elektros generavimo efektyvumai, bendrieji efektyvumai.

Toliau nurodyti skirtingų kogeneracinių įrengimų privalumai ir trūkumai. Į juos reiktų atsižvelgti parenkant kogeneracijos technologiją.

Garo turbinų įrengimų privalumai [42]:

- aukštas bendras efektyvumas;
- gali būti naudojamos visos kuro rūšys;
- įvairių parametrų šilumos generavimas;
- platus gaminamų įrengimų galios spektras;
- ilgaamžiškumas.

Garo turbinų įrengimų trūkumai:

- didelės investicijos;
- lėtas paleidimas.

Dujų turbinos įrengimų privalumai:

- aukštas patikimumas, galimybė ilgą laiką eksploatuoti be priežiūros;
- generuojama aukštų parametrų šiluma;
- pastovus generuojamas elektros energijos dažnis;
- elektros generavimo galios reguliavimas;
- nereikalingas aušinantis vanduo;
- mažos teršalų emisijos.

Dujų turbinos įrengimų trūkumai:

- ribotas gaminamų įrenginių galios spektras;
- reikalingos aukšto slėgio dujos;
- aukštas aukštame dažnyje skleidžiamo triukšmo lygis;
- žemas efektyvumas, dirbant mažu apkrovimu;
- remontai užima ilgą laiką.

Vidaus degimo variklių privalumai:

- aukštas elektros generavimo efektyvumas;
- platus įrengimų galios spektras;
- galimybė dirbti daliniu apkrovimu, nesumažinant efektyvumo;
- gali dirbti visiškai atskirai nuo bendro tinklo;
- greitas paleidimas;
- galimybė dirbti, naudojant žemesnio slėgio gamtines dujas.

Vidaus degimo variklių trūkumai:

- turi būti pastoviai aušinamas;
- aukštas žemame dažnyje skleidžiamas triukšmo lygis;
- didelės aptarnavimo išlaidos.

Atsižvelgus į kogeneracijos įrengimų privalumus ir trūkumus parenkama kogeneracijos technologiją.

1.1.7 Naudojamas kuras

Šiame darbe nagrinėjamas gamtinių dujų panaudojimas energetikoje.

Gamtinės dujos – gamtoje milijonus metų trukusios organinių medžiagų liekanų transformacijos rezultatas. Tai pačios gamtos sukurtas kuras [6].

Gamtinės dujos, dažnai vadinamos tiesiog dujomis, tai natūraliai susidaręs degiųjų dujų mišinys, naudojamas kaip kuras. Gamtinės dujos daugiausiai sudarytos iš metano (CH4). Dujos randamos naftos telkiniuose, atskirose gamtinių dujų telkiniuose, o taip pat maži gamtinių dujų kiekiai gali susidaryti akmens anglies šachtose. Tipinė gamtinių dujų sudėtis: metanas - 70-90 %, etanas - 0-20 %, propanas - 0-20 %, butanas - 0-20 %, anglies dioksidas - 0-8 %, deguonis - 0-0,2 %, azotas - 0-5 %, sieros vandenilis - 0-5 %, kitos dujos.

Gamtinės dujos naudojamos elektros energijos gamyboje. Palyginus su nafta ir akmens anglimi, dujos yra ekologiškesnis kuras. Joms degant išsiskiria mažiau teršalų — anglies dvideginio 30 procentų mažiau nei deginant naftą, 45 procentais mažiau nei deginant akmens anglį. Tai pat išsiskiria mažesni azoto ir sieros oksidų kiekiai [8].

Gamtinės dujos gali būti naudojamos gyvenamųjų namų šildymui, karšto vandens ruošimui, maistui gaminimui, šaldymo įrenginiuose, oro kondicionieriuose, dujiniuose židiniuose, lauko griliuose. Energetikos įmonių kogeneracinėse jėgainėse gamtinės dujos naudojamos ne tik šilumai, bet ir elektros energijai gaminti. Nemaža gamtinių dujų dalis naudojama kaip žaliava chemijos pramonėje, taip pat technologiniuose procesuose įvairiose pramonės šakose [6].

Lietuvos gamtinių dujų tiekimo sistema yra sujungta su Latvijos ir Rusijos dujų tiekimo sistema. Gamtinės dujos į Lietuvą tiekiamos iš vienintelio šaltinio – Rusijos AAB „Gazprom“. Pagal 1999 metais pasirašytą ilgalaikę (iki 2015 metų) sutartį tarp Rusijos AAB “Gazprom” ir AB “Lietuvos dujos” gamtinės dujos tranzitu transportuojamos į Kaliningrado sritį (Rusijos Federacija) [9].

Šiandien Lietuvoje gamtinės dujos naudojamos [7]:

- stambiose katilinėse iš vieno centro tiekiamai šilumai gaminti;
- kombinuoto ciklo jėgainėse (termofikacinėse elektrinėse, kogeneraciniuose įrenginiuose);
- kombinuotai šilumos ir elektros energijai gaminti;

- spindulinio šildymo sistemose (didelėms gamybinėms, komercinėms patalpoms šildyti);
- didelių gamybinių patalpų oro kondicionavimo sistemose;
- pramonėje (įvairios paskirties degimo krosnyse ir pan.);
- žaliava chemijos pramonėje (trąšoms ir kitoms medžiagoms gaminti);
- daugiaaukščiams ir individualiems namams šildyti (dujiniai katilai ir židiniai);
- karštam vandeniui ruošti;
- maistui ruošti;
- proginiams renginiams, šventėms (fakelams, apšvietimo sistemoms).

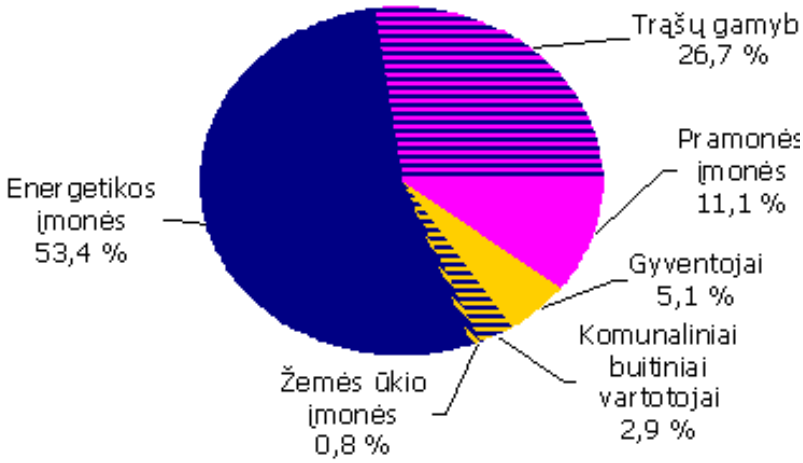
2007 m. bendrame energijos išteklių balanse gamtinės dujos preliminariai sudarė 30,8% (2006 m. – 28,6 %) [9].

2007 m. Lietuvoje suvartota 3598,6 mln. m^3 dujų (2006 m. 3031,0 mln. m^3), iš jų:

- buitiniams vartotojams patiekta 187,4 mln. m^3;

- nebuitiniams vartotojams patiekta 1687,0 mln. m^3.

Dujų suvartojimo struktūra pavaizduota 9 paveiksle.



9 pav. Dujų suvartojimo struktūra [9]

Daugiausiai 53,4 % gamtinių dujų suvartoja energetikos sektorius.

1.2 ŠALDYMO MAŠINOS

Viena efektyvaus šiluminės energijos panaudojimo galimybė yra šalčio gamyba. Pastaraisiais metais šalčio poreikis išaugo ne tik pramonėje, kur jis naudojamas technologiniais tikslais, bet ir administraciniuose pastatuose. Šiuolaikinis biuras jau sunkiai įsivaizduojamas be oro kondicionavimo sistemos [32].

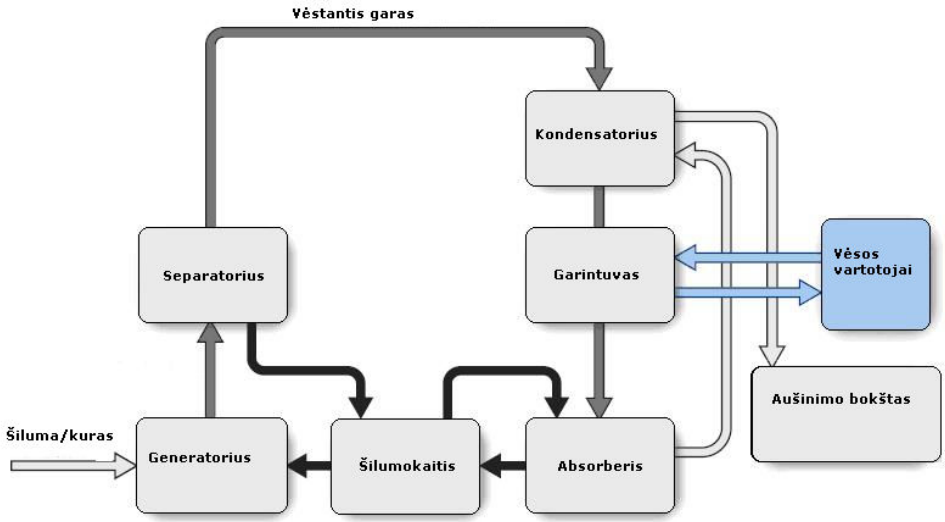
Šaldymo mašinos, kaip ir šilumos siurbliai dirba pagal atvirkštinį ciklą. Jų paskirtis – šilumą
perduoti nuo šiltesnių šaltesniems kūnams, t.y. atšaldyti kūnus (srautą) žemiau aplinkos temperatūros. To siekiant iš šaldomų kūnų atimama šiluma atiduodama aplinkai.

Šalčiu vadinama šiluma, atimama iš šaltesnio už aplinką kūno. Vykstant atvirkštiniam ciklui jam turi būti teikiamas (sunaudojamas) darbas arba šiluma. Pagal naudojamą cikle medžiagą (šaldymo agentą) šaldymo mašinos skirstomos į oro ir garo šaldymo įrenginius. Gariniai šaldymo įrenginiai skirstomi į kompresorinius ir absorbcinius [33].

1.2.1 Absorbcinės šaldymo mašinos

Absorbcinių šaldymo mašinų panaudojimo galimybė yra pagrįsta siekiu panaudojant nedidelį kiekį aukšto potencialo (temperatūros) šilumos, generuoti didesnį kiekį vidutinio potencialo (temperatūros) šilumos. Todėl absorbciniai šaldymo mašinos dažnai statomi, ten, kur yra dideli kiekiai žemo potencialo šilumos (geoterminės šilumos, šilumos iš valymo įrengimų, atliekinės šilumos) ir galimybė panaudoti aukšto potencialo šilumą (greta esanti katilinė, aukšto potencialo tačiau riboto kiekio atliekinė šiluma ir pan.) [30].

Absorbcinės šaldymo mašinos principinė schema pavaizduota 10 paveiksle.



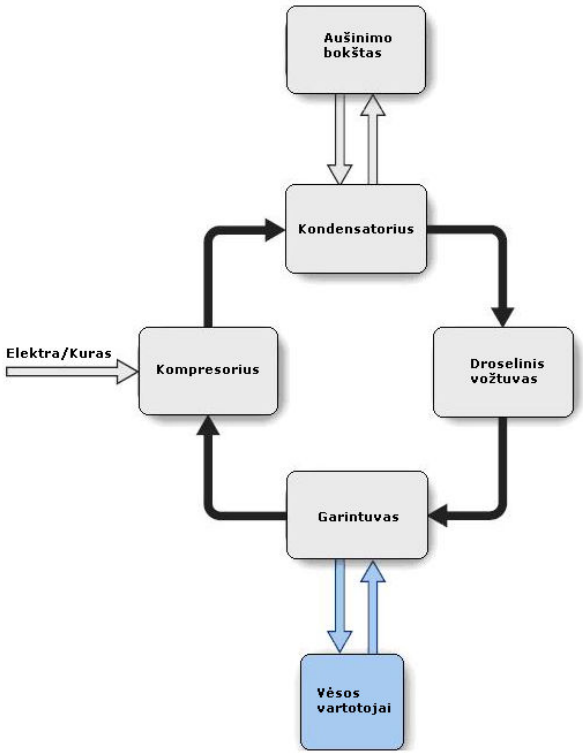
10 pav. Absorbcinės šaldymo mašinos principinė schema

Ypatingai perspektyvus yra šių šaldymo mašinų darbas kartu su kogeneracine jėgaine pramonės įmonėse, kai elektros generavimo metu liekanti aukšto potencialo šiluma gali būti panaudojama šalčiui generuoti. Tokiu būdu išsilygina kogeneracinės jėgainės darbas žiemos ir vasaros metu (žiemos metu atliekinė šiluma panaudojama išaugusiems šilumos poreikiams padengti, o vasaros metu išaugusiems šalčio poreikiams padengti) [32].

1.2.2 Kompresorinės šaldymo mašinos

Kompresorinės šaldymo mašinos kaip ir kitos šaldymo mašinos dirba pagal atvirkštinį ciklą. Jos paskirtis – šilumą perduoti nuo šaltesnių šiltesniems kūnams. Reikaligą elektros energiją gali naudoti iš kogeneracinio įrenginio.

Kompresorinės šaldymo mašinos principinė schema pavaizduota 11 paveiksle.



11 pav. Kompresorinės šaldymo mašinos principinė schema

Ypač perspektyvus yra šių šaldymo mašinų darbas kartu su kogeneracine jėgaine pramonės įmonėse, kai elektros generavimo metu, elektros energija gali būti panaudojama vėsai generuoti.

Šiuose šaldymo įrenginiuose darbo medžiaga (šaldymo agentu) dažniausiai naudojami įvairūs freonai, kartais amoniakas.

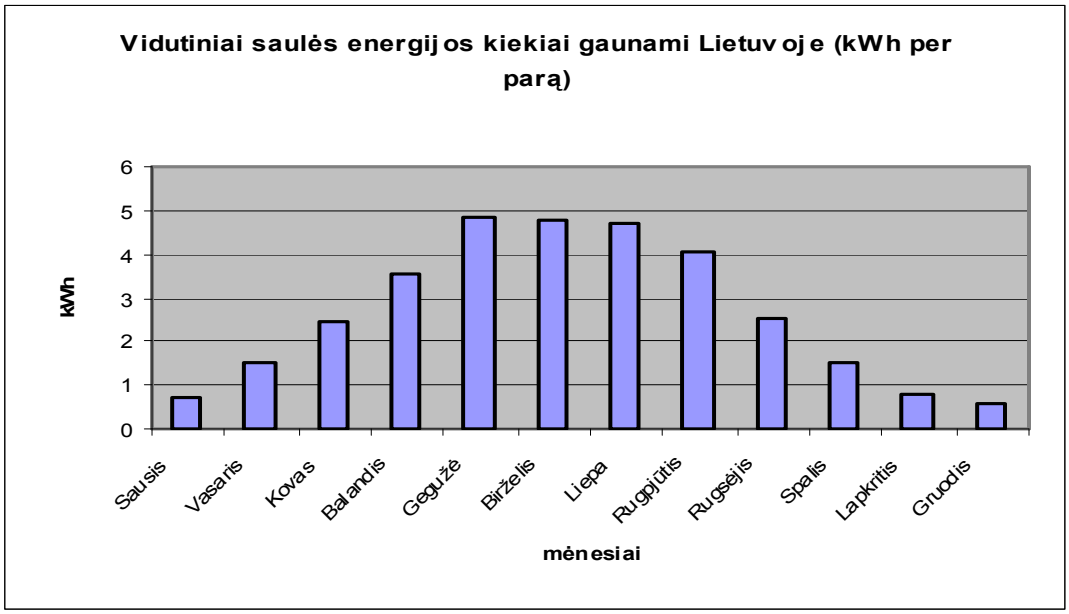
1.2.3 Šaldymo mašinų privalumai ir trūkumai

Šaldymas, naudojant gamtines dujas, yra alternatyvus būdas, leidžiantis vasarą sumažinti perkrautos elektros energijos tiekimo sistemos apkrovimą ir padidinti neišnaudojamos gamtinių dujų tiekimo pajėgumus.

Trūkumas tas, kad šie įrenginiai yra ypatingai brangūs.

1.3 SAULĖS KOLEKTORIAI

Tyrimais nustatyta, kad per metus žemės paviršių Lietuvoje pasiekia apie 1000 kWh/m² saulės energijos. Daugiau kaip 80% šios energijos išspinduliuojama per šešis mėnesius (nuo balandžio iki rugsėjo) [11]. Saulės spindulinės energijos kiekiai metų laikotarpyje [12] pavaizduoti grafike (12 pav.).



12 pav. Saulės spindulinės energijos kiekiai metų laikotarpyje

.

Dėl spinduliuojamos energijos kiekio svyravimų viso reikalingo energijos kiekio neįmanoma gauti naudojant saulės kolektorius. Nevienodas energijos kiekis išspinduliuojamas skirtingais sezonais, taip pat skirtingu paros metu, be to, jis kinta ir dėl meteorologinių sąlygų. Lapkričio, gruodžio ir sausio mėnesiais žemę pasiekiantis energijos kiekis sudaro tik 10% energijos kiekio, išspinduliuojamo gegužę, birželį ir liepą [11]. Panaudojamas saulės energijos kiekis priklauso nuo klimatinių sąlygų, naudojamų technologijų ir vietovės saulės energijos potencialo. Vilniuje vidutinis suminis saulės energijos kiekis horizontalioje plokštumoje yra apie 3500 MJ/m^2 per metus, tai tik šiek tiek mažiau nei Centrinėje Europoje. Lietuvą pasiekiantis saulės energijos kiekis yra pakankamas, kad būtų galima gaminti šiluminę energiją bei taikyti saulės architektūros principus naujiems ir renovuojamiems statiniams.

Šiuo metu saulės energija dažniausiai naudojama šioms reikmėms: daržovių auginimui, šildymui/vėdinimui, elektros gamybai, cheminiams procesams, džiovinimui. Populiariausias saulės energijos panaudojimo būdas yra patalpų šildymas bei karšto vandens gamyba [10]. Su saulės energiją naudojančiomis sistemomis kasmet galima sutaupyti 50-60 proc. energijos geriamajam karštam vandeniui šildyti [44],

1.3.1 Saulės kolektorių tipai

Saulės kolektoriai yra dviejų tipų:

- plokštieji;
- vakuuminiai.

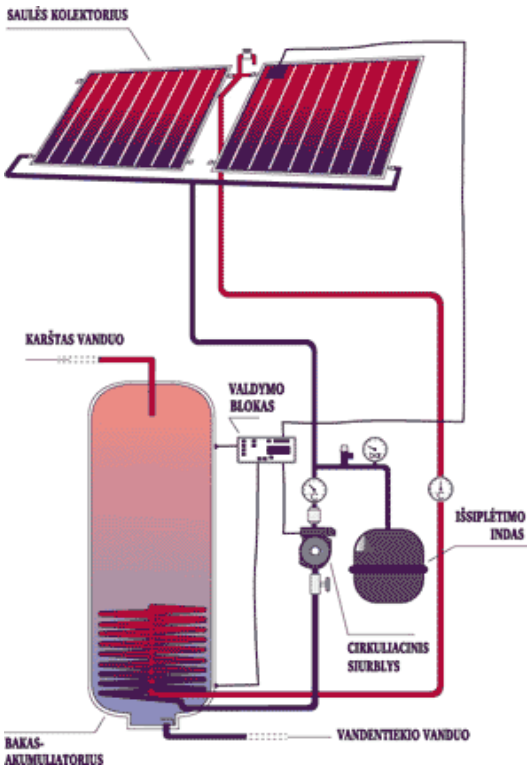
Plokštieji saulės kolektoriai pasižymi dideliu naudingumo koeficientu ir palyginti žema kaina. Per metus plokštieji kolektoriai gali sugerti 400–550 kWh/m², jei jie bus nukreipti į pietų pusę ir pakreipti 45º kampu (horizonto atžvilgiu).

Plokštieji kolektoriai savo ruožtu dar skirstomi į įstiklintuosius ir neįstiklintuosius (atviruosius).

Vakuuminiai saulės kolektoriai lyginant su plokščiais leidžia gauti daugiau energijos kai aplinkos temperatūra žema, o saulės spinduliavimas nedidelis, bet esant intensyviai saulei ir aukštai aplinkos temperatūrai daugiau šilumos išskiria plokšti saulės kolektoriai.

Todėl vakuuminius kolektorius patartina rinktis tada, jei norime saulės energiją panaudoti visus metus. Tai gali būti šilto buitinio vandens ruošimas, dalinis patalpų šildymas, vidinio baseino pašildymas. Plokšti kolektoriai labiau tinka, jei norime saulės energiją panaudoti balandžio - rugsėjo mėnesiais, pavyzdžiui karšto vandens ruošimas ar lauko baseino pašildymas [13].

Principinė saulės kolektorių schema pavaizduota 13 paveiksle.



13 pav. Principinė saulės kolektorių schema [35]

Saulės kolektorių sistemos pagrindiniai elementai: saulės kolektorius, akumuliacinis bakas cirkuliacinis siurblys bei kitos dalys. Jei saulės šilumos nepakanka, vanduo gali turėti papildomą pašildymo spiralę arba jungiamos su kitomis šildymo sistemomis (įvairias katilais, kogeneratoriais ir kt.). Tokios sitemos yra sudėtingesnės ir kartu patikimesnės [36].

Kad į kolektorių kristų maksimalus saulės spindulių kiekis, vasarą saukės kolektoriaus polinkio kampas turėtų būti 15-45°, žiemą 50–90°, o visiems metams – 30–60°. Kolektoriaus nuokrypis nuo pietų krypties ±20° [10]. Pasaulio šalių atžvilgiu (geriausia – pietūs), kolektoriaus plokštumos pasvirimo kampas (apytiksliai lygus platumai – pvz. 54º Vilniuje, jei naudojama ištisus metus) ir kolektoriaus plotas (priklauso nuo gyventojų skaičiaus). Lietuvos klimato sąlygomis, vanduo kolektoriuose vasarą sušyla iki 70-100ºC, žiemą iki 30-50ºC. Nežiūrint to, kad žiemą reikia vandenį papildomai šildyti, sutaupoma nemažai išteklių, nes pakelti vandens temperatūrą nuo +5ºC (temperatūra vandentiekyje) iki +30ºC irgi reikalinga energija bei lėšos [34].

1.3.2 Saulės šildymo sistemų privalumai ir trūkumai

Saulės kolektorių privalumai :

- vidutiniškai pagamina 550 kWh/m^2 šilumos per metus;
- mažos eksploatacinės išlaidos;
- tarnavimo laikas – ne mažiau kaip 25 metai;
- lengvai sumontuojama;
- neužšąlanti žiemos metu;
- nereikalauja didelės priežiūros;
- neteršia aplinkos.

Saulės kolektorius galima plačiai panaudoti individualų namų, poilsio namų, sanatorijų, o taip pat visuomeninių pastatų aprūpinimui karštu vandeniu.

Saulės energetikos privalumai lyginant su tradiciniais energijos ištekliais [34]:

- Energija iš Saulės yra nemokama;
- Priklausomai nuo saulės energijos naudojimo paskirties, energetinės technologijos gali būti labai pigios (pvz.: pasyvus patalpų šildymas, ž.ū. produktų džiovinimas ir pan.);
- Esant poreikiui saulės energetinės sistemos gali užtikrinti nepriklausomą apsirūpinimą energijos resursais (pvz.: elektra, šilumos energija);
- Saulės energija yra nesibaigianti bei pakankamai neįsisavinta;
- Saulės energija yra ekologiškai švari energija, kuri neteršia aplinkos bei neskatina pasaulinio klimato atšilimo efekto.

Pagrindinis šių sistemų trūkumas, tai saulės energijos netolygumas įvairiais metų mėnesiais, o taip pat ir dienos bėgyje.

Saulės energetikos trūkumai lyginant su tradiciniais energijos ištekliais [34]:

- Nepastovi energijos gamyba, kintant saulės apšviestumui;
- Ribotas saulės energetinių technologijų panaudojimo laikas, priklausomai nuo paros ir sezono;
- Dideliam galingumui generuoti reikalingas santykinai didelis žemės plotas;
- Priklausomai nuo saulės energijos naudojimo paskirties, energetinės technologijos gali būti labai brangios, o jų atsipirkimo laikas labai ilgas (pvz.: elektros energijos gamyba);
- Patikimam energetinės sistemos veikimui reikalingas energijos kaupimo įrenginys arba papildomas (rezervinis) energijos šaltinis;
- Dažniausiai saulės energetikos vystymui šalyje reikalinga valstybės finansinė parama.

2. „RETScreen" SKAIČIAVIMO METODIKA

RETScreen tarptautinė švarios energijos projektų analizės programinė įranga (The RETScreen Internationas Clean Energy Project Analysis Software) [14] sukurta, kad padėtų žmonėms priimti sprendimus įgyvendinant atnaujinančios energijos ir energijos vartojimo efektyvumo projektus, kad geriau išanalizuotų techninį ir finansinį galimų projektų gyvybingumą. Programinė įranga, pateikta nemokamai yra naudojama visame pasaulyje. Programinė įranga turi produktų, kainų ir klimato duomenų bazes bei išsamų darbui su programa pagalbos vadovą. Visi šie darbo įrankiai gali būti parsisiunčiami anglų ir prancūzų kalbomis, o daugelis kitų įrankių - kitomis kalbomis.

Šios programos branduolį sudaro integruotų ir standartizuotų projektų programų paketai, kurie gali būti plačiai naudojami įvertinant projekto su atsinaujinančiais ištekliais gamybos kaštus, atsipirkimo trukmę, gyvavimo ciklą ir pastato išmetamų šiltnamio dujų mažinimą.

. Šiuo metu programą sudaro šie programų paketai, juos galima modeliuoti įvairiausias būdais:

- Kogeneracijos (trigeneracijos) programos paketas. Tinkamas analizuoti įvairias kombinacijas – šildymo, šalčio, elektros.
- Mažų hidroelektrinių programos paketas;
- Vėjo energijo programos paketas;
- Šildymo biomase programų paketas;
- Oro šildymo saulės energija programos paketas;
- Vandens šildymo saulės energija programos paketas;
- Pasyvaus šildymo saulės energija programos paketas;

- Šilumos siurblių programos paketas;
- Arenų ir supermarketų energijos aprūpinimo tyrimo programų paketas. Šiuo metu ruošiamas.

Programų paketai turi produktų sąrašus, duomenų bazes (kainų, klimato). Iškilus neaiškumams, bet kada galima atsiversti vartotojo žinyną internete. Programos pagalba akivaizdžiai galima sumažinti laiko ir pinigines sąnaudas, norint parengti projekto atsiperkamumo ar pagrįstumo studiją. Šią programą galima parsisiųsti iš internetinio puslapio [14] nemokamai.

Daug ekspertų (inžinierių, šiltnamio efektą sukeliančių dujų specialistų, kainų ekspertų, klimato duomenų bazės specialistų, finansinės analizės profesionalų) prisidėjo prie programos vystymo, tikrinimo ir pripažinimo galiojančia.

RETScreen vis didėjantį populiarumą paklausą įrodo tai, kad 2008 m. Vasario 10 dieną RETScreen.net turėjo:

- 150343 internetinių vartotojų 222 – jose šalyse;
- 1000 naujų vartotojų kiekvieną savaitę;
- 161 pasaulio universitetų bei kolegijų aktyviai naudojančias šią programą.

RETScreen programos vienas iš trūkumų yra tas, kad nėra programos išverstos į lietuvių kalbą ir šiai programai perprasti reikia laiko. Tad Lietuvoje ši programa dar nėra itin naudojama.

Šiame darbe bus nagrinėjama kombinuota šilumos, šalčio ir elektros gamyba bei karšto vandens šildymas saulės kolektoriuose generuojama šiluma. Tad naudosime šiuos „RERscreen“ programos paketus:

- „Combinated heating, cooling and Power“ (CHCP) – kombinuotos šilumos, šalčio ir elektros programos paketas;
- „Heating with solar water heater“(SWH) - vandens šildymo saulės energija programos paketas.

Juos aprašysime tolimesniuose skyriuose.

2.1 „RETscreen CHCP“ skaičiavimo metodika

Kiekviename programiniame pakete yra standartinė analizė, kurią sudaro trys Excel darbalaukiai:

1) Pradžia (*Start*);
2) Galia ir tinklas (*Load & Network*);
3) Energijos modelis (*Energy Model*).

Toliau aprašysime kiekvieno RETScreen darbalaukio funkcijas:

1) Pradžia

Šiame darbalaukyje reikia pasirinkti kokį projektinį tipą naudosime. Vartotojas turi pasirinkti projektinį tipą (*Projekt type*) iš siūlomo sąrašo:

- Elektra;
- Šildymas;
- Šaldymas;
- Kombinuotas šildymas ir elektra;
- Kombinuotas šaldymas ir elektra;
- Kombinuotas šildymas ir šaldymas;
- Kombinuotas šildymas, šaldymas ir elektra;
- Energijos vartojimo efektyvumas.

Priklausomai nuo pasirinkto projekto tipo siūloma rinktis kokia technologija (*Technology*) bus generuojam energija: saulės energija, vėjo energija ar naudojant įvairias šaldymo mašinas, šildymo agregatus, šilumos siurblius ir kt. arba koks bus naudojamas elektros tinklas (*Grid type*): centralizuoti elektros tinklai ar vietoje gaminama elektra.

Toliau atliekami kiti nustatymai: klimato duomenų vietos (šalis, miestas) pasirinkimas, kalbos pasirinkimas, metrinės ar imperinės sistemos pasirinkimas, aukštesnės ar žemesnės šiluminės vertės pasirinkimas.

Nusistačius klimato duomenų vietovę (Lietuva, Vilnius, kur platuma - 54,6º, ilguma – 25,3º) programa apskaičiuoja šildymo bei vėsinimo dienolaipsnius. Šildymo dienolaipsniai paskaičiuojami, kai lauko temperatūra žemiau 18º C, o vėsinimo - kai daugiau už 25º C.

2) Galia ir tinklas

Programa pagal šildymo ir vėsinimo dienolaipsnius skaičiuoja pastato šilumos ir vėsos poreikius. Vietovės klimato sąlygos apbrėžiamos keliais programos įvestais parametrais: projektinėmis šildymo ir vėsinimo temperatūromis bei šildymo ir vėsinimo dienolaipsniais. Projektinės šildymo ir vėsinimo temperatūros reikalingos pikinės galios nustatymui.

Pagal programos paskaičiuotus dienolaipsnius galima nustatyti ne tik šilumos ir vėsos poreikius, bet ir karšto vandens poreikius. Programa leidžia vartotojui įtraukti karšto geriamojo vandens poreikį, nurodant procentinę dalį nuo bendrų šildymo poreikių. Šalto klimato šalyse tipinė karšto geriamojo vandens procentinė dalis svyruoja nuo 0% iki 25%. Pavyzdžiui, ligoninė naudos 25% bendros šilumos karšto vandens gamybai, tuo tarpu administracinis pastatas 10%. Jei karštas vanduo nebus naudojamas pasirenkama 0% vertė. Karšto vandens poreikiai išskirstomi tolygiai 12 mėnesių.

Toliau įvedami keičiamos šildymo/vėsinimo sistemos (base case) parametrai: šildomas/vėsinamas plotas, kuro tipas, sezoninis sistemos darbo efektyvumas, energijos (kuro) kainos. Įvedamos šildymo ir vėsinimo specifinės galios: šildymui svyruoja nuo 40 iki 120 W/m2, vėsinimui svyruoja nuo 20 iki 50 W/m2, šios vertė priklauso nuo pastato vietovės ir izoliacijos efektyvumo.

Dar galima įvesti vartojimo efektyvumo matą, kuris sumažina šilumos/vėsos energijos poreikius svarstomoje sistemoje (proposed case) lyginant su keičiama (base case) sistema. Šis matas naudojamas tuomet, kai svarstomoje sistemoje numatoma, pavyzdžiui, pagerinti pastato izoliaciją, kuri sumažintų energijos poreikius lyginant su esama sistema. Energijos vartojimo efektyvumo matą įvedus procentine išraiška sumažinami šilumos/vėsos energijos poreikiai. Tipinė vertė svyruoja nuo 0 iki 25 % priklausomai nuo įgyvendintų „pagerinimų“. Taip pat patogu šį energijos vartojimo efektyvumo matą naudoti, kai dalis energijos gaminama kituose įrenginiuose, pavyzdžiui saulės kolektoriuose. Tuomet tą dalį energijos kurią gamins saulės kolektoriai galima minusuoti nuo keičiamos sistemos energijos poreikių.

Jei naudojama elektros energija, reikia suvesti jos poreikius.

Tuomet, kai suvedami visi duomenys programa nubraižo keičiamos ir svarstomos sistemos grafikus. Svarstomos sistemos grafikas gali kisti priklausomai nuo suvestų duomenų Excel darbalaukyje (Energijos modelis).

3) Energijos modelis

Šiame darbalaukyje parenkami svarstomos sistemos šilumos, vėsos ar elektros poreikiams tenkinti naudojami energiją generuojantys įrenginiai. Pirmiausia pasirenkamas kogeneracinis įrenginys (garo turbina, vidaus degimo variklis ar kt.), kuris gamins elektrą bei šilumą. Taip pat reikia pasirinkti įrenginį (dujinį katilą, biokuro katilą, krosnį ar kt.) kuris gamins šilumą pikinio šilumos poreikio metu. Esant elektros energijos pikiniam poreikiui galima pasirinkti, kad ji būtų tiekiama iš elektros tinklų. Pasirinkus kogeneracinį įrenginį parenkamas šilumos atgavimo koeficientas, kurio vertės svyruoja nuo 50 iki 80 %, priklausomai nuo šildomos temperatūros.

Tada reikia pasirinkti vėsos generavimo įrenginį. Pasirinktam vėsinimo įrenginiui (absorbcinei ar kompresorinei šaldymo mašinai ar kt.) programa automatiškai priskiria kuro šaltinį. Pavyzdžiui, jei būtų pasirinkta absorbcinė šaldymo mašina, tad vėsai pagaminti reiktų tam tikro kiekio šilumos, tai ši šaldymo mašina būtų priskirta prie šildymo sistemos. Kompresorinė šaldymo mašina priskiriama prie elektros, kaip kuro šaltinio, sistemos. Tuomet nustatomas vėsinimo įrenginio sezoninis efektyvumas COP (coefficient of performance), kuris svyruoja nuo 0,2 reaktyviniams varikliams iki 7 kompresoriams.

Tuomet pasirenkamos energiją generuojančių įrenginių galios pagal kurias apskaičiuojama pagaminama energija ir nustatomas kuro poreikis. Įvedamos įrenginių gamintojai, kuro tipai ir kainos.

Įvedamos energiją generuojančių įrenginių kainos, metinės išlaidos ir nenumatyti kaštai. Programa jas sumuoja ir įvertina atliekant ekonominę analizę.

Šiame darbalaukyje galima atlikti ir ekonominę analizę, kurioje yra tokie suvestiniai duomenys: kuro sunaudojimas, finansiniai rodikliai, metinės pajamos, projekto kaštų ir sutaupymų suvestinės. Rezultatuose apskaičiuojamas parastas atsipirkimo laikas, bei atsipirkimo laikas įvertinus infliaciją, bei diskonto normą (IRR). Šie rezultatai, leidžia nuspręsti, ar svarstomo projekto šildymo, vėsinimo ir/ar eketros sistemos yra ekonominiu požiūriu prasmingos.

Galima atlikti ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų sumažinimo analizę lyginant svarstomos (proposed case) projekto kuro suvartojimą su esamu (base case) projektu.

2.2 „RETscreen SWH“ skaičiavimo metodika

Ši programa naudojama parinkti saulės kolektorių kiekį karšto vandens ruošimui bei baseinų šildymui. Taip pat tinkama apskaičiuoti ir įvertinti projekto su atsinaujinančiais ištekliais energijos gamybos kaštus, atsipirkimo trukmę, gyvavimo ciklus bei šiltnamio dujų sumažinimą. Šios programos naudojimas, bei duomenų suvedimo taisyklės panašios kaip ir prieš tai aiškintos CHCP programos. Pasirinkus vietovę, programa automatiškai suveda saulės spinduliavimo į horizontalų paviršių vidurkių reikšmes (kWh/m^2/dieną) ir vidutines lauko temperatūras. Jei saulės kolektorių sistema bus naudoja ištisus metus, tai kolektoriai turi būti įrengti horizontaliame paviršiuje. Norint pasiekti didžiausią saulės kolektorių efektyvumą vasaros metu, reikia nurodyti jų pasvirimo kampą, kuris turėtų būti lygus Žemės platumai minus 15º, o žiemos metu – plius 15º.

Tuomet reikia pasirinkti pastato tipą, kuriam bus skaičiuojamas karšto vandens poreikis, galima rinkti iš šio sąrašo: gyvenamasis, viešbutis, ligoninė, įstaiga, greito maisto restoranas, restoranas, mokykla, mokykla su dušais, skalbykla, automobilių plovimas, pramoninis ir kt. Pavyzdžiui, jei pasirinktas gyvenamasis pastatas reikia įvesti gyventojų skaičių, ligoninė – lovų skaičių, įstaiga – darbuotojų skaičius ir pan. Tuomet įvedama ruošiamo karšto geriamojo vandens temperatūra, rekomenduojama 60ºC. Suvedami karšto vandens poreikio režimai, t.y. kiek dienų per savaitę reikės ruošti karšta vandenį. Pavyzdžiui, gyvenamuose pastatuose karšto vandens reikės 7 dienas per savaitę, o įstaigose – 5 dienas. Suvedus visus duomenis programa apskaičiuoja karšto vandens poreikį, kurį padengti turėtų saulės kolektoriai. Pasirenkamas kolektorių tipas (įstiklintas, neįstiklintas ar vakuuminis), pagal kurio efektyvumą programa apskaičiuoja koks turėtų būti kolektorių plotas – m^2, kad surinktų reikiamą kiekį šilumos vandeniui sušildyti. Toliau pasirenkama

akumuliacinio bako talpa, kuri svyruoja nuo 37,5 iki 100 L/m² , rekomenduojam 75 L/m². Optimalus dydis išreiškiantis sistemos kainos ir surinktos šilumos kiekį atitinka nuo 30 iki 50% nuo bendro reikiamo šilumos kiekio karštam vandeniui.

3. ANALIZINĖ DALIS

3.1 Nagrinėjamas atvejis

Nagrinėjamas objektas - gyvenamasis pastatas su administracinėmis patalpomis esantis Vilniaus rajone.

Pastatas yra penkių aukštų, kurio pirmame aukšte įrengtos administracinės patalpos, kiti aukštai gyvenamosios patalpos. Pastato fasadas orientuotas į šiaurę. Viso pastato bendras naudingas plotas 1978 m^2 iš kurio komercinės patalpos užima 500 m^2 ,o gyvenamosios – 1478 m^2 .

Pastatas aprūpintas įvairia energija: šildymu, šaldymu (vėsinimu), karštu vandeniu ir elektros energija. Pastatas yra prisijungęs prie centralizuoto dujų tinklo, elektros energija perkama iš elektros tinklų.

Gyvenamosios dalies vartotojams įvairi energija reikalinga visą parą, septynias dienas per savaitę.

Komercinės dalies energijos vartotojai – tai specifiniai vartotojai, nes jų energijos režimai nepastovūs. Energija naudojama ne visą parą, bei energija tiekiama penkias dienas per savaitę.

Šie skirtingi gyvenamųjų ir administracinių pastato dalių energijos poreikiai suformuoja savitą energijos poreikių charakteristiką.

Charakteristikų tenkinimui bandoma taikyti šiuolaikines technologijas: kogeneracinį (trigeneracinį) įrenginį, absorbcinę šaldymo mašiną, kompresorinę šaldymo mašiną, saulės kolektorius. Dalis energiją generuojančių įrenginių remiasi iškastiniu kuru (gamtinės dujos), dalis atsinaujinančiais energijos šaltiniais.

3.2 Pastato galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai

Apsibrėžiame pastato poreikius naudojantis „RETScreen“ skaičiavimo metodiką (žr. 2 skyrių), taip pat nustatysime ir parinksime, kokie energiją generuojančių įrenginių deriniai yra optimalūs, aprūpinant pastatą energija.

Pastato specifinė galia – 80 W/m^2;

Karšto vandens poreikis apskaičiuotas pagal RETScreen SWH skaičiavimo metodiką (žr. sk. 2.2) pagal užsiduotą žmonių skaičių (gyvenamoji dalis – 60 žmonių, administracinės - 10 žmonių) ir pasirinktą ruošiamo vandens temperatūrą (60ºC) bei klimatinius duomenis programa parenka reikiamą šilumos poreikį (74 MWh), kuris atitinka 20 % nuo metinių šilumos sąnaudų;

Vėsos specifinė galia – 40 W/ m^2.

Skaičiuotini lauko oro parametrai:

Šildymo dienolaipsniai – 4169;

Vėsinimo dienolaipsniai – 747;

Šildymo projektinė oro temperatūra t = -16,2 ºC;

Šaldymo projektinė oro temperatūra t = 26 ºC;

Vidutinė metinė oro temperatūra t = 6,6 ºC.

Pastato galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai suvesti į 2 ir 3 lenteles.

2 lentelė. Galutinio vartojimo energijos ir galios poreikiai

Energijos poreikiai	***MWh***	***Galios poreikiai***	***kW***
Elektrai (apšvietimas)	197	Elektrai	28
Šildymui	347	Šildymui ir k. v.	158
Šaldymui (vėsai)	25	Šaldymui (vėsai)	20
Karštam vandeniui	74		

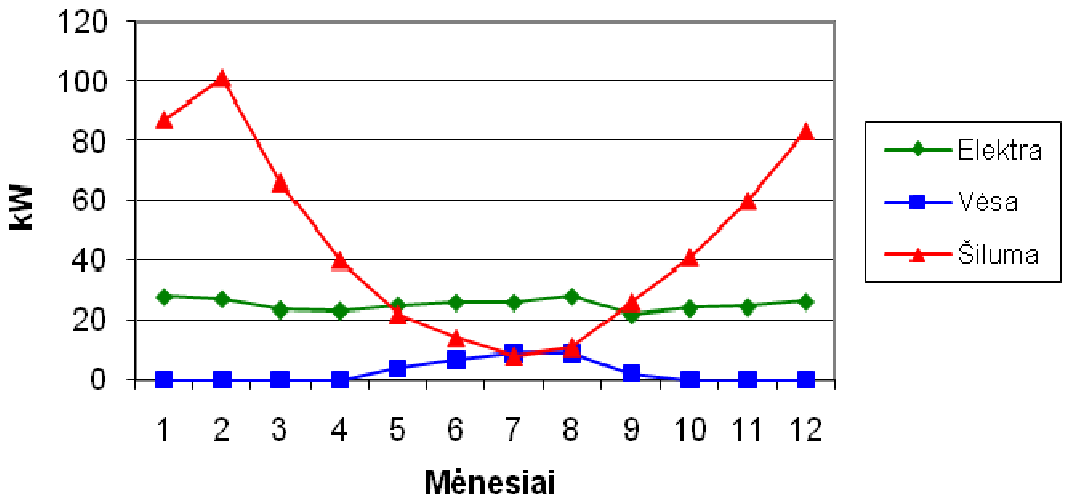
Karšto vandens poreikis įtraukiamas į šildymo sistemos poreikius ir tolygiai paskirstomas 12 mėnesių.

3 lentelė. Mėnesiniai galutinio vartojimo galios poreikiai

Mėnuo	**Bendra elektrinė galia, kW**	**Elektrinė galia, kW**	**Vėsinimo galia, kW**	**Šiluminė galia, kW**
Sausis	28	28	0	87
Vasaris	27	27	0	101
Kovas	24	24	0	66
Balandis	23	23	0	40
Gegužė	25	21	4	22
Birželis	26	19	7	14
Liepa	26	17	9	8
Rugpjūtis	28	19	9	11
Rugsėjis	22	20	2	26
Spalis	24	24	0	41
Lapkritis	25	25	0	60
Gruodis	26	26	0	83
Pikinė metinė galia	**28**	**28**	**20**	**158**

Šioje lentelėje bendra elektros energijos galia nurodyta elektros sistemos galia plius šaldymo sistemos galia, nes vėsai gaminti naudojama elektra. Didžiausi galios poreikiai yra Sausio bei Vasario mėnesiais.

Pagal mėnesinius galutinio vartojimo galių poreikius sudarytas pastatui reikalingų galių grafikas (14 pav.).



14 pav. Galutinės energijos galių poreikių grafikas

Grafike pavaizduota elektros, šildymo ir vėsos galių poreikiai per vienerius metus. Žinant šiuos poreikius galimas tolimesnis nagrinėjimas.

3.3 Energiją generuojančių įrenginių parinkimas

Pastatas bus aprūpintas įvairia energija: šildymu, vėsinimu, elektra, karštu vandeniu panaudojant tokius įrenginius: kogeneracinį (trigeneracinį) įrenginį, absorbcinę ir kompresorinę šaldymo mašiną, saulės kolektorius (4 lent.).

4 lentelė. Energijos tiekimo įrenginiai

Energijos tiekimas	
Įrenginys	**Taikymas**
Kogeneracinis (trigeneracinis) įrenginys	Šildymas/vėsinimas, elektros tiekimas, karšto vandens ruošimas
Absorbcinis šaldymo įrenginys	Vėsinimas
Kompresorinis šaldymo įrenginys	Vėsinimas
Saulės kolektoriai	Karšto vandens ruošimas
Energijos poreikis	
Pastato dalis	**Taikymas**
Gyvenamosios patalpos	Šildymas, karšto vandens tiekimas, elektros tiekimas
Administracinės patalpos	Šildymas, vėsinimas, karšto vandens tiekimas, elektros tiekimas

Lentelėje nurodyti pagrindiniai energijos generavimo įrenginiai, pikiniu energijos suvartojimo metu yra numatytas dujinis katilas, bei energijos tiekimas iš elektros tinklų.

Pastatą reikalingomis energijos formomis – šiluma, vėsa, karštu vandeniu, elektra aprūpins kogeneratorius - vidaus degimo variklis, absorbcinis šaldymo įrenginys, kompresorinis šaldymo įrenginys, saulės kolektoriai, dujinis katilas, elektros tinklai. Visi energiją generuojantys

komponentai gali būti sujungti į vieną sistemą, tačiau kiekvienas iš jų gali veikti atskirai, nepriklausomai nuo kitų. Sistemos generatorių funkcijos:

- Kogeneratorius gamins šilumą ir elektrą.
- Saulės kolektoriai gamins karštą vandenį, o kai saulės energijos neužteks, šilumą karštam vandeniui ruoš kogeneratorius ar dujinis katilas.
- Dujinis katilas piko metu gamins trūkstamą šilumą.
- Iš elektros tinklų perkama elektra užtikrins piko metu reikiamą elektros energiją.
- Absorbcinė arba kompresorinė šaldymo mašina gamins vėsą.

3.4 Energiją generuojančių įrenginių derinimas

„RETScreen CHCP“ (kombinuotas šilumos, šaldymo ir elektros) modelio pagalba sumodeliuojame šildymo, šaldymo ir elektros sistemą. Pagal kurią galėsime parinkti kelis energijos galių variantus tenkinti poreikiams.

Sistema leidžia pasirinkti kiek galios pagamintos kogenratoriuje skirsime šildymui, vėsinimui ir elektrai ir kiek galios reikės iš kitų įrenginių padengti pikinį poreikį.

Tiriamos trys alternatyvos (5 lent.).

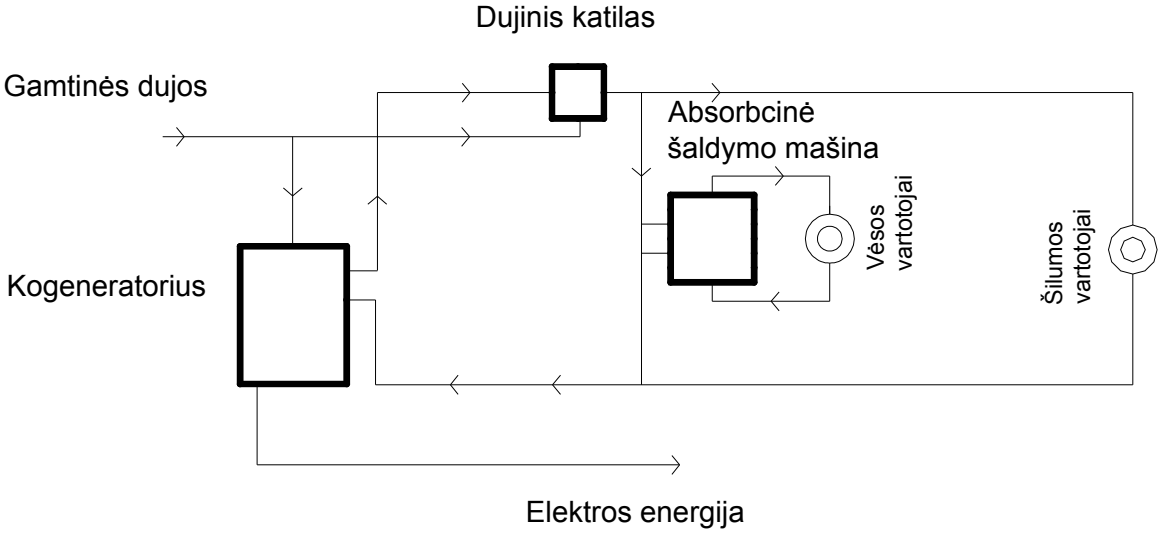
5 lent. Tiriamos alternatyvos

Alternatyvos	Įrenginiai
I	kogeneratorius (CHP) absorbcinė šaldymo mašina
II	kogeneratorius (CHP) kompresorinė šaldymo mašina
III	kogeneratorius (CHP) absorbcinė šaldymo mašina saulės kolektoriai

Parenkant alternatyvas vėsa gali būti gaminama absorbcinėje šaldymo mašinoje arba kompresorinėje šaldymo mašinoje. Nuo šio pasirinkimo priklauso ar energijos generatoriai šiam tikslui turės pagaminti papildomą šilumą ar elektrą alternatyvų tarpinės energijos poreikių pavidale (16, 18, 20 pav.).

I alternatyvos tyrimas

Galutinės energijos poreikių tenkinimui, įrenginiai gamins tarpinę energiją šilumos ir elektros pavidale (16 pav.). Kogeneratorius gamins elektrą, šilumą šildymui, karštam vandeniui ir šilumą absorbcinei šaldymo mašinai, kuri tą šilumą panaudos gaminti vėsai. Pikinio šilumos poreikio metu įsijungs dujinis katilas bei, jei reikės elektros energijos, ji bus tiekiama iš elektros tinklų. Energiją generuojančių įrenginių jungimo schema pavaizduota 15 paveiksle.



15 pav. I-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema

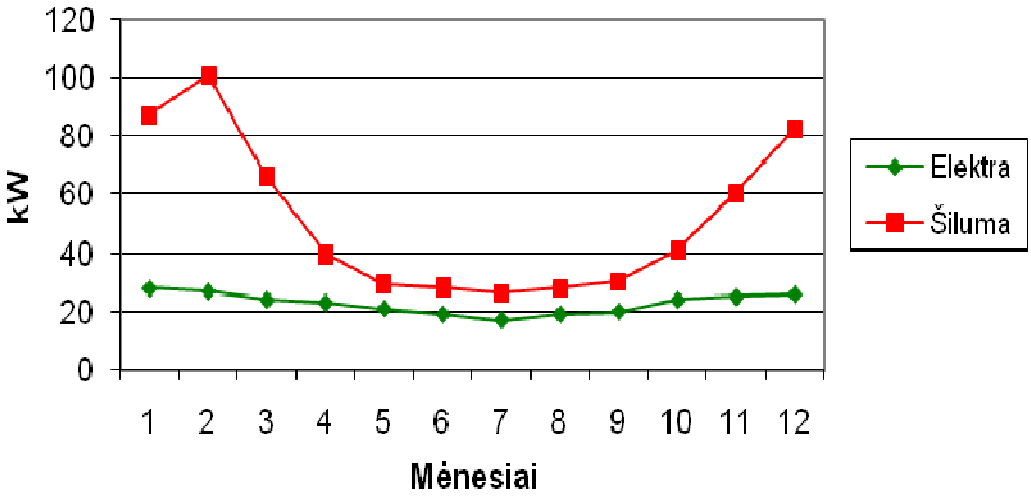
Kaip anksčiau buvo minėta (žr. sk. 2.1) absorbcinės šaldymo mašinos naudingumo koeficientas yra 0,5, šaldymo galia – 20 kW (2 lent.). Kadangi reikia pagaminti 25 MWh vėsos (2 lent.), tai į šaldymo mašina turi būti tiekiama 50 MWh šilumos (25 MWh/0,5 = 50 MWh). Kad būtų pagamintas šis papildomas šilumos kiekis 40–čia kW (20 kW/0,5 = 40 kW) turi padidėti šildymo galia. Tad prie šildymo galios prisideda 40 kW, o prie šildymo energijos poreikių - 50 MWh.

Mėnesiniai šildymo ir elektros galios poreikiai I alternatyvai suvesti į 6 lentelę ir pavaizduoti grafike (16 pav.).

6 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui

Mėnuo	Elektrinė galia, kW	Elektrinė galia vėsinimui, kW	Bendra elektrinė galia, kW	Šilumos galia šildymui, kW	Šilumos galia vėsinimui, kW	Bendra šiluminė galia, kW
Sausis	28	0	28	87	0	87
Vasaris	27	0	27	101	0	101
Kovas	24	0	24	66	0	66
Balandis	23	0	23	40	0	40
Gegužė	21	0	21	22	7	29
Birželis	19	0	19	14	14	28
Liepa	17	0	17	8	19	26
Rugpjūtis	19	0	19	11	17	28
Rugsėjis	20	0	20	26	4	30
Spalis	24	0	24	41	0	41
Lapkritis	25	0	25	60	0	60
Gruodis	26	0	26	83	0	83
Pikinė metinė galia	**28**	**0**	**28**	**158**	**40**	**198**

Pagal lentelės duomenis nubrėžiamas tarpinės energijos galių poreikių grafikas (16 pav.), kuris neparodo tikrųjų piko poreikių, esant šalčiausioms/karščiausioms šildymo/vėsinimo sezono temperatūroms bei didžiausioms elektros energijos apkrovoms. Todėl energiją generuojantys įrenginiai bus parinkti su atsarga, kad užtikrintų pikinius poreikius.



16 pav. I alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai

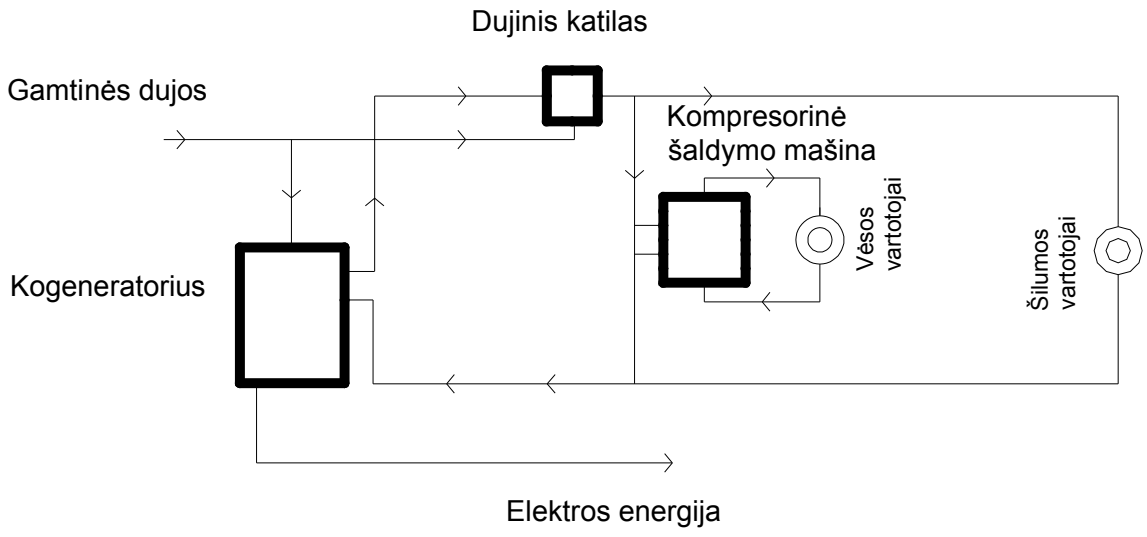
Iš grafiko matome kaip pasikeitė šildymo sistemos galios lyginat su esamu variantu (14 pav.).

Įdiegus I-ają alternatyvą šildymo galia - 198 kW, o šildymo energijos poreikiai - 471 MWh.

Šiai alternatyvai sunaudojama 70657 m^3 dujų ir 27 MWh elektros energijos iš elektros tinklų.

II alternatyvos tyrimas

Galutinės energijos poreikių tenkinimui, įrenginiai gamins tarpinę energiją šilumos ir elektros pavidale (18 pav.). Kogeneratorius gamins elektrą, šilumą šildymui, karštam vandeniui ir elektrą kompresorinei šaldymo mašinai, kuri tą elektrą panaudos gaminti vėsai. Taip pat kaip ir I-oje alternatyvoje pikinio šilumos poreikio metu įsijungs dujinis katilas, o kai pritrūks elektros energijos ji bus tiekiama iš elektros tinklų. Jungimo schema pavaizduota 17 paveiksle.



17 pav. II-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema

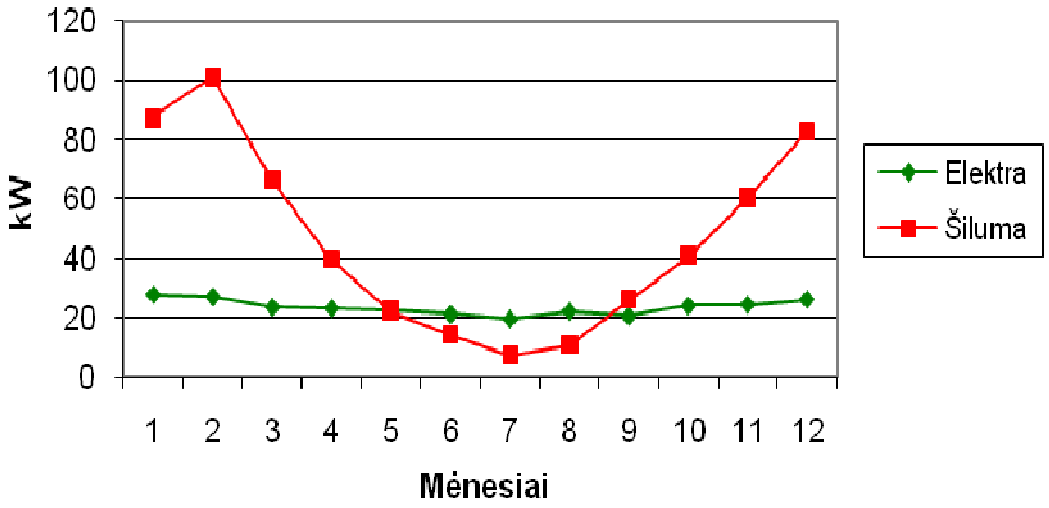
Kadangi kompresorinės šaldymo mašinos naudingumo koeficientas yra 3,8 (žr. sk. 2.1), o reikia pagaminti 25 MWh vėsos (2 lent.), tai į šaldymo mašina turi būti tiekiama 7 MWh elektros energijos (25 MWh/3,8 = 7 MWh). Tad prie elektros energijos poreikių prisideda 7 MWh, bet nesikeičia elektros galia (keičiasi, bet nežymiai – nevertiname).

Mėnesiniai šildymo ir elektros galios poreikiai II alternatyvai suvesti į 7 lentelę ir pavaizduoti grafike (18 pav.).

7 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui

Mėnuo	Elektrinė galia, kW	Elektrinė galia vėsinimui, kW	Bendra elektrinė galia, kW	Šilumos galia šildymui, kW	Šilumos galia vėsinimui, kW	Bendra šiluminė galia, kW
Sausis	28	0	28	87	0	87
Vasaris	27	0	27	101	0	101
Kovas	24	0	24	66	0	66
Balandis	23	0	23	40	0	40
Gegužė	21	1	23	22	0	22
Birželis	19	2	21	14	0	14
Liepa	17	3	20	8	0	8
Rugpjūtis	19	3	22	11	0	11
Rugsėjis	20	1	21	26	0	26
Spalis	24	0	24	41	0	41
Lapkritis	25	0	25	60	0	60
Gruodis	26	0	26	83	0	83
Pikinė metinė galia	**28**	**7**	**28**	**158**	**0**	**158**

Pagal lentelės duomenis nubrėžiamas poreikių grafikas (18 pav.), kuris neparodo tikrųjų piko poreikių, esant šalčiausioms/karščiausioms šildymo/vėsinimo sezono temperatūroms bei didžiausioms elektros energijos apkrovoms. Todėl energiją generuojantys įrenginiai bus parinkti su atsarga, kad užtikrintų pikinius poreikius.



18 pav. II alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai

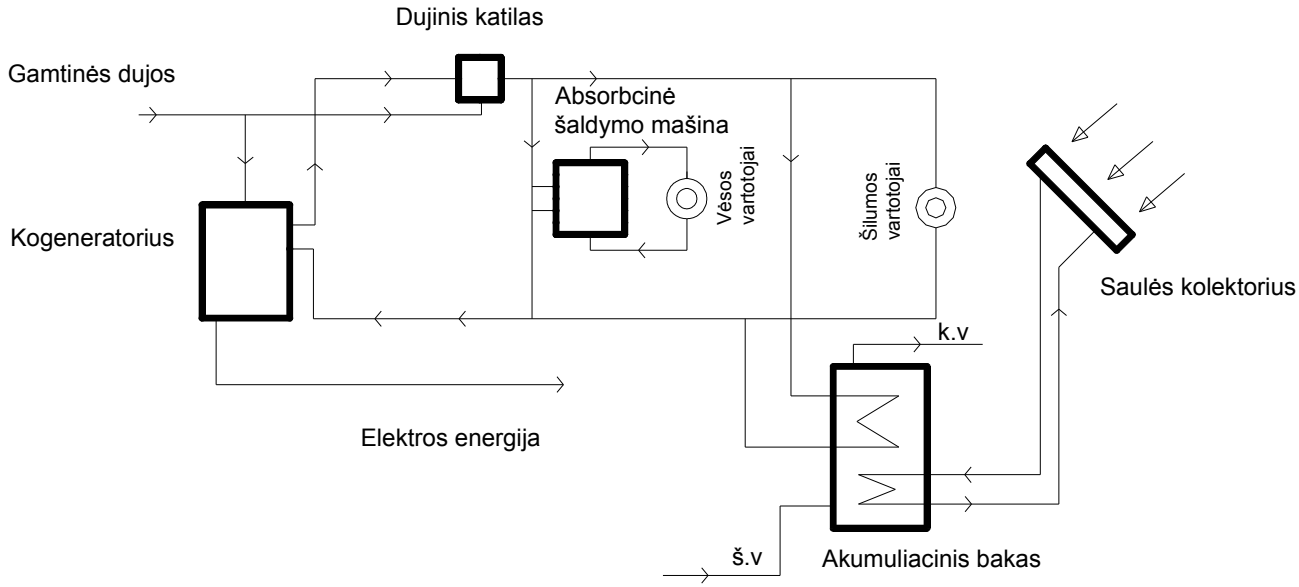
Iš grafiko matome kaip pasikeitė šildymo sistemos galios lyginat su esamu variantu (14 pav.).

Įdiegus II-ają alternatyvą elektros galia - 28 kW, o elektros energijos poreikiai - 204 MWh.

Šiai alternatyvai sunaudojama 69852 m^3 dujų ir 30 MWh elektros energijos iš elektros tinklų.

III alternatyvos tyrimas

Galutinės energijos poreikių tenkinimui (20 pav.), įrenginiai gamins tarpinę energiją šilumos ir elektros pavidale. Kogeneratorius gamins elektrą, šilumą šildymui, karštam vandeniui ir šilumą absorbcinei šaldymo mašinai, kuri tą šilumą panaudos gaminti vėsai. Saulės kolektoriai padengs 40% (30 MWh) karšto vandens šilumos poreikių, likusi (44 MWh) dalis yra priskaičiuoti prie šildymo poreikių. Pikinio poreikio metu įsijungs dujinis katilas, bei jei reikės elektros energijos ji bus tiekiama iš elektros tinklų. Energiją generuojančių įrenginių principinė schema pavaizduota 19 paveiksle.



19 pav. III-oji alternatyva. Šildymo, vėsinimo ir elektros tiekimo schema

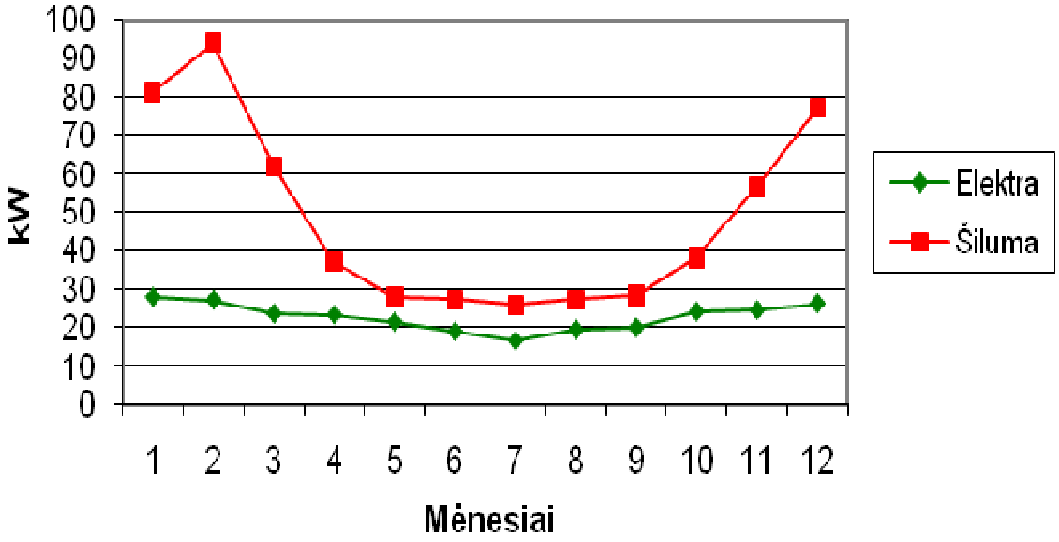
.

Mėnesiniai šildymo ir elektros galios poreikiai III alternatyvai suvesti į 8 lentelę ir pavaizduoti grafike (20 pav.).

8 lentelė. Mėnesiniai tarpinės energijos galių poreikiai elektrai ir šildymui

Mėnuo	Elektrinė galia, kW	Elektrinė galia vėsinimui, kW	Bendra elektrinė galia, kW	Šilumos galia šildymui, kW	Šilumos galia vėsinimui, kW	Bendra šiluminė galia, kW
Sausis	28	0	28	81	0	81
Vasaris	27	0	27	94	0	94
Kovas	24	0	24	62	0	62
Balandis	23	0	23	37	0	37
Gegužė	21	0	21	21	7	28
Birželis	19	0	19	13	14	27
Liepa	17	0	17	7	19	26
Rugpjūtis	19	0	19	10	17	27
Rugsėjis	20	0	20	24	4	28
Spalis	24	0	24	38	0	38
Lapkritis	25	0	25	56	0	56
Gruodis	26	0	26	77	0	77
Pikinė metinė galia	**28**	**0**	**28**	**147**	**40**	**187**

Pagal lentelės duomenis nubrėžiamas poreikių grafikas (20 pav.), kuris neparodo tikrųjų piko poreikių, esant šalčiausioms/karščiausioms šildymo/vėsinimo sezono temperatūroms bei didžiausioms elektros energijos apkrovoms. Todėl energiją generuojantys įrenginiai bus parinkti su atsarga, kad užtikrintų pikinius poreikius



20 pav. III alternatyva. Tarpinės energijos galių poreikiai

Iš grafiko matome kaip pasikeitė šildymo sistemos galios lyginat su esamu variantu (14 pav.).

Tad įdiegus II-ają alternatyvą šildymo galia – 187 kW, o šildymo energijos poreikiai – 441 MWh.

Šiai alternatyvai sunaudojma 67712 m^3 dujų ir 27 MWh elektros energijos iš elektros tinklų.

Galutiniai visų trijų alternatyvų duomenys suvesti į 9 lentelę.

9 lentelė. Allternatyvų energijos ir galios porekiai

Alternatyva	Poreikis	Elektra	Elektra vėsinimui	Bendra elektra	Vėsinimas	Šildymas	Šiluma vėsinimui	Bendras šiluma
I	Galia, kW	28	0	28	*20*	158	40	198
	Energija, MWh	197	0	197	*25*	421	50	471
II	Galia, kW	28	7	28	*20*	158	0	158
	Energija, MWh	197	7	204	25	421	0	421
III	Galia, kW	28	0	28	20	147	40	187
	Energija, MWh	197	0	197	25	391	50	441

I ir III alternatyvos energijos generatoriai vėsą gamins iš šilumos, II alternatyvos iš elektros energijos.

Išnagrinėję pastato tarpinius energijos ir galios poreikius ir naudojantis „RETScreen“ skaičiavimo metodiką (žr. sk. 2.1), kitame skyriuje nustatysime ir parinksime, kokie energiją generuojančių įrenginių deriniai yra optimalūs, aprūpinant pastatą įvairia energija. Tam taikysime ekonominę analizę.

4. REZULTATAI IR JŲ EKONOMINĖ ANALIZĖ

4.1 Ekonominiai rodikliai ir prielaidos

Ekonominiams skaičiavimams atlikti reikalingos energiją generuojančių įrenginių, kuro, elektros energijos kainos.

Energiją generuojančių į renginių kainos (10 lent.) imamos iš RETscreen duomenų bazės [14].

10 lentelė. Energijos generatorių kainos [14]*

Pavadinimas	Vnt.	Kaina, Lt/vnt.
Kogeneracinis įrenginys	kW	3600
Absorbcinė šaldymo mašina	kW	480
Kompresorinė šaldymo mašina	kW	600
Saulės kolektorių (SK) sistema	m^2	900
SK akumuliacinė talpa	l	2
Dujinis katilas	kW	168
Papildomos išlaidos	-	10%

*Kainos nurodytos įvertinant įrenginio ir montavimo kainą.

Gauti reikiamam kiekiui šilumos parinkti 27 „Buderus“ firmos Logasol SKS 3.0 plokštieji įstiklinti saulės kolektoriai ir akumuliacinės talpos. Saulės kolektorių bendras plotas – 65m^2, o akumuliacinių talpų bendras tūris – 4400 litrų. Lyginamieji rodikliai pastatui: SK – 0,03 m^2/m^2 , akumuliaciniai bakai – 2,22 l/m^2.

Skaičiavimams naudojamos energijos kainos:

- perkamos elektros kaina – 0,24 Lt/kWh, (tai dieninio (0,31Lt/kWh) ir naktinio (0,17Lt/kWh) tarifų vidutinė kaina). Šios kainos taikomos butiniams vartotojams, kurie per metus sunaudoja 12000 kWh ir daugiau elektros energijo [41];
- parduodamos elektros kaina – 0,13 Lt/kWh, priimama, kad parduodamos elektros kaina proporcingai didėja perkamos elektros atžvilgiu;
- gamtinių dujų kaina – 1,25 Lt/m^3 [40], kai suvartojamas gamtinių dujų kiekis daugiau kaip 20000 m^3 per metus.

Kitos prielaidos reikalingos ekonominiams skaičiavimams atlikti:

- Projekto trukmė – 10 metų;
- Infliacija – 10%;
- Diskonto norma (IRR) – 7 %.

4.2 Energiją generuojančių įrenginių galių parinkimas

Nagrinėjami keli variantai, visų pirma siekiant tarp jų rasti ekonomiškai priimtiną kogeneracinės jėgainės galią. Bus reikalingi ir papildomi energijos šaltiniai: dujinis katilas bei elektros energija iš elektros tinklų, siekiant aprūpinti pastatą energija pikinio poreikio metu.

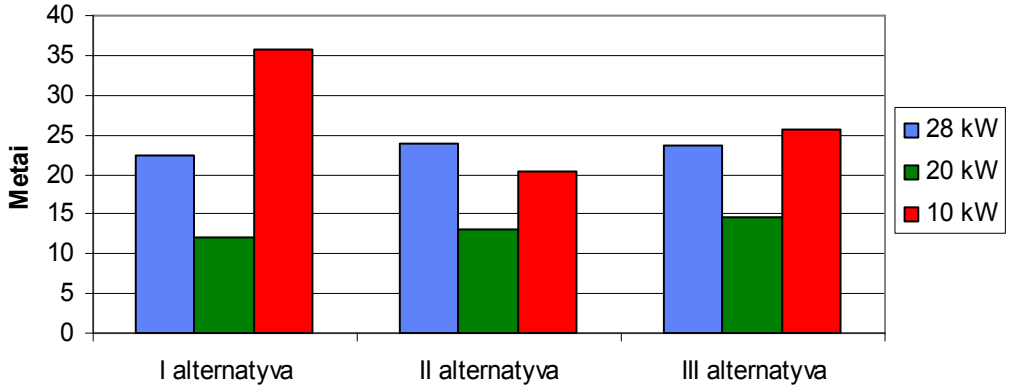
Atliekami ekonominiai skaičiavimai visoms trims alternatyvoms. Nagrinėjami trys variantai, keičiant kogeneracinio įrenginio galią: 1 variantu parenkama 28 kW galia, 2 variantu – 20 kW, 3 variantu – 10 kW. Kiek šilumos ir elektros pagamins kogeneratorius ir kiek piko metu reikės pirkti elektros iš elektros tinklų bei kiek šilumos turės pagaminti dujinis katilas, nurodyta 11 lentelėje.

11 lentelė. Elektros ir šilumos gamybos suvestiniai duomenys

I alternatyva						
Variantai	Kogeneratoriaus galia	Pagamina-ma elektra kogeneratoriuje	Pagamina-ma šiluma kogeneratoriuje	Perkama elektra iš elektros tinklų	Pagamina-ma šiluma dujiniame katile	Dujinio katilo galia
	kW	MWh	MWh	MWh	MWh	kW
1	28	197	306	0	165	159
2	20	170	247	27	224	170
3	10	87	125	110	347	184
II alternatyva						
Variantai	Kogeneratoriaus galia	Pagamina-ma elektra kogeneratoriuje	Pagamina-ma šiluma kogeneratoriuje	Perkama elektra iš elektros tinklų	Pagamina-ma šiluma dujiniame katile	Dujinio katilo galia
	kW	MWh	MWh	MWh	MWh	kW
1	28	204	262	0	159	119
2	20	174	205	30	217	130
3	10	88	117	116	304	144
II alternatyva						
Variantai	Kogeneratoriaus galia	Pagamina-ma elektra kogeneratoriuje	Pagamina-ma šiluma kogeneratoriuje	Perkama elektra iš elektros tinklų	Pagamina-ma šiluma dujiniame katile	Dujinio katilo galia
	kW	MWh	MWh	MWh	MWh	kW
1	28	197	299	0	142	147
2	20	170	245	27	197	159
3	10	87	125	110	317	173

Iš lentelės matome, pavyzdžiui, jei diegtumėme 28 kW galios kogeneratorių, tai elektros poreikiai būtų patenkinti 100%, šilumos būtų pagaminta 60 - 65%, likusią dalį 40 - 35% tektų pasigaminti dujiniame katile. Procentinė išraiška priklauso nuo pasirinktos alternatyvos.

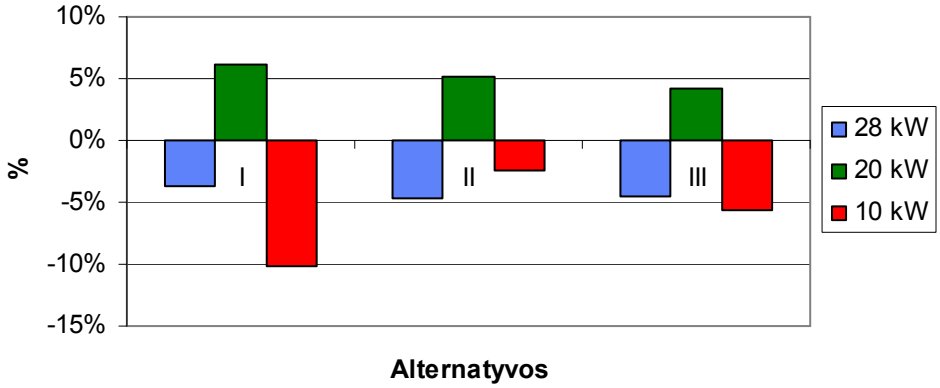
Tad įvertinus kuro ir įrenginių kainas, bei nenumatytas išlaidas atliekama ekonominė analizė, keičiant kogeneratoriaus galią: 28 kW, 20 kW, 10 kW. Alternatyvos lyginamos su esamu variantu, rezultatai pavaizduoti 21 ir 22 paveiksluose.



21 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, keičiant kogeneratoriaus galias

Iš ekonominių skaičiavimų rezultatų matome, kad prie dabartinių elektros energijos, dujų bei įrenginių kainų nei viena alternatyva nėra racionali diegimui. Nes visų alternatyvų atsipirkimo laikas prie įvairių variantų (kogeneratoriaus galių –28kW, 20kW, 10kW) viršija projekto trukmę t.y. 10 metų.

Ekonominio rodiklio IRR rezultatai patvirtina, kad alternatyvos nevertos investicijų. Keičiant kogeneratoriaus galias (28kW, 20kW, 10kW) alternatyvų IRR < 7% (20 pav).



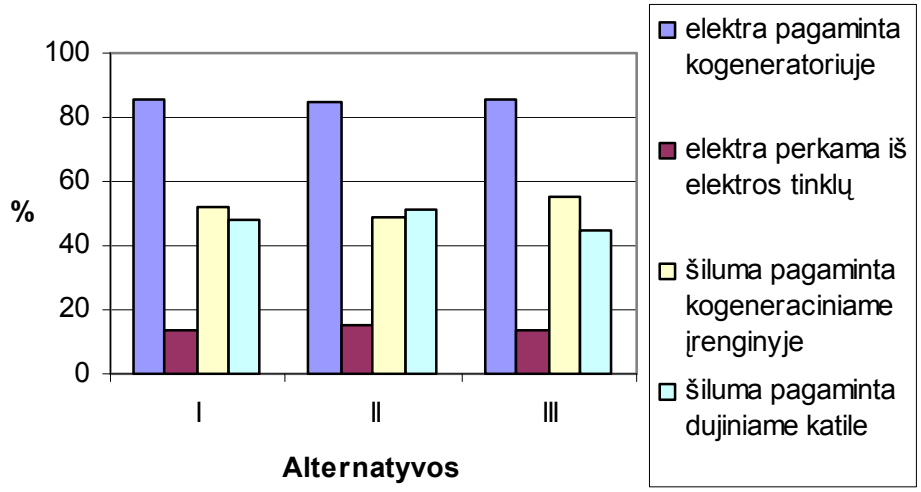
22 pav. Lyginamasis IRR grafikas, keičiant kogeneratoriaus galias

Diegiant 28 kW arba 10 kW galios kogeneratorių diskonto normos yra neigiamos. Diegiant 20 kW galios generatorių IRR artimos 7%: I-os alternatyvos IRR = 6,2, II-os alternatyvos IRR = 5,1, o III-os alternatyvos IRR = 4,2%.

Nors nei viena alternatyva nėra rentabili investicijoms, bet geriausias variantas iš 28kW, 20kW ir 10kW yra 20 kW galios kogeneratoriaus diegimas, nes šio varianto ekonominiai rodikliai

arti projekto trukmės (10 metų), bei diskonto normos (IRR=7%). Tad verta jį panagrinėti prie padidėjusių elektros energijos bei dujų kainų.

Įdiegtas antrame variante siūlomas 20 kW kogeneratorius tokiomis proporcijomis (23 pav.) gamins reikiamą šilumą bei elektrą tenkinti šilumos, vėsos, bei elektros poreikius.



23 pav. Elektros ir šilumos gamyba, %

Įdiegus 20 kW galios kogeneratorių taip pasiskirsto energiją generuojančių įrenginių galios bei energijos pagaminimo kiekiai:

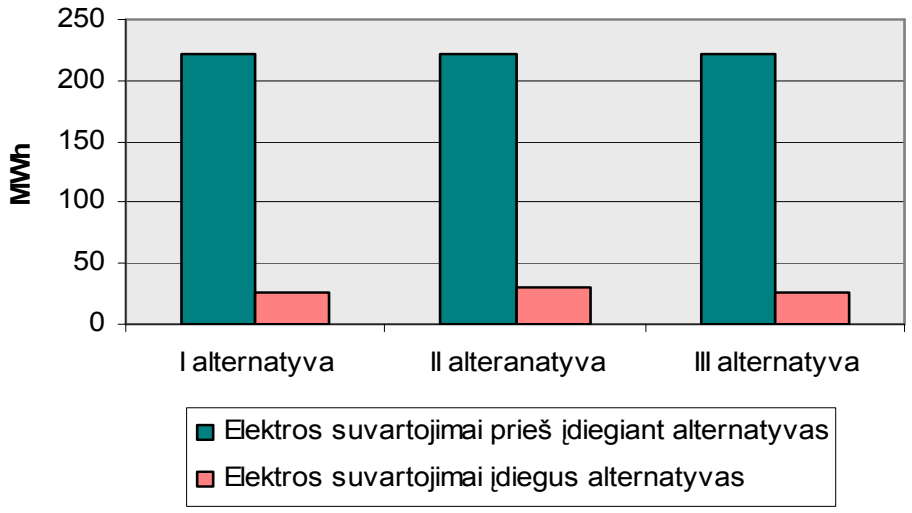
I-os alternatyvos kogeneratorius (20 kW) užtikrins 170 MWh (86 %) metinių elektros energijos poreikių ir 247 MWh (52 %) metinių šilumos poreikių. Reikiamas šilumos kiekis 471 MWh (iš jų 50 MWh šalčiui gaminti), o elektros energijos poreikiai – 197 MWh. Tad likusią dalį šilumos poreikių 224 MWh (48 %) dengs dujinis katilas (170 kW), o elektros energija kiekis 27 MWh (14 %) bus perkamas iš elektros tinklų. Absorbcinė šaldymo mašina (20 kW) gaudama iš kogeneratoriaus šilumą ruoš 25 MWh vėsos.

II-os alternatyvos kogeneratorius (20 kW) užtikrins 174 MWh (85%) metinių elektros energijos poreikių ir 205 MWh (49%) metinių šilumos poreikių. Reikiamas šilumos kiekis 421 MWh, o elektros energijos poreikiai – 204 (iš jų 7 MWh šalčiui gaminti). Tad likusią dalį šilumos poreikių 217 MWh(51%) dengs dujinis katilas (130 kW), o elektros energija kiekis 30 MWh (15%) bus perkamas iš elektros tinklų. Kompresorinė šaldymo mašina (20 kW) gaudama iš kogeneratoriaus elektros energijos ruoš 25 MWh vėsos.

III-os alternatyvos kogeneratorius (20 kW) užtikrins 170 MWh (86%) metinių elektros energijos poreikių ir 245 MWh (55%) metinių šilumos poreikių. Reikiamas šilumos kiekis 441 MWh (iš jų 50 MWh šalčiui gaminti, 30 MWh ruoš SK), o elektros energijos poreikiai – 197 MWh. Tad likusią dalį šilumos poreikių 197 MWh (45%) dengs dujinis katilas (159 kW), o elektros energija kiekis 27 MWh (14%) bus perkamas iš elektros tinklų. Saulės kolektoriai dengs 30 MWh

(40 %) karšto vandens šilumos poreikių. Absorbcinė šaldymo mašina (20 kW) gaudama iš kogeneratoriaus šilumą ruoš 25 MWh vėsos

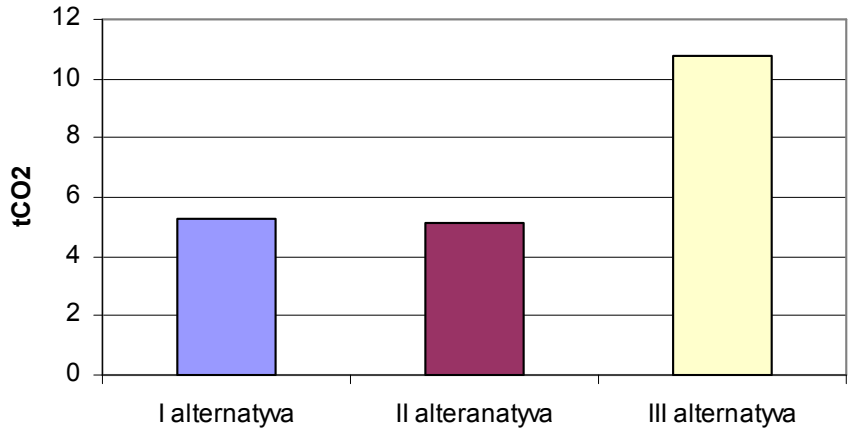
24 paveiksle palyginama elektros energijos suvartojimai iš elektros tinklų prieš įdiegiant alternatyvas ir įdiegus alternatyvas.



24 pav. Elektros suvartojimai iš elektros tinklų prieš įdiegiant alternatyvas ir įdiegus palyginimas

Čia neįskaičiuojami saulės kolektoriaus bei dujinio katilo cirkuliacinių siurblių elektros energija, nes tai nėra dideli kiekiai, todėl jie nevertinami.

25 paveiksle vaizduojama kiek sutaupoma šiltnamio dujų (CO2) įdiegus alternatyvias sistemas.



25 pav. Šiltnamio dujų kiekių sutaupymai įdiegus alternatyvias sistemas

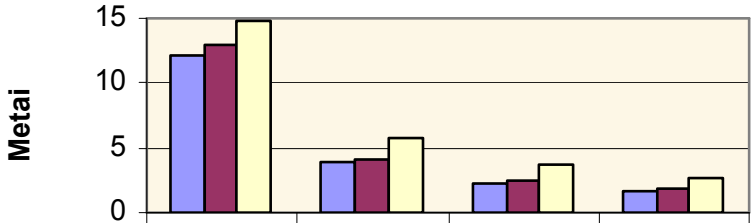
Grafikas parodo, kad daugiausiai 10,8 tonas CO2 kiekio sutaupytumėme įdiegę kogeneratoriaus, absorbcinės šaldymo mašinos, saulės kolektorių, bei dujinio katilo sistemą (III-oji alternatyva). Įdiegę kogeneratoriaus, absorbcinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistemą (I-oji

alternatyva) sutaupytumėme 5,3 tonas CO2 kiekio. Įdiegę kogeneratoriaus, kompresorinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistemą (II-oji alternatyva) sutaupytumėme 5,1 tonas CO2 kiekio

Įdiegę III alternatyvą labiausiai prisidėtumėme prie klimato kaitos stabilizavimo. Atsiradus CO2 mokesčiams tai turėtų įtakos ir ekonominiams alternatyvų rodikliams.

4.3 Elektros energijos kainų kilimo įtaka sistemų atsiperkamumui

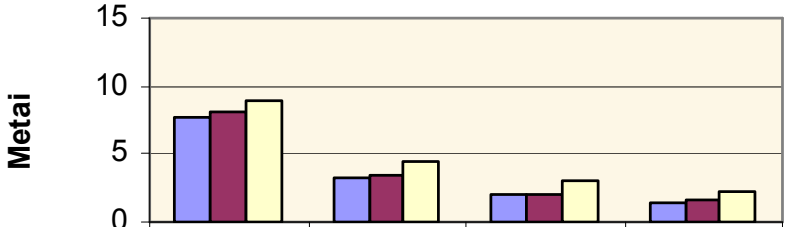
Elektros energijos kainoms kylant nuo 50% iki 150% visos alternatyvos tampa patrauklios investicijoms, nes jų atsipirkimo laikas neviršija projekto trukmės – 10 metų (26 pav.), bei IRR>7% (28 pav.). Kuo didesnė elektros kaina tuo energiją generuojančių įrenginių sistemos greičiau atsiperka .



	0%	50%	100%	150%
I alternatyva	12,2	3,9	2,3	1,7
II alternatyva	13	4,2	2,5	1,8
III alternatyva	14,7	5,8	3,6	2,6

26 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms

Įvertinus infliaciją (10%) atsipirkimo laikas sutrumpėja (27 pav.)

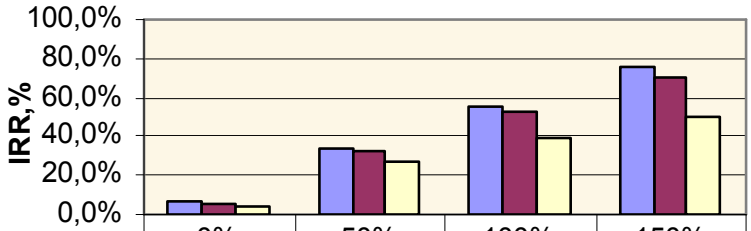


	0%	50%	100%	150%
I alternatyva	7,8	3,2	2	1,5
II alternatyva	8,2	3,4	2,1	1,6
III alternatyva	8,9	4,4	3	2,2

27 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko įvertinus infliaciją grafikas, kylant elektros kainoms

Išnagrinėjus rezultatus matome tiek paprasto atsipirkimo laiko atžvilgiu, tiek įvertinus infliaciją patraukliausia investicija yra I-os alternatyvos t.y kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, bei dujinio katilo sistema. Kuo daugiau brangs elektra tuo labiau apsimokės diegti I-ąją

alternatyvą. Jei elektra pabrangs 2,5 karto (150%), I-oji alternatyva atsipirks po vienų metų ir šešių mėnesių (po 1,5 metų).



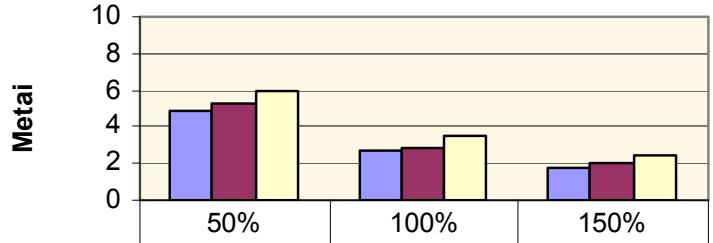
	0%	50%	100%	150%
I alternatyva	6,2%	34,3%	55,8%	75,7%
II alternatyva	5,1%	31,9%	52,2%	70,9%
III alternatyva	4,2%	26,8%	39,8%	50,3%

28 pav. Lyginamasis IRR grafikas, kylant elektros kainoms

Šis grafikas patvirtina, kad patraukliausia sistema investicijoms yra kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, bei dujinio katilo sistema (I-oji alternatyva). Padidėjus elektros kainoms iki 2,5 karto (150%) diskonto normos rodiklis IRR=75,7%.

3.4 Dujų ir elektros energijos kainų kilimo įtaka sistemų atsiperkamumui

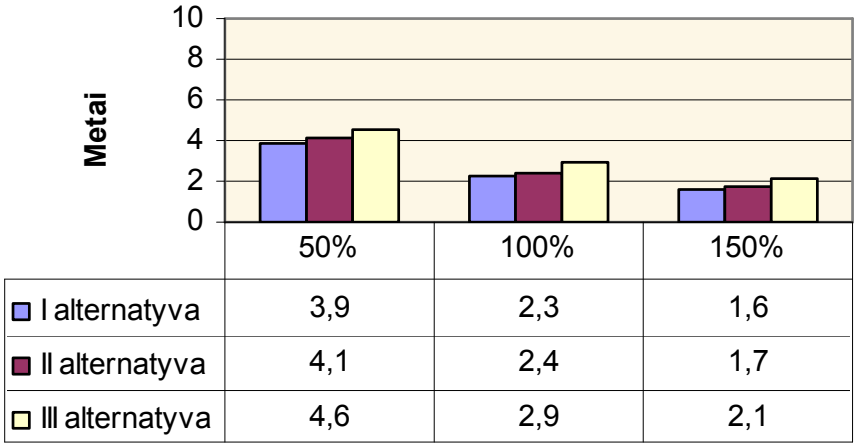
Pakilus dujų kainoms 20% arba 60%, o elektros kainoms nuo 50% iki 150%, atsipirkimo laikas pailgėja lyginant su prieš tai gautais rezultatais, kai įvertinome tik elektros kainos kilimą. 29 ir 30 paveiksluose atsipirkimo laikas nurodomas dujų kainoms pakilus 20% (1,5 Lt/m^3).



	50%	100%	150%
I alternatyva	4,9	2,7	1,8
II alternatyva	5,3	2,9	2
III alternatyva	6	3,5	2,4

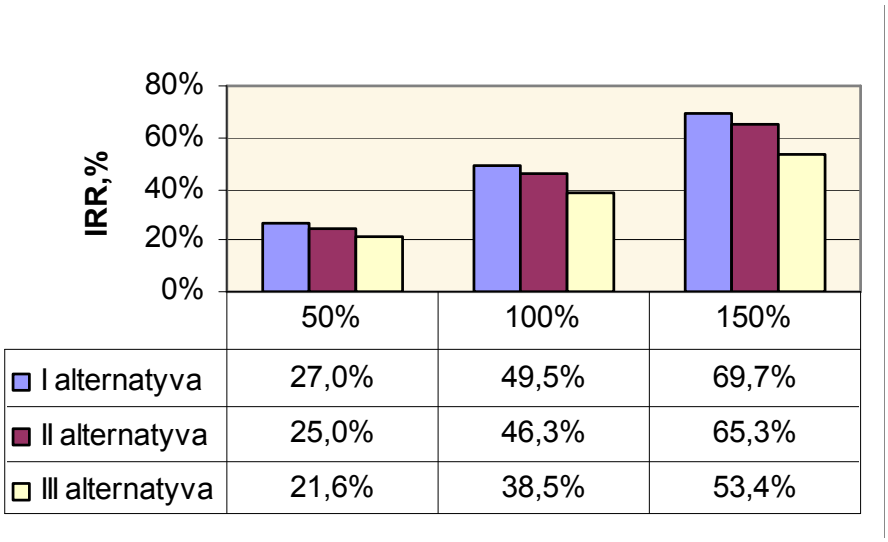
29 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms

Įvertinus infliaciją (10%) atsipirkimo laikas sutrumpėja (30 pav.)



30 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas įvertinus infliaciją, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms

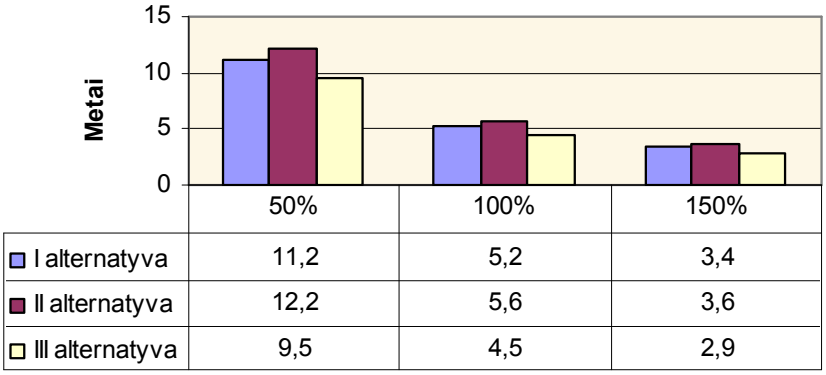
Išnagrinėjus rezultatus matome pakilus dujų kainoms (20%) tiek paprasto atsipirkimo laiko atžvilgiu, tiek įvertinus infliaciją patraukliausia investicija išlieka I-os alternatyvos t.y kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, bei dujinio katilo sistema. Kuo daugiau brangs elektra tuo labiau apsimokės diegti I-ąją alternatyvą. Pakilus 20 % dujų kainoms ir 150 % elektros kainoms, I-oji alternatyva atsipirks po 1,6 metų.



31 pav. Lyginamasis IRR, kylant elektros kainoms ir 20% pakilus dujų kainoms

Šis grafikas patvirtina, kad patraukliausia sistema investicijoms yra kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, bei dujinio katilo sistema (I-oji alternatyva). Padidėjus elektros kainoms iki 2,5 karto (150 %) diskonto normos rodiklis IRR = 69,7 %.

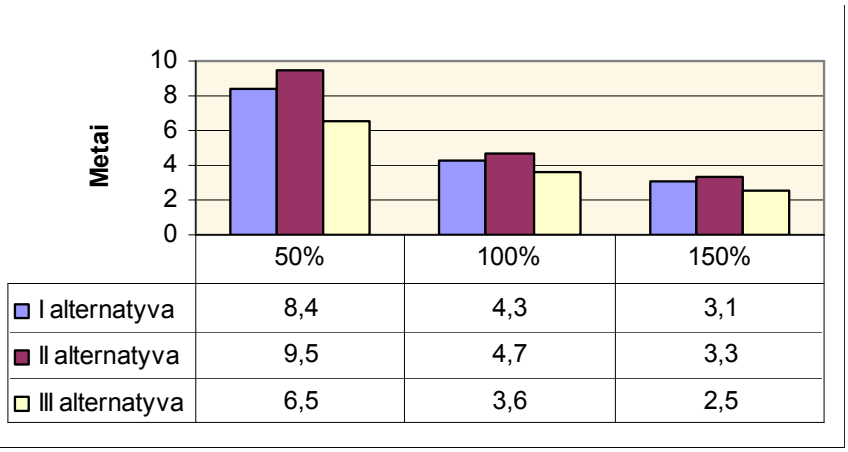
Pakilus dujų kainoms 60 % (2,0 Lt/m^3), o elektros kainoms keičiantis 50 %, 100 % ir 150 %, rezultatai iliustruojami 32, 33 ir 34 paveiksluose.



32 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms

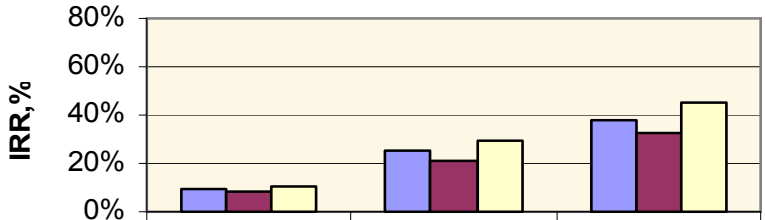
Grafikas parodo, kad 60% pakilus dujų kainoms ir 50% elektros kainoms I-oji (kogeneratoriaus, absorbcinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistema) ir II (kogeneratoriaus, kompresorinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistema) alternatyvos viršija projekto trukmę – 10 metų.

Tačiau įvertinus dabartinę infliaciją kuri siekia bene 10% iš 33 paveikslo matome, kad visos alternatyvos neviršija 10 metų atsipirkimo laiko.



33 pav. Lyginamasis atsipirkimo laiko grafikas įvertinus infliaciją, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms

Išnagrinėjus rezultatus matome pakilus dujų kainoms (60%) tiek paprasto atsipirkimo laiko atžvilgiu, tiek įvertinus infliaciją patraukliausia investicija yra III-os alternatyvos t.y kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, saulės kolektorių bei dujinio katilo sistema, nors ankstesniuose grafikuose šios alternatyvos ekonominis pagrįstumas buvo mažiausias. Kuo daugiau brangs elektra tuo labiau apsimokės diegti III-ąją alternatyvą. Jei elektra pabrangs 2,5 karto (150%), III-oji alternatyva atsipirks po dviejų metų ir šešių mėnesių (po 2,5 metų).



	50%	100%	150%
I alternatyva	9,3%	25,4%	38,4%
II alternatyva	8,1%	20,6%	32,2%
III alternatyva	11,0%	29,8%	45,5%

34 pav. Lyginamasis IRR, kylant elektros kainoms ir 60% pakilus dujų kainoms

Šis grafikas patvirtina, kad patraukliausia sistema investicijoms yra kogeneratoriaus, absorbcinės šaldymo mašinos, saulės kolektorių, bei dujinio katilo sistema (III-oji alternatyva). Padidėjus dujų kainoms iki 60% (2,0 Lt/m^3) elektros kainoms 150% (0,6 Lt/MWh) diskonto normos rodiklis IRR=45,5%. Nepatraukliausia investicijoms visais nagrinėtais atvejais išlieka II- oji alternatyva (kogeneratoriaus, kompresorinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistema).

5. IŠVADOS IR PASIŪLYMAI

Svarstant pastato aprūpinimo decentralizuota energija alternatyvas, gautos tokios bendros išvados:

1. Įdiegus nagrinėtas alternatyvas vartotojas būtų nepriklausomas nuo centralizuotų elektros tinklų, elektra būtų pagaminta kogeneraciniame įrenginyje, tik esant pikinio poreikio metu dalis elektros būtų perkama iš elektros tinklų.

2. Išnagrinėjus kelis galių variantus, nustatyta, kad optimalus ir ekonomiškai priimtiniausias generatorių derinys yra 2 variantas, kai kogeneratoriaus galia – 20 kW. Įdiegus 20 kW galios kogeneratorių taip pasiskirsto energiją generuojančių įrenginių energijos pagaminimo kiekiai:

I-os alternatyvos kogeneratorius užtikrins 86 % metinių elektros energijos poreikių 52 % metinių šilumos poreikių. Likusius 48 % šilumos poreikių dengs dujinis katilas, o 14 % elektros energijos bus perkamas iš elektros tinklų. Absorbcinė šaldymo mašina gaudama iš kogeneratoriaus šilumą ruoš vėsą

II-os alternatyvos kogeneratorius užtikrins 85% metinių elektros energijos poreikių ir 49% metinių šilumos poreikių. 51% šilumos poreikių dengs dujinis katilas, o 15% elektros energijos bus perkamas iš elektros tinklų. Kompresorinė šaldymo mašina gaudama iš kogeneratoriaus elektros energijos ruoš vėsą

III-os alternatyvos kogeneratorius užtikrins 86% metinių elektros energijos poreikių 55% metinių šilumos poreikių. 45 % šilumos poreikių dengs dujinis katilas, o elektros energija kiekis 14% bus perkamas iš elektros tinklų. Saulės kolektoriai dengs 40 % karšto vandens šilumos poreikių. Absorbcinė šaldymo mašina gaudama iš kogeneratoriaus šilumą ruoš vėsą.

Ekonominės išvados ir rekomendacijos:

3. Nustatyta, kad esant dabartinėms elektros, dujų, įrengimų kainoms nagrinėtos alternatyvios sistemos yra ekonomiškai nenaudingos. Tačiau pakilus elektros kainoms verta galvoti apie diegimą, nes visos alternatyvios sistemos tampa ekonomiškai naudingos. Patraukliausia investicijoms I alternatyva – kogeneratoriaus, absorbcinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistema, atsipirktų per 1,5 metus (IRR = 75,7 %), jei elektros kaina pakiltų 150 % .

Pakilus 20% dujų kainoms tiek paprasto atsipirkimo laiko atžvilgiu, tiek įvertinus infliaciją patraukliausia investicija išliks I alternatyva.

Tik, jei dujų kaina pakiltų 60 %, visais ekonominiais rodikliais vertinta III alternatyva t.y kogeneratoriaus ir absorbcinės šaldymo mašinos, saulės kolektorių bei dujinio katilo sistema tampa patraukliausia investicija. Įvertinus infliaciją ir 150% elektros pabrangimą III alternatyva atsipirks po 2,5 metų, o IRR=45,5%. Kitais atvejais III alternatyva yra ekonomiškai nenaudingiausia, nebent būtų įvestas mokestis už išmetamų šiltnamio dujų kiekius, šiuo atveju III alternatyva turi

pranašumų prieš I ir II alternatyvas, nes ją įdiegus galima sutaupyti 10,8 tonas CO2 kiekio t.y 50 % daugiau už I arba už II alternatyvą.

Nepatraukliausia investicijoms visais nagrinėtais atvejais yra II alternatyva (kogeneratoriaus, kompresorinės šaldymo mašinos ir dujinio katilo sistema).

Tad rekomenduotinu atveju laikoma II alternatyva, jos ekonominiai rodikliai daugeliu nagrinėtų atvejų yra geriausi.

6. LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos gairių Nr.2 centralizuotas šilumos tiekimas ir kogeneracija [Žiūrėta 2006-04-13]. Prieiga per internetą: <http://209.85.135.104/search?Q=cache:zpwbvk4log0j:www.lsta.lt/component/option,com_docman/task,doc_download/gid,485/+chp+kogeneracin%C4%97s&hl=lt&gl=lt&ct=clnk&cd=4&inlang=l>

2. Kogeneracija. [Žiūrėta 2006-02-01]. Prieiga per internetą: <http://www.energyaudit.lt/files/kogeneracija.doc>

3. „Report of assessment on barriers of CHP/trigeneration promotion and potential countermeasure in China“ OPET Network**,** 2004;

4.Kogeneracijos įrengimų tipai. [Žiūrėta 2007-03-04]. Prieiga per internetą : <http://www.ekostrategija.lt/index.php?lng=lt&content=pages&page_id=13&kat=17>

5. Trigeneration [Žiūrėta 2006-05-24]. Prieiga per internetą: <http://www.trigemed.com/whatis.html>

6.Gamtinių dujų panaudojimas.[Žiūrėta]. Prieiga per internetą: <http://www.dujos.lt/lt.php/klientams/populiariausi_klausimai/34;action;results;>

7. Kuro rūšys. [Žiūrėta 2007-06-10]. Prieiga per internetą: <http://www.sildymas.com/default.asp?act=v&uniid=1086&f1=1538>

8.Gamtinės dujos. [Žiūrėta 2007.07.11]. Prieiga per internetą: <http://lt.wikipedia.org/wiki/Gamtin%C4%97s_dujos>

9. 2007 metų Lietuvos Respublikos ūkio ekonominės ir socialinės būklės apžvalga. Lietuvos Respublikos Ūkio ministerija**.** .[Žiūrėta 2008-03-17]. Prieiga per internetą: <http://www.ukmin.lt/lt/veiklos_kryptys/ukio_apzvalga/>

10. Medžiaga seminarui. Klimato kaita ir jos sprendimo būdai vietos lygmenyje. 2007 m. kovo 7 d.

11. Saulės kolektoriai. [Žiūrėta 2007-08-14]. Prieiga per internetą: <http://www.sildymas.com/default.asp?act=v&uniid=971&f1=1551&f2=653>

12.Saulės energija. [Žiūrėta 2007-09-20]. Prieiga per internetą: <http://www.greengroup.lt/lt/saul%C4%97s_kolektoriai>

13. Saulės kolektorių panaudojimas. [Žiūrėta 2006-08-09]. Prieiga per internetą: <http://www.sildymas.com/upload/catalog/1659/Galingumai(1).xls>

14. [Žiūrėta 2006-08-28]. Prieiga per internetą: <www.retscreen.net>

15. “Karšto vandens ruošimo naudojant saulės kolektorius efektyvumo tyrimai”. Lietuvos mokslų akademijos leidykla, 2007

16. Mokslinio tiriamojo darbo „Miestų, gyvenviečių ir kaimo vietovių esamų apkrovų analizė, rekomendacijų elektros apkrovų augimo perspektyvoms įvertinant Europos Sąjungos šalių patirtį

bei skaičiuojamųjų elektros apkrovų, skirtų elektros tinklų plėtrai, normoms parengimas“ Baigiamoji ataskaita.
17. Presentation from the “Energy Efficiency Guide for Industry in Asia”.[Žiūrėta 2008-01-03]. Prieiga per internetą: <www.energyefficiency.asia.org>
18. Centralizuoto šilumos tiekimo sistemos [Žiūrėta 2008-01-28]. Prieiga per internetą: <http://www.kel.lt/files//TACIS/cst-sistemos.pdf>
19.Atsinaujinantys energijos šaltiniai. [Žiūrėta 2007-12-19]. Prieiga per internetą: <http://www.ateik.info/lt/atsinaujinantys_energijos_saltiniai.php>
20. 2004: Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC.
21. Nacionalinė energetikos strategija 2002. Lietuvos energetikos institutas, 2003.
22. Nacionalinės energijos vartojimo efektyvumo didinimo 2006–2010 metų programa, patvirtinta Lietuvos Respublikos Vyriausyb÷s 2006 m. Gegužės 11 d. nutarimu Nr. 443 (Žin., 2006, Nr. 54-1956). [Žiūrėta 2006-11-15]. Prieiga per internetą: <http://www.ena.lt/main_veikla_vartojimas.htm)>
23.Decentralizuotas šilumos tiekimas. [Žiūrėta 2007-09-10]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=56&PHPSESSID=bb10f753d9b8dd234fe1bedd969e3319>
24.Darnioji energetika. [Žiūrėta 2007-08-01]. Prieiga per internetą: <http://www.eksponente.lt/darnioji_energetika.htm>
25. Paskyrstytosios generacijos integracijos į elektros energetikos sistemą ir įtaka energijos tiekimo patikimumui. Ataskaita. KTU. 2007m. [Žiūrėta 2007-02-12]. Preieiga per internetą: <http://www.ukmin.lt/lt/veiklos_kryptys/energetika/bendrieji_dokumentai/doc/Ataskaitos2007/Integr.pdf>
26. Štreimikienė D. Tvari energetikos plėtra. Aplinkos tyrimai, inžinerija ir vadyba, 2002. Nr.1(19).
27.Paskirstytoji energijos gamyba [Žiūrėta 2008-01-15]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=94&PHPSESSID=22ecfca71330b12a9b8655d5ffabfe04>
28. Kogeneracijos reglamentavimas ir perspektyva Lietuvoje. Lietuvos laisvosios rinkos institutas. 2007. [Žiūrėta 2007-02-27]. Prieiga per internetą: <http://www.lrinka.lt/index.php/analitiniai_darbai/analize_kogeneracijos_reglamentavimas_ir_perspektyva_lietuvoje/3387>
29. Arūnas Jakštas. Energijos transformavimo mašinos. Mokomoji knyga..VGTU. Vilnius “Technika” 2000m.

30. Paskirtytoji energija. [Žiūrėta2008-02-27]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=94&PHPSESSID=22ecfca71330b12a9b8655d5ffabfe04>
31.Centralizuoto ir decentralizuoto šilumos tiekimo privalumai ir trūkumai. [Žiūrėta 2008-02-14]. Prieiga per internetą: <http://www.kel.lt/files//centr.ir%20decentr.sil.%20tiekimas.pdf>
32. Absorbcinės mašinos. Veikimo principai ir pagrindinės savybės. [Žiūrėta 2006-11-20]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=33&PHPSESSID=b9c0dc6b6e715288f71e916cc1e67d09>
33. Vytautas Martnaitis. Techninė termodinamika. Mokomoji knyga. Vilnius: „Technika“ 2003
34. Saulės energija. [Žiūrėta 2007-03-19]. Prieiga per internetą: <http://www.ateik.info/lt/saules_energija.php>
35. Karšto vandens ruošimo sistema. [Žiūrėta 2008-03-19]. Prieiga per internetą: <http://www.terma.lt/lt/kvr_sistema.htm>
36. Kytra, S. Atsinaujinantys energijos šaltiniai. Kaunas: Technologija, 2006
37. Lietuvos Respublikos Seimas. Nutariamas dėl nacionalinės energetikos strategijos patvirtinimo 2007 m. sausio 18 d. [Žiūrėta 2008-04-05]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/cgibin/getfmt?C1=e&C2=29137>
38. Nacionalinėje energetikos strategijoje numatytos kogeneracijos plėtros įtakos centralizuoto šilumos tiekimo imonių veiklos efektyvumo didinimui ir šilumos bei elektros savikainos mažinimui analizė ir rekomendacijų dėl tikslingo plėtros įgyvendinimo parengimas [Žiūrėta 2008-03-30]. Prieiga per internetą: <http://www.ukmin.lt/lt/veiklos_kryptys/energetika/bendrieji_dokumentai/doc/Ataskaitos2007/Kogeneracijos_pletra.pdf>
39.Kogeneracijos rėmimas Europos sąjungos šalyse. [Žiūrėta 2008-04-19]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=41&PHPSESSID=be2c187dc61e83dac22689b0c4962de1>
40. Lietuvos dujų kainos 2008 01 01. [Žiūrėta 2008-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.dujos.lt/lt.php/klientams/duju_kainos/gamtiniu_duju_kainos_nuo_2008_01_01/1487;start;
41. Elektros kainos 2008. [Žiūrėta 2008-04-10]. Prieiga per internetą: <http://www.rst.lt/lt/?itemId=1102722>
42. Kogeneracinių įrengimų tipų palyginimas. [Žiūrėta 2008-01-05]. Prieiga per internetą: <http://www.leka.lt/index.php?content=pages&lng=lt&page_id=31&news_id=15>

43. Vilemas J., Miškinis V., Galinis A. Energetikos plėtotės iki 2015m. strategija // Lietuvos mokslas. 2002. 41 knyga. P. 301-362.
44. Saulėtos dienos: namų šildymas saulės energiją naudojančiomis sistemomis.[Žiūrėta 2008-01-05]. Prieiga per internetą: www.viessmann.lt/web/lithuania/lt
45. Miškinis, V., Norvaiša, E. Paskirstytoji elektros energijos gamyba Europoje ir Lietuvoje. Energetika/ Lietuvos mokslų akademija. 2007, Nr. 4.
46. Paskirstytosios generacijos integracija į elektros energetikos sistemą ir įtaka energijos tiekimo patikimumui.

PRIEDAI

1. PRIEDAS. STRAIPSNIS. PASTATO APRŪPINIMO ENERGIJA GALIMYBIŲ TYRIMAS

PASTATO APRŪPINIMO ENERGIJA GALIMYBIŲ TYRIMAS

Agnė Navickaitė, magistrantė
Vytautas Martinaitis, vadovas
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

1. Įvadas

Kombinuota elektros ir šilumos gamyba – tai vienas prioritetinių energijos gamybos būdų Europos Sąjungoje (ES) [1]. Ir šilumos, ir elektros energiją gaminantys įrenginiai leidžia pasigaminti elektrą savo reikmėms pigiau, nei ją siūlo elektros tinklai.

Pagal Lietuvos įsipareigojimus, prisiimtus stojant į ES, Ignalinoje dirbanti atominė elektrinė turės būti sustabdyta iki 2009 metų pabaigos [2]. Uždarius Ignalinos atominę elektrinę pagrindinis kuras šilumos ir elektros gamyboje bus gamtinės dujos. Nacionalinėje energetikos strategijoje numatoma, jog didės energijos gamybos apimtys naudojant atsinaujinančius energijos išteklius.

Šiame straipsnyje nagrinėjamos kogeneracinės jėgainės su atsinaujinančiais energijos šaltiniais panaudojimo galimybės.

2. Tyrimo objektas, tikslas ir problemų aptarimas

Vartotojai nori apsirūpinti energija ekonomiškai priimtinomis kainomis, bei ieškodami sprendimų siekia būti mažiau priklausomi nuo centralizuotų elektros ir šilumos tiekėjų, importuojamo kuro. Todėl nagrinėjami decentralizuoto generavimo ir atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimo sprendimai, jų įvairūs deriniai. Vienu iš tokių derinių būtų ir kogeneracinė jėgainė kartu su saulės kolektoriais.

Tyrimo objektas – gyvenamasis daugiabutis su komercinėmis patalpomis, esantis Vilniaus rajone. Pastato šildymui naudojamas kuras – gamtinės dujos, elektros energija gali būti perkama iš elektros tinklų.

Tyrimo tikslas – patikrinti kogeneracinio įrenginio su saulės kolektoriais alternatyvą, aprūpinant pastatą šiluma, elektra bei karštu vandeniu. Tikslui pasiekti reikia atlikti ekonominius skaičiavimus, kuriais būtų galima parodyti, koks būtų optimalus energijos generatorių derinys atsižvelgiant į jų bendrą atsipirkimo laiką.

Tiriamo pastato plotas sudaro 1978 m^2. Objekto energijos bei galios poreikiai nurodyti 1 lentelėje.

1. lentelė. Pastato energijos ir galios poreikiai.

Energijos poreikiai	*MWh*	*Galios poreikiai*	*kW*
Elektrai	200	Elektrai	30
Šildymui	347	Šildymui ir k. v.	158
Karštam vandeniui	74		

Skaičiavimams naudojamos energijos kainos:

- perkamos elektros kaina – 0,25 Lt/kWh, (tai dieninio (0,32Lt/kWh) ir naktinio (0,18Lt/kWh) tarifų vidutinė kaina[4]);
- parduodamos elektros kaina – 0,13 Lt/kWh;
- gamtinių dujų kaina – 1,33 Lt/m^3 [3].

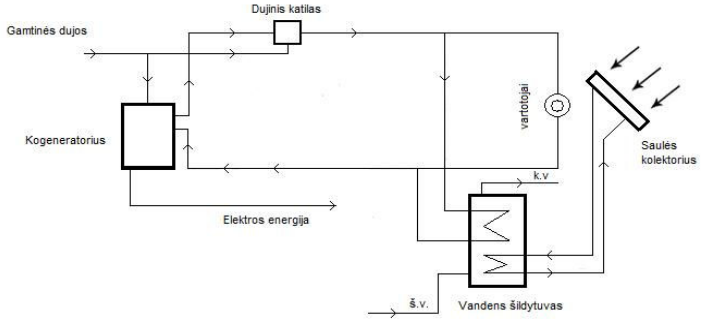
Naujai diegiamų energijos generatorių kainos nurodytos 2 lentelėje.

2. lentelė. Energijos generatorių kainos [3]*

Pavadinimas	*Vnt.*	*Kaina, Lt/vnt.*
Kogeneracinis įrenginys	kW	3600
Dujinis katilas	kW	168
Saulės kolektorių (SK) sistema	m^2	400
SK akumuliacinė talpa	l	2
Papildomos išlaidos	-	+ 10%

*Kainos nurodytos įvertinant įrenginio ir montavimo kainą.

Nagrinėjami keli variantai, visų pirma siekiant tarp jų rasti ekonomiškai priimtiną kogeneracinės jėgainės galią. Bus reikalingi ir papildomi energijos šaltiniai: dujinis katilas bei elektros energija iš elektros tinklų, siekiant aprūpinti pastatą energija pikinio poreikio metu. Aprūpinimo šiluma, karštu vandeniu ir elektra principinė schema pavaizduota 1 paveiksle.



1 pav. Pastato aprūpinimo energijos sistemos principinė schema

Sistemos generatorių funkcijos:

- Kogeneracijos įrenginys gamins šilumą ir elektrą.
- Saulės kolektoriai gamins karštą vandenį, o kai saulės energijos neužteks, šilumą karštam vandeniui ruoš kogeneracinis įrenginys.
- Dujinis katilas piko metu gamins trūkstamą šilumą.
- Iš elektros tinklų perkama elektra užtikrins piko metu reikiamą elektros energiją.

Ekonominė analizė bus atliekama lyginant keturis variantus, keičiant kogeneracinio įrenginio galias: 30, 20, 10, 5 kW .

3. Tyrimų metodika

Tyrimai atlikti naudojantis RETScreen programa [4]. RETScreen – tai tarptautinė švarios energijos projektų analizės programa, kuri naudojama pasauliniu mastu. Šios programos branduolį sudaro integruotų ir standartizuotų projektų programų paketai, kurie gali būti plačiai naudojami įvertinant projekto su atsinaujinančiais ištekliais gamybos kaštus, atsipirkimo trukmę, gyvavimo ciklą ir pastato išmetamų šiltnamio dujų mažinimą.

Kadangi naudojama programa neturi galimybės kartu sumodeliuoti kogeneracinio įrenginio su saulės kolektoriais, tai atliekant analizę naudojami du programos modeliai: kombinuota šilumos ir elektros gamyba [5] ir karšto vandens (k.v.) šildymas saulės kolektoriuose (SK) generuojama šiluma [6].

3.1 Karšto vandens gamyba

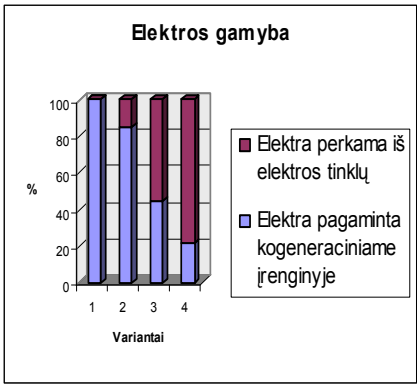
Naudojantis RETScreen programos karšto vandens ruošimo modeliu, nustatyta, kad su SK galima patenkinti 40% (30 MWh) karštam vandeniui ruošti reikalingų energijos poreikių, likusią dalį padengs kogeneracinis įrenginys. Ruošiamo vandens temperatūra – 60ºC.

Gauti reikiamam kiekiui šilumos parinkti 27 „Buderus“ firmos Logasol SKS 3.0 plokštieji įstiklinti saulės kolektoriai ir akumuliacinės talpos. SK turėtų būti nukreipti į pietų pusę ir pasvirę 45º kampu (horizonto atžvilgiu). Saulės kolektorių bendras plotas – 65m^2, o akumuliacinių talpų bendras tūris – 4400 litrų. Lyginamieji rodikliai pastatui: SK – 0,03 m^2/m^2 , akumuliaciniai bakai – 2,22 l/m^2.

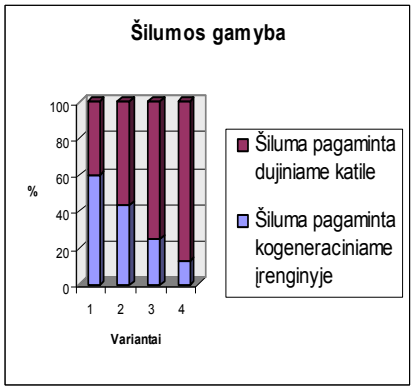
3.2 Šilumos ir elektros gamyba

Nustatyta (žr.p.3.1), kad su saulės kolektoriais visas karšto vandens poreikis nebus patenkinamas, tad prie šilumos poreikio šildymui (žr.1.lent.) tenka pridėti likusį karšto vandens poreikį (44 MWh). Tad su kogeneratoriumi gaminama 391 MWh šilumos. Skaičiavimams naudojamas kombinuotas šilumos ir elektros gamybos RETScreen modelis. Kogeneracinis įrenginys parenkamas atsižvelgiant į elektros galios poreikius. Nagrinėjami keturi variantai, keičiant kogeneracinio įrenginio galią: 1 variantu parenkama 30 kW galia, 2 variantu – 20 kW, 3 variantu – 10 kW, 4 variantu – 5 kW galia.

Kiek šilumos ir elektros pagamins kogeneracinis įrenginys ir kiek piko metu reikės pirkti elektros iš elektros tinklų bei kiek šilumos turės pagaminti dujinis katilas, pavaizduota 2 ir 3 paveiksluose.



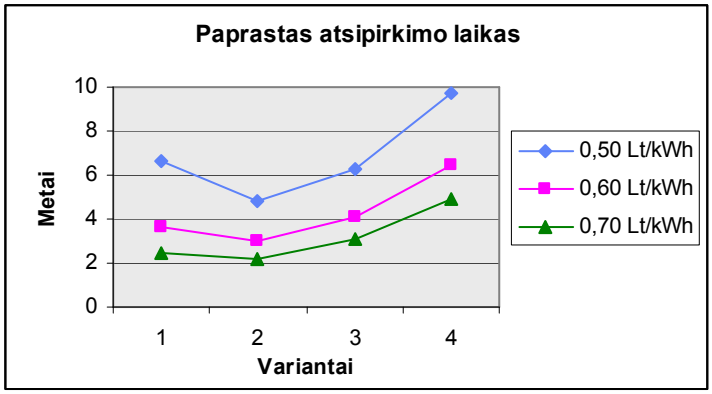
2. pav. Elektros gamyba



3. pav. Šilumos gamyba

4. Rezultatai

Prie dabartinių elektros kainų projektas neatsipirks. Kadangi netolimoje ateityje elektra turėtų žymiai brangti, todėl yra tikslinga atlikti ekonominę analizę su didesnėmis elektros kainomis. Skaičiavimai atlikti priimant, kad elektros elektros kaina išaugs iki 0,50 Lt/kWh, 0,60 Lt/kWh ir 0,70 Lt/kWh. Priimama, kad parduodamos elektros kaina proporcingai didėja perkamos elektros atžvilgiu. Atsipirkimo laikas skaičiuojant nagrinėtais keturiais variantais pavaizduotas grafike (4 pav.).



4 pav. Paprastas atsipirkimo laikas metais.

Iš grafiko matyti, kad 2 varianto generatorių derinys optimalus, nes greičiausiai atsipirks prie įvairių elektros kainų. Reikėtų įdiegti 20 kW galios kogeneratorių, kuris pagamintų 85% elektros energijos ir 43% šilumos, o 15% elektros pirkti iš elektros tinklų ir 57% šilumos tektų pasigaminti dujiniame katile.

5. Išvados

Atlikus analizę, skaičiavimų rezultatai parodė, kad esant dabartinėms elektros kainoms kogeneracinio įrenginio su saulės kolektoriais sistema neatsipirks. Tačiau padidėjus 50% ar daugiau elektros kainoms verta diegti kogeneratorių.

Įdiegus saulės kolektorius, 40% sumažinome karšto vandens šilumos poreikius, kuriuos padengti turėtų kogeneracinis įrenginys ir dujinis katilas.

Optimalus energijos generatorių derinys atsižvelgiant į atsipirkimo laiką yra 2 variantas. Įdiegus 20 kW galios kogeneratorių projektas greičiausiai atsipirks.

Literatūra

1. 2004: Directive 2004/8/EC of the European Parliament and of the Council of 11 February 2004 on the promotion of cogeneration based on a useful heat demand in the internal energy market and amending Directive 92/42/EEC.
2. Nacionalinė energetikos strategija 2002. Lietuvos energetikos institutas, 2003.
3.Valstybinė kainų ir energetikos kontrolės komisija. Gamtinių dujų kainos 2007 m.
4. Rytų skirstomieji tinklai. Elektros kainos 2007 m.
5. http://www.retscreen.net/ang/home.php
6. RETScren programos modelis „ Heating „
7. RETScren programos modelis „Combined heating & Power“

POSSIBILITY STUDY OF ENERGY SUPPLY FOR BUILDING

Agnė Navickaitė
Vytautas Martinaitis

S u m m a r y

Cogeneration with solar collector system is economical perspective then, if prices of electricity will be on the increase. This system payback will not come at this period, because prices of electricity is too little now. This paper analyses calculation was done with RETScreen program.

2.PRIEDAS. SKAIČIAVIMO PAVYZDYS PAGAL RETSCREEN METODIKĄ (II alternatyva)