



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio naudingumo analizė

Baigiamasis magistro projektas

Rimvydas Petkevičius

Projekto autorius

Lekt. Eimantas Neniškis

Vadovas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio naudingumo analizė

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomika (6211EX073)

Rimvydas Petkevičius

Projekto autorius

Lekt. Eimantas Neniškis

Vadovas

Doc. Mindaugas Ažubalis

Recenzentas

Kaunas, 2022



Kauno technologijos universitetas

Elektros ir elektronikos fakultetas

Rimvydas Petkevičius

Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio naudingumo analizė

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad:

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

Rimvydas Petkevičius

Patvirtinta elektroniniu būdu

Petkevičius, Rimvydas. Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio naudingumo analizė. Magistro baigiamasis projektas / vadovas lekt. Eimantas Neniškis; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų krypčių grupė): energijos inžinerija, inžinerijos mokslai.

Reikšminiai žodžiai: Vėdinimas, oro kondicionavimas, šildymas, mikroklimatas, energinis ir ekonominis naudingumas, Lietuvos maisto parduotuvės.

Kaunas, 2022. 65 p.

Santrauka

Šio baigiamojo magistro darbo tikslas yra atlikti Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinį ir ekonominį vertinimą, gautus rezultatus palyginti Lietuvos mastu. Išanalizavus mikroklimatą užtikrinančių įrenginių šiuolaikines technologijas, sudarytos energijos efektyvumą didinančios priemonės. Siekiant įvertinti esamą mikroklimatą užtikrinančių įrenginių būklę, atlikti temperatūriniai matavimai vėdinimo įrenginiuose, kad būtų galima apskaičiuoti esamą rekuperacijos temperatūrinį efektyvumą realiuose objektuose. Sudaryti metiniai šildymo / vėsinimo poreikiai mikroklimatą užtikrinantiems įrenginiams, leido apskaičiuoti pritaikytų efektyvumo didinimo priemonių energijos sutaupymo potencialą, atlikti ekonominį vertinimą.

Remiantis sudaryta metodika, nustatytas energijos efektyvumą didinančių priemonių energinis ir ekonominis naudingumas. Paaiškėjo, jog didžiausią procentinį energijos sutaupymo potencialą turinti vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonė, buvo ekonomiškai nenaudinga visuose objektuose. Poreikis patalpų vėsinimui šalyje nėra didelis, todėl naudinga eksploatuoti esamus vėsinimo įrenginius. Didžiausia energinė ir ekonominė vertė gaunama pritaikius vėdinimo įrenginių keitimo priemonę, kadangi galima sutaupyti ne tik elektros energiją, bet ir šiluminę energiją. Didžiausias energijos sutaupymo potencialas su mažiausiomis investicijomis galimas pritaikant EC variklių integravimo priemonę vėdinimo įrenginiams.

Petkevičius, Rimvydas. Energy Efficiency Analysis of Microclimate Equipment in Lithuania's Grocery Stores. Master's Final Degree Project / supervisor lect. Eimantas Neniškis; Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): energy engineering, engineering science.

Keywords: Ventilation, Air Conditioning, Heating, Microclimate, Energy and Economic efficiency, Lithuania's Grocery Stores.

Kaunas, 2022. 65 p.

Summary

The purpose of this master's thesis is to perform an energy and economic evaluation of the equipment ensuring Lithuanian food stores microclimate and to compare the obtained results on a Lithuanian scale. After analysing the modern technologies of the microclimate equipment, measures to increase energy efficiency have been developed. For assessing the current state of the microclimate equipment, temperature measurements were taken in the ventilation equipment to calculate the existing recuperation temperature efficiency in real objects. After forming the annual heating / cooling needs for microclimate equipment, potentials of the applied efficiency improvement measures were calculated, and an economic evaluation was made.

Based on the developed methodology, the measures of economic and energy efficiency were determined. It turned out that the replacement of cooling and air conditioning equipment which has the greatest potential for energy savings has proven to be economically unviable at all sites. Demand for indoor cooling is not high, so it is useful to continue operating existing cooling equipment. The maximum energy and economic value come from the replacement of air handling units, as not only electricity but also thermal energy can be saved. The highest energy saving potential with the lowest investment is possible by applying the EC motor integration to existing air handling units.

Turinys

Lentelių sąrašas	7
Paveikslų sąrašas	8
Įvadas.....	9
Darbo tikslas ir uždaviniai:	10
1. Literatūros analizė.....	11
1.1. Komercinių pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių technologiniai atradimai.....	11
1.1.1. Pastatų vėdinimo įrenginių technologijos	11
1.1.2. Šaldymo ir oro kondicionavimo įrenginių technologijos	19
1.2. Paslaugų sektoriaus galutinės energijos suvartojimas ir keliami energijos efektyvumo didinimo reikalavimai.....	22
1.2.1. Paslaugų sektoriaus energijos suvartojimo palyginimas su kitais šalies sektoriais.....	22
1.2.2. Keliami efektyvumo didinimo reikalavimai.....	25
2. Metodologinė dalis.....	28
2.1. Mažmeninės prekybos pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energetinės ir ekonominės analizės metodologija	28
2.1.1. Tiriamų komercinių pastatų kiekis Lietuvoje.....	28
2.1.2. Mikroklimatą užtikrinančių įrenginių klasifikavimo struktūra	29
2.1.3. Mikroklimatą užtikrinančių sistemų vertinimas.....	32
2.1.4. Pastato inžinerinių sistemų energetinių sąnaudų skaičiavimas	37
2.1.5. Mikroklimatą užtikrinančių įrenginių ekonominės naudos vertinimo metodika	40
3. Tiriamoji dalis.....	44
3.1. Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio ir ekonominio naudingumo tyrimas	44
3.1.1. Išanalizuoti realių objektų duomenys ir atlikti skaičiavimai.....	44
3.1.2. Apžvelgimas Lietuvos mastu	55
Išvados	59
Literatūros sąrašas	61
Priedai.....	66
Priedas Nr. 1 Variklio techninė dokumentacija [47]	66
Priedas Nr. 2 „Komfovent“ vėdinimo įrenginio techninis aprašas [59].....	67

Lentelių sąrašas

1 lentelė. Minimalūs energijos efektyvumo reikalavimai skirtingoms variklių klasėms [5]	18
2 lentelė. Vėdinimo įrenginių charakteristika parduotuvėse	44
3 lentelė. Vėdinimo įrenginių charakteristika parduotuvėse	45
4 lentelė. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių duomenys parduotuvėse	45
5 lentelė. Atlikti realūs temperatūriniai matavimai parduotuvių vėdinimo įrenginiuose	46
6 lentelė. EC variklių integravimo energinis naudingumas	47
7 lentelė. EC variklių integravimo energinis naudingumas	47
8 lentelė. Šiluminės energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėdinimo įrenginį	49
9 lentelė. Šiluminės energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėdinimo įrenginį	49
10 lentelė. Elektros energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėsinimo įrangą	49
11 lentelė. Elektros energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėsinimo įrangą	50
12 lentelė. EC variklių integravimo priemonės ekonominių skaičiavimų lentelė objekte Nr. 2	50
13 lentelė. EC variklių integravimo priemonės ekonominiai rezultatai visiems objektams	51
14 lentelė. Vėdinimo įrenginių keitimo priemonės ekonominiai rezultatai visiems objektams	52
15 lentelė. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonės rezultatai objektuose	52
16 lentelė. Apskaičiuoti rodikliai, per metus	56

Paveikslų sąrašas

1.1 pav.	Vėdinimo įrenginio principinė schema [15].....	12
1.2 pav.	Rotacinis rekuperatorius [16]	13
1.3 pav.	Plokštelinis rekuperatorius [19]	13
1.4 pav.	Atskirų oro srautų rekuperatorius [21]	14
1.5 pav.	„Dual Path“ vėdinimo sistemos modelio schema [23].....	15
1.6 pav.	Klasikinio tipo asinchroninis variklis [25]	16
1.7 pav.	EC variklio sandara [27]	16
1.8 pav.	Variklių efektyvumo klasės [2]	17
1.9 pav.	Skirtingų efektyvumo klasių variklių galios kreivės [3]	18
1.8 pav.	Pagrindiniai šilumos siurblių tipai [28]	19
1.9 pav.	Fiksuoto ir kintamo našumo oro kondicionierių energijos sunaudojimo palyginimas [28]	21
1.10 pav.	Galutinis kuro ir energijos suvartojimas, pagal sektorius 2020 m. [34]	22
1.11 pav.	Galutinis šiluminės energijos suvartojimas, pagal sektorius [57]	23
1.12 pav.	Galutinis elektros energijos suvartojimas, pagal sektorius [57].....	24
1.13 pav.	Europos Sąjungos ŠESD emisijų lygio tikslai ir istoriniai duomenys [60].....	25
2.1 pav.	Vėdinimo įrenginio pavyzdinė struktūra [11]	29
2.2 pav.	Rotacinio rekuperatoriaus oro srautų schema [10].....	34
2.3 pav.	2019 m. Lietuvos oro temperatūra suskirstyta valandomis [9]	38
2.4 pav.	Vėsinimo poreikis patalpose pagal lauko oro temperatūrą	39
2.5 pav.	Šildymo poreikis patalpose pagal lauko oro temperatūrą	39
3.1 pav.	Reikalingos investicijos priemonėms tiriamuosiuose objektuose	53
3.2 pav.	Galimas sutaupyti elektros energijos kiekis tiriamuosiuose objektuose, per metus	53
3.3 pav.	Ekonomiškai naudingai pritaikytų efektyvumo didinimo priemonių kiekis, %.....	54
3.4 pav.	Grynoji dabartinė vertė, pagal priemones	54
3.5 pav.	Grynoji dabartinė vertė padalinta iš investicijų.....	55
3.6 pav.	Energijos suvartojimo rodikliai	56
3.7 pav.	Energijos suvartojimo ir sutaupymo rodikliai	57
3.8 pav.	Sutaupomas energijos kiekis, GWh, padalintas iš investicijų, mln. Eur	58

Įvadas

Europos Sąjunga leidžia pastatų energinio naudingumo ir energijos vartojimo efektyvumo direktyvas, kuriomis skatinamas energijos efektyvumą didinančių priemonių diegimas ir keliami ambicingi tikslai sekantiems dešimtmečiams. Europos Sąjungos bendrija prisiėmė įsipareigojimus iki 2030 metų, 40 % sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, lyginant su 2005 metais, bent 32,5 % pagerinti energijos vartojimo efektyvumą [18]. 2020 metais Lietuva užsibrėžė tikslą pasiekti 17 % galutinės energijos vartojimo sumažėjimą lyginant su 2009 metais, tačiau rezultatas yra visiškai priešingas, suvartojimas 2020 m. buvo 29 % didesnis už išsikeltą tikslą [13]. Tapo įprasta, jog ekonomikos augimas kiekvienais metais siekia vis naujas aukštumas, visuomenė atranda vis daugiau lėšų įsigyti įvairioms paslaugoms, prekėms, didinti gyvenimo komfortą. Tačiau tai lemia didėjančią energijos suvartojimą, kurio mažėjimo ženklų kol kas nematome. Sunku priversti visuomenę naudoti energiją saikingai, mažinti nebūtino komforto lygį, tačiau mikroklimatą užtikrinantys įrenginiai vartoti mažiau energijos gali ir nemažinant juntamo komforto lygio. Lietuvoje daugiausiai aptinkami senos statybos komercinio tipo pastatai, atliekamos rekonstrukcijos dažnai apima vizualinę dalį, kad klientas patirtų naujumo ir šviežumo jausmą patekdamas į patalpas. Tačiau techninėse patalpose, kuriose yra mikroklimatą užtikrinantys įrenginiai – ventiliacijos kameros, šalčio mašinos, sulaukia mažai dėmesio ir jų atnaujinimas nėra atliekamas, baiminantis reikiamų investicijų dydžio ir neįvertinant galimos gražos iš efektyviau veikiančios sistemos, kurių tobulinimo sprendiniai nebūtinai gali asocijuotis su ženkliais investicijomis. Komerciniuose pastatuose šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemos suvartoja daugiau negu 40 % visos sunaudojamos energijos [24]. Todėl net ir menki efektyvumo didinimo sprendimai gali teikti ženklia naudą ilgoje perspektyvoje. Kad situacija pradėtų keistis į priešingą pusę, reikalingos galutinės energijos suvartojimo mažinimo priemonės, kurios padėtų siekti energijos efektyvumo didinimo tikslų. Šio darbo tikslas atlikti mažmeninės prekybos pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio ir ekonominio naudingumo vertinimą, palyginant su galimybe modernizuoti ar atnaujinti esamas sistemas, gautus rezultatus palyginti Lietuvos mastu, apskaičiuojant galimą sutaupyti energijos kiekį ir įvertinti, kuriems objektams investicijos būtų naudingos.

Darbo tikslas ir uždaviniai:

Atlikti mažmeninės prekybos pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio ir ekonominio naudingumo vertinimą, palyginant su galimybe modernizuoti ar toliau eksploatuoti esamas sistemas. Gautus rezultatus palyginti Lietuvos mastu. Šiam tikslui buvo išsikelti keturi uždaviniai:

1. išanalizuoti komercinių pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių šiuolaikines technologijas;
2. atlikti paslaugų sektoriaus galutinės energijos suvartojimo ir keliamų energijos efektyvumo didinimo reikalavimų apžvalgą;
3. sudaryti mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinės ir ekonominės analizės metodologiją;
4. atlikti mažmeninės prekybos pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinį ir ekonominį vertinimą ir apžvelgti šalies mastu.

1. Literatūros analizė

1.1. Komercinių pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių technologiniai atradimai

1.1.1. Pastatų vėdinimo įrenginių technologijos

Visuose pastatuose vėdinimas atlieka svarbų vaidmenį, kuris teikia naudą ne tik pastato konstrukcijoms, bet ir jame esantiems žmonėms. Ventiliuojant galime reguliuoti patalpose esančią temperatūrą, sumažinti tvyrančią drėgmę, kuri yra dažna pelėsio susidarymo priežastis, palaikyti sveiką ir šviežią orą patalpose. Paprastai vėdinimo būdai yra skirstomi į 2 kategorijas [14]:

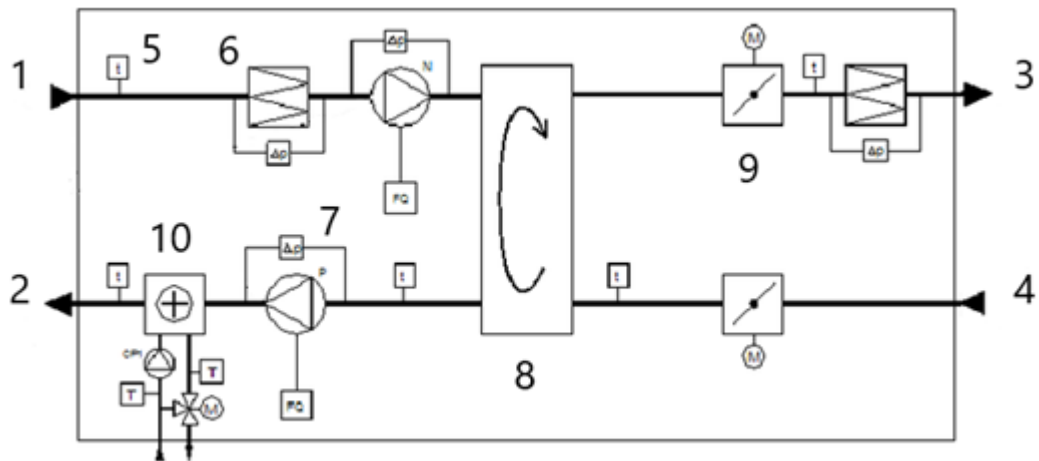
- natūralus vėdinimas – šis patalpų vėdinimo būdas yra seniausias ir paprasčiausias. Oras į patalpas patenka per įrengtas vertikalias ventiliacines angas, kuomet šiltesnis patalpų oras dėl slėgių skirtumo natūraliai išeina per įrengtas angas, oras patenka atidarius langus, duris, per įvairius statinio konstrukcijose esančius tarpus. Įrengtas tokio pobūdžio vėdinimas eksploataciniu laikotarpiu nieko nekainuoja, tačiau sąlygoja reikšmingus šiluminius nuostolius šaltuoju metų laiku. Taip pat įrengtas natūralus vėdinimas nefiltruoja į patalpas patenkančių dulkių, kietųjų dalelių, žiedadulkių ir kitų elementų;
- mechaninis vėdinimas – šiuo būdu patalpose esantis oras keičiasi priverstinai dėl ventiliatorių, kurie nukreipia oro srautą į patalpas arba iš patalpų. Šiuolaikinės vėdinimo sistemos dažniausiai susideda iš oro tiekimo ir šalinimo ventiliatorių, šilumokaičio, kuris ištraukiamo iš patalpų oro šilumą arba vėsumą perduoda lauko orui. Dėl šios technologijos šiluminiai nuostoliai yra minimalūs, kadangi vėdinimo sistemų šilumogražos efektyvumas siekia iki 90 %. Taip pat sistemose integruotos filtrinės medžiagos, kurios surenka nepageidaujamas daleles ir užtikrina švarų orą patalpose.

Kitame puslapyje esančiame paveiksle (1.1 pav.) pateikta vėdinimo įrenginio pavyzdinė schema, kuri yra tipinė ir standartinė rinkoje. Ji susideda iš:

1. tiekiamo ir ištraukiamo oro filtrinių medžiagų;
2. tiekiamo ir ištraukiamo oro ventiliatorių;
3. rekuperatoriaus, kuris paprastai būna plokštelinis arba rotacinis;
4. oro sklendžių, kurios izoliuoja įrenginį nuo lauko oro neveikimo laikotarpiu;
5. šildymo, vėsinimo kaloriferių, kurie skirti palaikyti reikiamą mikroklimatą patalpose.

Galimi įvairūs sistemų komplektavimo variantai, kuomet įmontuojami atskiri drėkinimo įrenginiai, šilumos siurbliai, dujiniai šildytuvai ir kitos sistemos, kurios leidžia palaikyti norimą temperatūrą, drėgmę ir oro kokybę patalpose. Taip pat reikšmingai taupantis energiją sprendimas siejamas su recirkuliacija, kuomet ištraukiamas iš patalpų oras nėra išmetamas, o panaudojamas vėl ir tiekiamas atgal į patalpas. Naudojant šį sprendimą, būtinas CO₂ jutiklis, kuris perduoda vėdinimo įrenginio

automatikos sistemai informaciją apie ištraukiamo oro kokybę ir prireikus atidaro šviežio lauko oro sklendes.

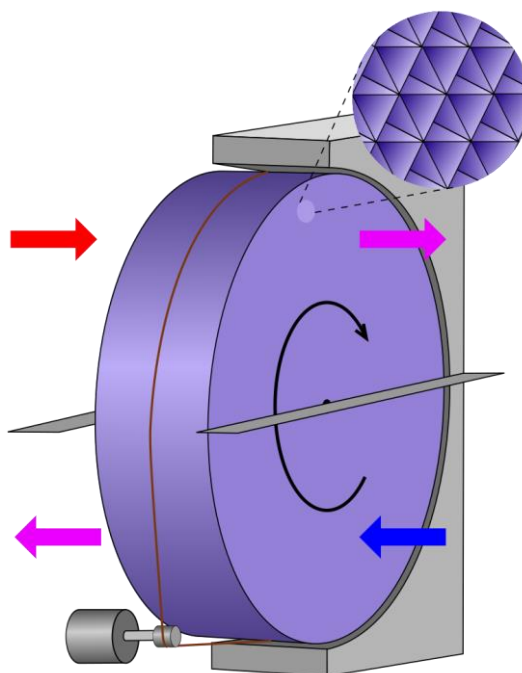


1.1 pav. Vėdinimo įrenginio principinė schema [15]

1.1 paveiksle pateiktų skaičių reikšmės:

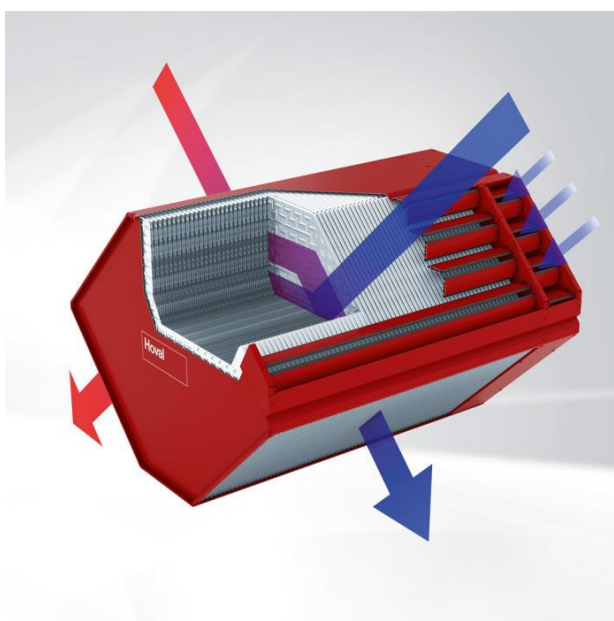
1 – ištraukiamas iš patalpų oras, 2 – tiekiamas į patalpas oras, 3 – šalinamas oras, 4 – tiekiamas lauko oras, 5 – temperatūros jutiklis, 6 – filtrinės medžiagos su slėgio skirtumo jutikliu, 7 – ventiliatorius su slėgio skirtumo jutikliu, 8 – rekuperatorius, 9 – lauko oro sklendės su elektrine pavara, 10 – šildymo kaloriferis su santechniniu mazgu.

Kaip ir buvo minėta anksčiau, rekuperacija padeda išsaugoti iki 90 % esamos šiluminės energijos patalpose. Skirtingos rekuperacijos panaudojimo technologijos yra ne vienodai efektyvios, tačiau jos turi savų privalumų ir trūkumų.



1.2 pav. Rotacinis rekuperatorius [16]

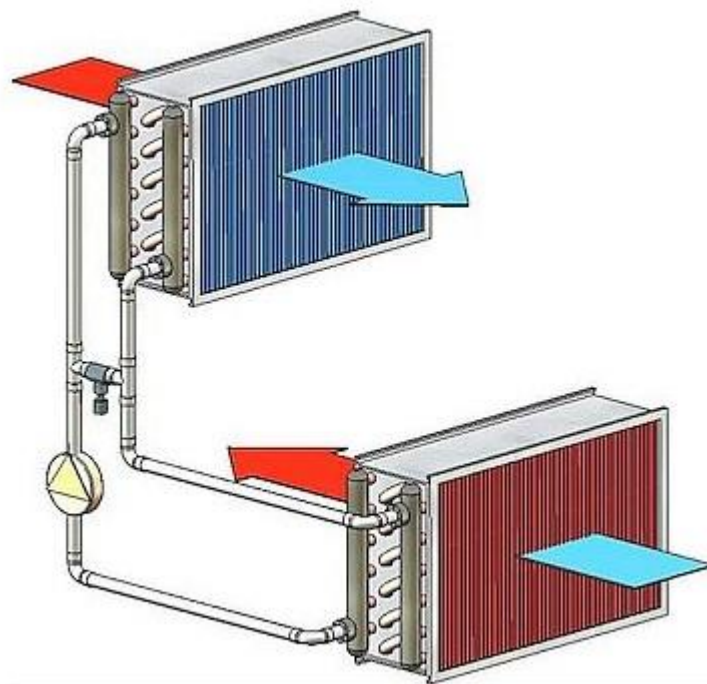
1.2 paveiksle pateiktas rotacinis rekuperatorius, rodyklėmis atvaizduotos oro srautų kryptys. Rotacinis rekuperatorius sukasi per diržinę pavarą su elektriniu varikliu, šio tipo rekuperatorius dažniausiai gaminamas iš aliuminio [18]. Rotacinio rekuperatoriaus privalumu laikoma savybė perduoti ne tik temperatūrą, bet ir drėgmę, taip pat lengvai valdyti reikalaujamą našumą [20].



1.3 pav. Plokštelinis rekuperatorius [19]

Plokštelinis rekuperatorius taip pat gaminamas iš aliuminio, jame nėra besisukančių dalių, išskyrus oro srauto sklendes, kurios gali praleisti orą dviem būdais – per rekuperatorių ir apeinant rekuperatorių. Jeigu patalpų oro šildyti nereikia, o pageidaujamas vėsinimas žiemos metu, atidarius

apėjimo (angl. *bypass*) sklendę bus tiekiamas grynas lauko oras. Kadangi plokštelinio rekuperatoriaus konstrukcija nulemia oro srautų tekėjimą per skirtingus kanalus, jokio sąlyčio nėra, todėl perduodama tik temperatūra. Tačiau šio tipo sistema laikoma patikimesne dėl paprastesnio veikimo principo, nereikalauja elektros variklio, todėl yra sutaupoma elektros energija.



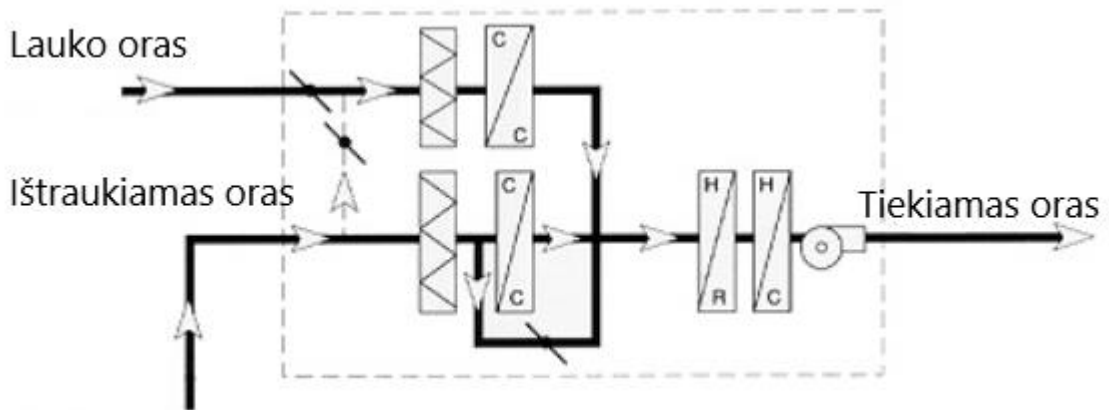
1.4 pav. Atskirų oro srautų rekuperatorius [21]

Atskirų oro srautų rekuperatoriai gali būti naudingi, jeigu tiekimo ir šalinimo vėdinimo kameros yra atskirose vietose ir norima atgauti šiluminę energiją iš patalpų. Tačiau šis rekuperatorius pasižymi mažu efektyvumu, sudėtinga konstrukcija, reikalauja daugiausiai priežiūros.

Mokslinėje literatūroje yra tyrinėjama, kokias būdais galima dar labiau padidinti rekuperatorių efektyvumą, tačiau kai esamas efektyvumas siekia ~ 90 %, ypač reikšmingų rezultatų pasiekti sunku. Siekiant sumažinti šildymo / vėsinimo kaloriferių vėdinimo įrenginiuose energijos sąnaudas, mokslininkai testuoja naujas konfigūracijas, viena iš jų dviejų rekuperatorių naudojimas vienoje vėdinimo sistemoje [22]. Ištraukiamas iš patalpų oras pereina ne per vieną, o per du rekuperatorius, siekiant išgauti kuo daugiau šiluminės energijos iš patalpų oro. Atlikto tyrimo metu nustatyta, jog tame regione, kuriame klimatas pasižymi sausu oru, energijos suvartojimas, tenkantis vėsinimui, sumažėja 26 %, o regionuose, kur oras yra drėgnas, bendras energijos suvartojimas sumažėja 10,5 %. Pagal pateikiamus tyrimo rezultatus šis metodas atrodo energetiškai itin naudingas, tačiau yra ir neigiamų aspektų. Ženkliai padaugėja reikalingų įrengti ortakijų, papildomas rekuperatorius, dažnai komerciniuose objektuose nėra tiek erdvės, jog kiekvienai vėdinimo sistemai būtų galima sudaryti po atskirą tokį sudėtingą modelį. Taip pat labai išauga įrengimo kaštai. Tačiau išimtiniais atvejais, esant

tinkamoms aplinkybėms, tai yra sprendimas, kuris gali suteikti papildomo efektyvumo vėdinimo sistemai.

Kai patalpose yra būtina užtikrinti reikiamą drėgmę, efektyviai naudoti vėsinimo sistemas, galima taikyti vadinamą dviejų srautų (angl. *Dual Path*) sistemą, kuri turi du atskirus oro vėsinimo įrenginius, ištraukiamas iš patalpų oras nėra išmetamas į lauką, o recirkuliuojamas atgal į patalpas [23].



1.5 pav. „Dual Path“ vėdinimo sistemos modelio schema [23]

Įprastose vėdinimo sistemose, siekiant sumažinti drėgmę patalpose, naudojamas šaldymo ir šildymo metodas, kuomet oras kiek įmanoma atvėsinamas, kad būtų pašalinta kuo daugiau drėgmės ir kiek reikia pašildomas, kad atitiktų vėdinimo sistemos automatikos keliamus temperatūrinius reikalavimus. Tokiu būdu energiją švaistoma ne tik dėl perteklinio šaldymo, bet ir papildomo oro pašildymo. Ši sistema efektyviau pašalina drėgmę dėl dviejų vėsinimo kontūrų, taip pat reikiamas temperatūros pašildymas galimas sumaišant iš patalpų ateinantį orą, nenaudojant papildomo šildytuvo energijos.

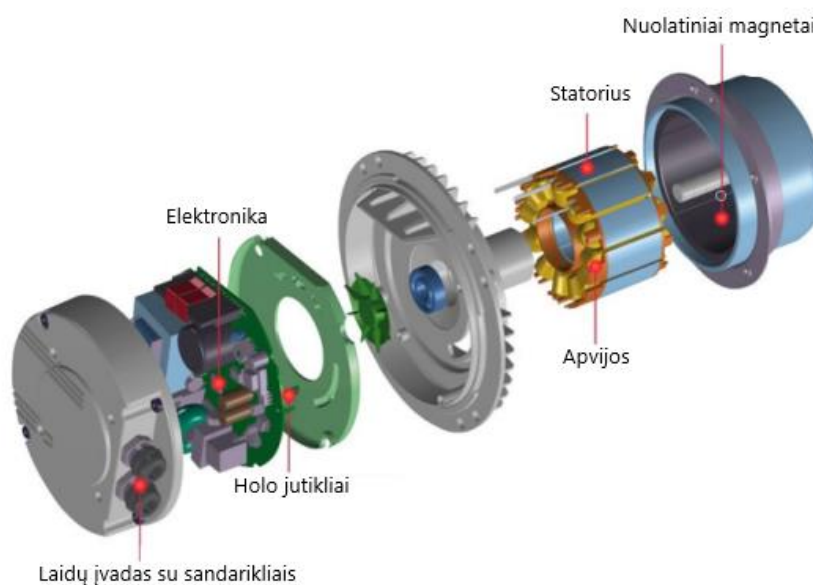
Vėdinimo ir šaldymo įrenginiai, kurie naudojami komerciniuose pastatuose, neišvengiamai naudoja ventiliatorius, variklius, kurie gali būti pagaminti pritaikant skirtingas technologijas ir turėti atitinkamai mažesnes arba didesnes energetinio efektyvumo klases. Klasikinio tipo kintamos srovės asinchroniniai varikliai yra dažniausiai eksploatuojami tokio tipo sistemose [26], tačiau norint reguliuoti variklio našumą, reikalingas ir dažnio keitiklis.



1.6 pav. Klasikinio tipo asinchroninis variklis [25]

Klasikinio tipo konstrukcijoje, variklis veikia maitinamas trifaze kintamos srovės įtampa, pramonės šakose daugiausiai naudojamas dėl pakankamai žemos kainos, lengvos ir primityvios priežiūros, gero galios ir efektyvumo santykio. Tinkamai naudojant variklį, reikia periodiškai keisti guolius, sutepti, jeigu yra tam skirtas taškas. Dėl indukcinio veikimo principo nėra dylančių dalių, tokių kaip kolektorius su šepetėliais. Šio tipo variklių efektyvumo klasės gali skirtis, tuo pačiu ir jų kaina, tačiau pati konstrukcija ir veikimo principas išlieka tas pats.

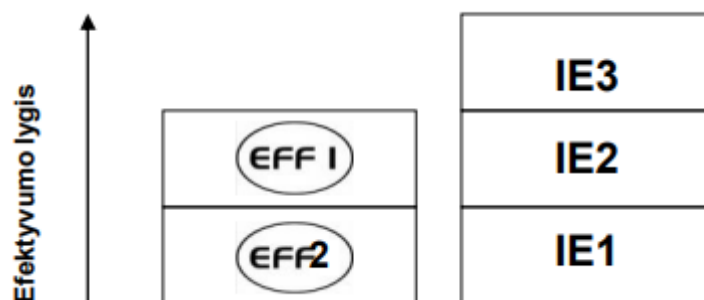
Naujos kartos vėdinimo / vėsinimo sistemos integruoja pažangesnės technologijos EC (angl. *electronically commutated*) variklius.



1.7 pav. EC variklio sandara [27]

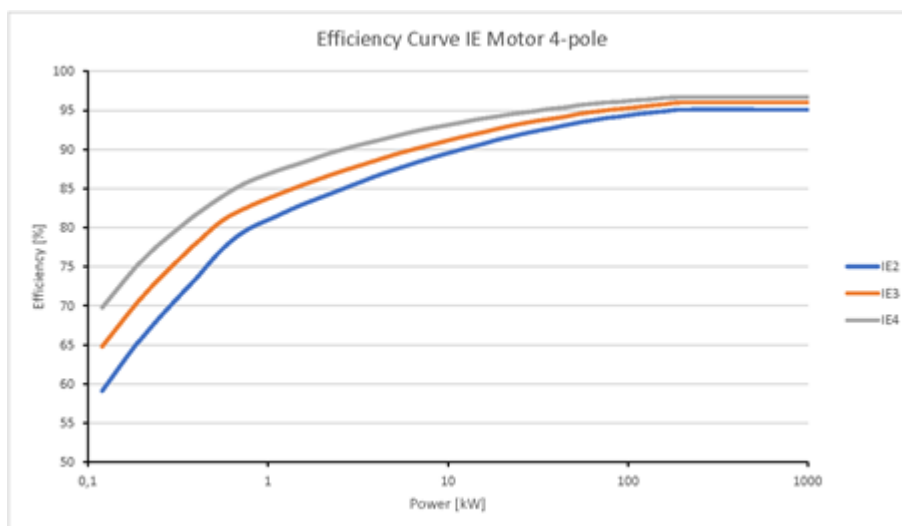
Tai kintama elektros srove maitinamas įrenginys, kuris vėliau ją pakeičia į nuolatinę srovę, kitaip negu klasikiniai asinchroniniai varikliai, kurie veikia naudodami kintamos elektros srovės įtampą. Kitaip negu įprastieji nuolatinės srovės varikliai, šis savo konstrukcija yra labai panašus į asinchroninį variklį, kadangi veikimui nėra reikalingas kolektorius su šepetėliais [27]. Taip pat EC varikliams nereikalingi papildomi išoriniai dažnio keitikliai, šie įrenginiai turi integruotą valdymo sistemą, kuri priima automatikoje įprastus valdymo signalus, taip pat suteikia grįžtamąjį ryšį bendrajam sisteminiam valdikliui.

Nustatant vėdinimo įrenginio ventiliatorių variklių efektyvumo klasę IE (angl. *International Efficiency*), galima spręsti kiek energijos yra iššvaistoma ir kiek jos galima sutaupyti renkantis aukštesnės kokybės ir efektyvumo variklį. 1.8 paveiksle nurodomos variklių efektyvumo klasės. Šiuo metu rinkoje yra atsiradusios ir IE4, IE5 efektyvumo klasės, kurios vadinamos atitinkamai „Super Premium“ ir „Ultra Premium“ klasėmis [3].



1.8 pav. Variklių efektyvumo klasės [2]

Rinkoje dominuoja EFF2 arba IE1 varikliai, kurie yra pigiausi. Daugeliu atvejų sprendimą lemia investavimo laikotarpiu reikalaujami mažiausi kaštai, tačiau į ilgąją perspektyvą ir energijos taupymo potencialą dažnu atveju žiūrima atsainiai. Nuo 2017 m. įsigaliojęs reglamentas Europos Sąjungoje įpareigojo gamintojus tiekti variklius, kurių efektyvumo lygis būtų ne mažesnis negu IE2, kai jų vardinės išėjimo galios svyruoja tarp 0,75–375 kW [2]. O nuo 2021 metų liepos mėnesio įsigaliojo ES reglamentas ((EU) 2019/1781), kuris pateikia reikalavimus elektros varikliams nuo 0,75 kW iki 1000 kW. Varikliai, kurie patenka į šią galios zoną, privalo turėti bent IE3 efektyvumo klasę.



1.9 pav. Skirtingų efektyvumo klasių variklių galios kreivės [3]

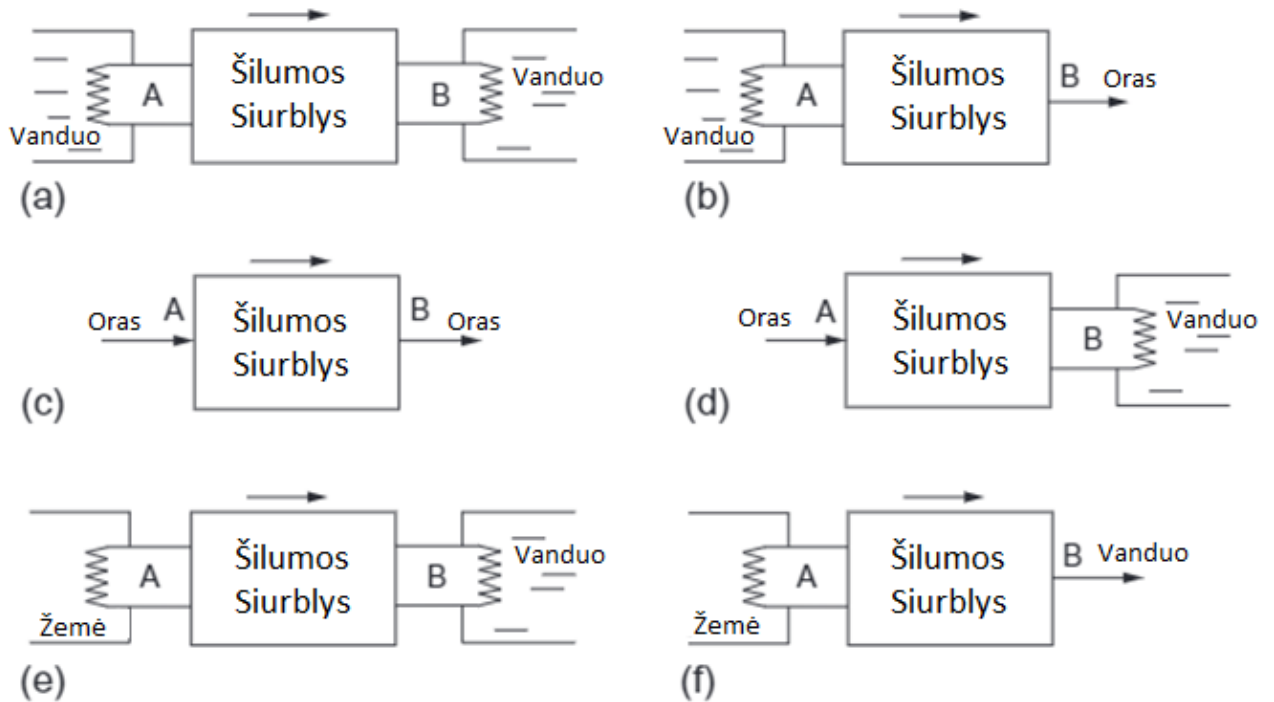
1.9 paveiksle pateiktos skirtingų efektyvumo klasių variklių galios kreivės, kuriose matomas žymus energijos efektyvumo skirtumas mažos galios varikliuose. Didėjant galiai, efektyvumas taip pat didėja ir skirtumas tarp efektyvumo klasių tampa labai mažas. Tačiau turint omenyje tai, jog galingų variklių energijos sąnaudos yra labai didelės, net ir procentinės dalys efektyvumo rodiklyje tampa labai svarbios ir leidžia sutaupyti ženklų kiekį elektros energijos.

1 lentelė. Minimalūs energijos efektyvumo reikalavimai skirtingoms variklių klasėms [5]

Power kW	IE1 (Standard Efficiency)				IE2 (High Efficiency)				IE3 (Premium Efficiency)				IE4 (Super Premium Efficiency)			
	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles	2 poles	4 poles	6 poles	8 poles
0,12	45	50	38,3	31	53,6	591	50,6	39,8	60,8	64,8	57,7	50,7	66,5	69,8	64,9	62,3
0,18	52,8	57	45,5	38	60,4	647	56,6	45,9	65,9	69,9	63,9	58,7	70,8	74,7	70,1	67,2
0,2	54,6	58,5	47,6	39,7	61,9	659	58,2	47,4	67,2	71,1	65,4	60,6	71,9	75,8	71,4	68,4
0,25	58,2	61,5	52,1	43,4	64,8	685	61,6	50,6	69,7	73,5	68,6	64,1	74,3	77,9	74,1	70,8
0,37	63,9	66	59,7	49,7	69,5	727	67,6	56,1	73,8	77,3	73,5	69,3	78,1	81,1	78	74,3
0,4	64,9	66,8	61,1	50,9	70,4	735	68,8	57,2	74,6	78	74,4	70,1	78,9	81,7	78,7	74,9
0,55	69	70	65,8	56,1	74,1	771	73,1	61,7	77,8	80,8	77,2	73	81,5	83,9	80,9	77
0,75	72,1	72,1	70	61,2	77,4	796	75,9	66,2	80,7	82,5	78,9	75	83,5	85,7	82,7	78,4
1,1	75	75	72,9	66,5	79,6	814	78,1	70,8	82,7	84,1	81	77,7	85,2	87,2	84,5	80,8
1,5	77,2	77,2	75,2	70,2	81,3	828	79,8	74,1	84,2	85,3	82,5	79,7	86,5	88,2	85,9	82,6
2,2	79,7	79,7	77,7	74,2	83,2	843	81,8	77,6	85,9	86,7	84,3	81,9	88	89,5	87,4	84,5
3	81,5	81,5	79,7	77	84,6	855	83,3	80	87,1	87,7	85,6	83,5	89,1	90,4	88,6	85,9
4	83,1	83,1	81,4	79,2	85,8	866	84,6	81,9	88,1	88,6	86,8	84,8	90	91,1	89,5	87,1
5,5	84,7	84,7	83,1	81,4	87	877	86	83,8	89,2	89,6	88	86,2	90,9	91,9	90,5	88,3
7,5	86	86	84,7	83,1	88,1	887	87,2	85,3	90,1	90,4	89,1	87,3	91,7	92,6	91,3	89,3
11	87,6	87,6	86,4	85	89,4	898	88,7	86,9	91,2	91,4	90,3	88,6	92,6	93,3	92,3	90,4
15	88,7	88,7	87,7	86,2	90,3	906	89,7	88	91,9	92,1	91,2	89,6	93,3	93,9	92,9	91,2
18,5	89,3	89,3	88,6	86,9	90,9	912	90,4	88,6	92,4	92,6	91,7	90,1	93,7	94,2	93,4	91,7
22	89,9	89,9	89,2	87,4	91,3	916	90,9	89,1	92,7	93	92,2	90,6	94	94,5	93,7	92,1
30	90,7	90,7	90,2	88,3	92	923	91,7	89,8	93,3	93,6	92,9	91,3	94,5	94,9	94,2	92,7
37	91,2	91,2	90,8	88,8	92,5	927	92,2	90,3	93,7	93,9	93,3	91,8	94,8	95,2	94,5	93,1
45	91,7	91,7	91,4	89,2	92,9	931	92,7	90,7	94	94,2	93,7	92,2	95	95,4	94,8	93,4
55	92,1	92,1	91,9	89,7	93,2	935	93,1	91	94,3	94,6	94,1	92,5	95,3	95,7	95,1	93,7
75	92,7	92,7	92,6	90,3	93,8	940	93,7	91,6	94,7	95	94,6	93,1	95,6	96	95,4	94,2
90	93	93	92,9	90,7	94,1	942	94	91,9	95	95,2	94,9	93,4	95,8	96,1	95,6	94,4
110	93,3	93,3	93,3	91,1	94,3	945	94,3	92,3	95,2	95,4	95,1	93,7	96	96,3	95,8	94,7
132	93,5	93,5	93,5	91,5	94,6	947	94,6	92,6	95,4	95,6	95,4	94	96,2	96,4	96	94,9
160	93,8	93,8	93,8	91,9	94,8	949	94,8	93	95,6	95,8	95,6	94,3	96,3	96,6	96,2	95,1
200	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,3	95,4
250	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,5	95,4
315	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
355	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
400	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
450	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4
500-1000	94	94	94	92,5	95	95,1	95	93,5	95,8	96	95,8	94,6	96,5	96,7	96,6	95,4

1.1.2. Šaldymo ir oro kondicionavimo įrenginių technologijos

Šilumos siurbliai paprastai klasifikuojami pagal šilumos šaltinius ir šilumokaičių tipus. Priklausomai nuo sistemos veikimo reikalavimų, šilumos siurblys praktikoje gali būti įvairios konfigūracijos. Pagrindiniai baziniai šilumos siurblių komplektavimo variantai pateikti 1.8 paveiksle (sistemų veikimo principas aptariamas veikiant šildymo režimu).



1.8 pav. Pagrindiniai šilumos siurblių tipai [28]

A – tipo sistema paremta vandens šilumos mainais tiek kondensatoriaus pusėje, tiek garintuvo. B – tipo sistemoje vanduo yra šilumos šaltinis, kuris perduodamas oru. Kad būtų efektyvūs šilumos mainai, šio tipo šilumos siurbliai turi būti eksploatuojami su priverstinio oro pritekėjimo sistema, paprastai vėdinimo įrenginiu. C – tai dažniausiai naudojamas šilumos siurblių tipas, kuris labiausiai paplitęs kaip buitinė šildymo / vėsinimo priemonė. D – ši sistema labai patogi dėl paprasto montavimo. Vartotojai dažnai renkasi šį tipą, kad galėtų pakeisti senus kieto kuro, ar dujinius katilus. E – tai klasikinis geoterminis šilumos siurblys, kuris taip pat populiarus rinkoje ir yra efektyvesnė, D tipo, šilumos siurblio alternatyva. Tačiau didesnis efektyvumas reikalauja ir ženklesnių išlaidų, kurios didžiąją dalimi susideda iš sistemos montavimo darbus. F – tipo šilumos siurbliai iš žemės išgautą šilumos kiekį perduoda oru, per ventiliatorinių sistemų šilumokaičius. Vėsinimo atveju galimas panaudojimas ir pramoninių įrenginių aušinimui, taip pat ir pastatų mikroklimato palaikymo sistemose.

Komercinės paskirties objektuose, naudojami šilumos siurbliai vėsinimui / šildymui paprastai skirstomi į tris kategorijas:

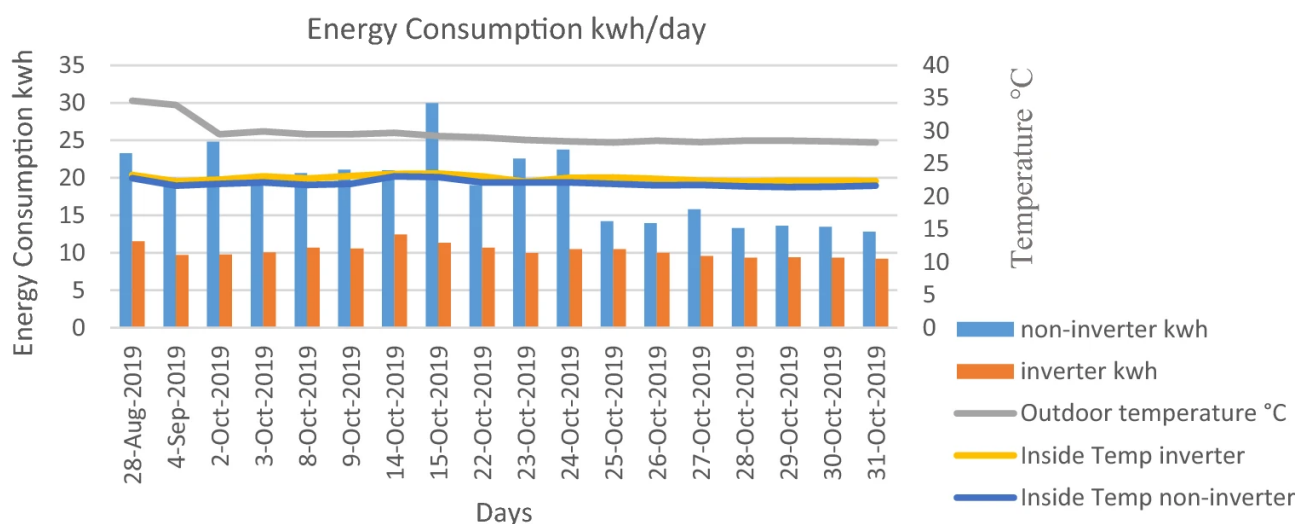
- oras – oras šilumos siurbliai;
- oras – vanduo šilumos siurbliai;
- geoterminiai šilumos siurbliai.

Oras – vanduo šilumos siurbliai yra populiareesnė sistema lyginant su geoterminiais šilumos siurbliais dėl primityvaus ir patogaus išorinio (lauko) bloko montavimo. Kaip ir galima spręsti iš pavadinimo, šio tipo sistema šilumos mainus vykdo per lauko oro terpę, o kondensatorius yra šilumokaitis, kuris apjungia šalčio agentą su termofikaciniu skysčiu, kas ir yra sistemos pavadinime užkoduota žodžiu vanduo. Tuo tarpu geoterminis šilumos siurblys naudojami požeminiu šilumos potencialu, kuris yra ypač aktualus šaltuoju metų periodu. Šilumos mainai vyksta skysčio pavidalu per šilumokaičius abiejose kontūruose. Dėl pakankamai pastovios grunto temperatūros, jų veikimas yra efektyvesnis, tačiau nemaža dalis investicijų susideda į sistemos montavimo darbus, nes šiai sistemai būtina įrengti požeminius vamzdynus, kuriais teka šilumos mainus atliekantis skystis. Paprasčiausia montavimo atžvilgiu yra oras – oras šilumos siurblio sistema, kurios montavimas nereikalauja papildomų santechninių jungčių, atskirų šilumokaičių. Tačiau reikalinga atrasti montavimo vietą vidiniams oro kondicionavimo blokams [29].

Palyginamosiose studijose tarp oras – vanduo ir geoterminio šilumos siurblio sistemų, autoriai lygino efektyvumus, jų kitimą naudojant skirtingus šalčio agentus, taip pat atliko ekonominį vertinimą. Tyrimo objektai buvo dviejų anksčiau minėtų tipų šilumos siurbliai, kurių galia yra 270 kW. Šaltinyje atskleista, jog abi sistemos efektyviausiai dirba R134A tipo šalčio agentu. Taip pat nustatyta, jog geoterminio šilumos siurblio sistema leidžia sutaupyti 239 MWh elektros energijos, sumažinti CO2 emisijas 140 tonų ir sutaupyti 27280 dolerių, per metus [30]. Taip pat yra pabrėžiamas ir grafiškai atvaizduotas brangesnis geoterminio šilumos siurblio įrengimas, tačiau ties 12 eksploatacijos metais investicijų ir eksploatacijos kaštų suma išsilygina ir oras – vanduo tampa brangiau išlaikoma sistema, dėl savo mažesnio efektyvumo. Todėl vertinant sistemas ilgam, pavyzdžiui 20 metų laikotarpiui, geoterminio šildymo sistema šiuo atveju yra patrauklesnė. Verta paminėti, jog per tokį ilgą laiko tarpą geoterminio šilumos siurblio kolektoriniai mazgai grunte gali deformuotis. Todėl papildomai gali prireikti atlikti požeminės sistemos renovaciją, todėl šie kaštai gali ženkliai sumažinti atotrūkį tarp šių sistemų ekonominio naudingumo.

Komercinio tipo pastatuose, daugiausiai aptinkama oro kondicionavimo įrenginių, šalčio mašinų, kurių šilumos šaltinis yra oras ir šilumos mainai vyksta ventiliatorių pagalba. Tai yra todėl, kad tokio tipo objektuose sistemos dažniausiai įrengiamos ant stogų, vieta ant žemės išnaudota kitiems tikslams. Neskaitant kitų įtaisų, kompresoriai ir ventiliatoriai sunaudoja pagrindinę dalį elektros energijos. Kadangi inžinerinės sistemos yra atnaujinamos retai, dažniausiai tik tuomet, kai įvyksta rimti gedimai, komercinio tipo pastatuose didelę dalį sistemų apima pasenę įrenginiai. Nekalbant apie bendrą įrenginio komponentų nusidėvėjimą, naujuose įrenginiuose esančios technologijos padeda

ženkliai padidinti įrenginio našumą ir efektyvumą. Anksčiau buvusi brangi, šiuo metu jau pakankamai įprasta technologija – reguliuojamas ventiliatorių našumas pagal poreikį. Nors technologija buvo taikoma efektyviai ir naudingai, bet galutinė įrenginių kaina stabdė pardavimus. Kinijos oro kondicionavimo įrenginių efektyvumo tobulinimo tyrime teigiama, kad Kinijos polinkis naudoti kintamo našumo (angl. *Inverter*) oro kondicionavimo įrangą įvyko dėl globalios tendencijos, kurios pagrindas slypi šios technologijos tobulinime, informacinių technologijų pažangoje, puslaidininkių gamybos apimtyse [31]. Kad būtų galima palyginti skaičiais, šaltinyje pateikiama informacija, jog Kinijos rinkoje 2010 metais kintamo greičio oro kondicionavimo sistemų pardavimai sudarė 18 %, o 2018 metais šis skaičius pasikeitė į 58 %. Minėtame šaltinyje pateikiamas Kinijos rinkos pavyzdys, tačiau ši šalis yra viena didžiausių vėsinimo įrangos gamintojų, todėl šios valstybės tendencijos atspindi globalų požiūrį. Vartotojams nėra svarbu, ar įrenginys veikia fiksuotu greičiu ar kintamu, technologijos populiarumą lemia efektyvumo veiksnys, kuris teikia vilčių, jog įsigijus modernesnę įrenginį bus sutaupoma energija ir lėšos. Saudo Arabijoje buvo atliktas oro kondicionavimo įrenginių efektyvumo skirtumo nustatymo tyrimas tarp fiksuoto ir kintamo našumo įrenginių. Įranga sumontuota tame pačiame pastate, darbo vietose dirba toks pats žmonių skaičius, buvo siekiama, kad apkrova įrangai būtų vienoda. Pateiktuose tyrimo rezultatuose nurodoma, jog kintamo našumo oro kondicionierius padėjo sutaupyti apie 44 % elektros energijos [32]. 1.9 paveiksle, parodytas minėtų įrenginių energijos suvartojimo palyginamasis grafikas, kuriame galima matyti energijos suvartojimo skirtumus tarp įrenginių ir jų išsidėstymą skirtingomis dienomis.



1.9 pav. Fiksuoto ir kintamo našumo oro kondicionierių energijos sunaudojimo palyginimas [28]

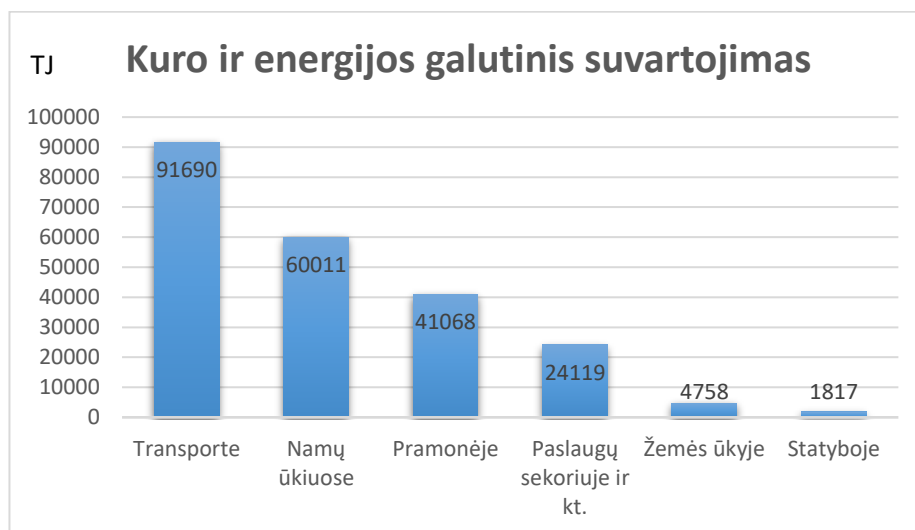
Kintamo našumo oro kondicionavimo sistema gali tinkamai ir pagal poreikį dirbti reikiamu našumu, tuo tarpu seno tipo sistemos veikia įjungimo ir išjungimo principu. Tai reiškia, kad esant net ir mažam poreikiui, sistema veikia pilnu pajėgumu, dažniausiai peršaldydamos patalpas daugiau nei reikia, tam

kad sistema neįsijungtų kas kelias minutes, o reikiama temperatūra išliktų ilgiau. Naujo tipo sistemos perteklinio vėsinimo / šildymo neatlieka.

1.2. Paslaugų sektoriaus galutinės energijos suvartojimas ir keliami energijos efektyvumo didinimo reikalavimai

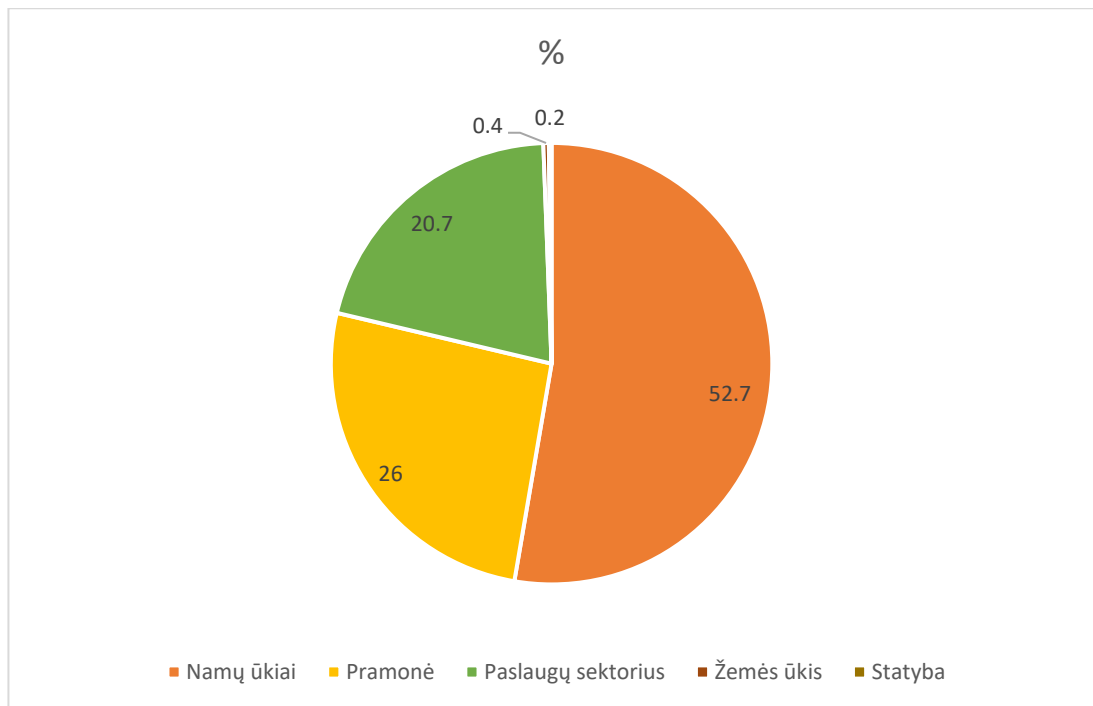
1.2.1. Paslaugų sektoriaus energijos suvartojimo palyginimas su kitais šalies sektoriais

1.10 paveiksle parodytas kuro ir energijos galutinis suvartojimas Lietuvoje pagal skirtingus sektorius. Daugiausiai kuro ir energijos suvartoja transporto sektorius. Vartojimą sudaro įvairus kuras naudojamas transporte, tačiau įeina ir gamtinės dujos, elektros energija. Namų ūkių sektorius daugiausiai suvartoja kūrenamo kuro, ženkliai dalį sudaro šiluminė ir elektros energija. Pramonės sektorius daugiausiai suvartoja gamtinių dujų, taip pat ženklų kiekį kūrenamo kuro, naftos produktų, elektros ir šiluminės energijos. Paslaugų sektorius daugiausiai suvartoja elektros ir šiluminės energijos, gamtinių dujų. Šiame darbe daugiausiai dėmesio bus skiriama paslaugų sektoriui, į kurį įeina įvairios komercinės paskirties pastatai, taip pat ir maisto parduotuvės. Nors šis sektorius ir nėra pats didžiausias, tačiau pavieniai objektai suvartoja daug daugiau energijos, negu pavieniai namų ūkių objektai. Todėl pritaikytos energijos efektyvumo didinimo priemonės komerciniams objektams, turėtų ženkliai sumažinti sektoriaus galutinį energijos suvartojimą.



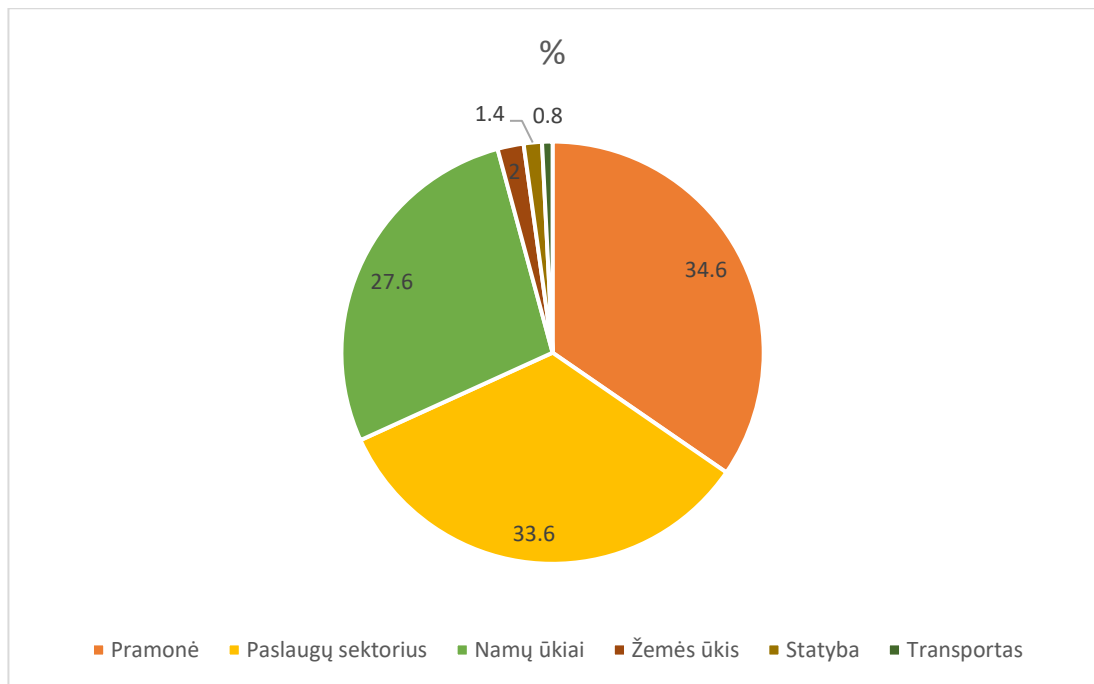
1.10 pav. Galutinis kuro ir energijos suvartojimas, pagal sektorius 2020 m. [34]

1.11 paveiksle pateiktas galutinis šiluminės energijos suvartojimas, pagal sektorius. Daugiausiai šiluminės energijos suvartoja namų ūkių sektorius, kur didelis energijos kiekis tenka daugiabučiams namams šaltuoju metų laiku. 26 % suvartoja pramonės sektorius, o paslaugų 20,7 %. Paslaugų sektoriuje šiluminė energija daugiausiai naudojama šildymui, kaip ir namų ūkiuose. Įvairūs komerciniai pastatai, parduotuvės reikalauja daug šiluminės energijos, kuri dažniausiai perduodama vėdinimo sistemomis.



1.11 pav. Galutinis šiluminės energijos suvartojimas, pagal sektorius [57]

1.12 paveiksle pateiktas galutinis elektros energijos suvartojimas pagal sektorius. Daugiausiai elektros energijos suvartoja pramonės ir paslaugų sektoriai, atitinkamai 34,6 ir 33,6 %. Paslaugų sektorius yra platus ir apimantis daug įvairių veiklų, kur elektros energija kartu su šilumine, yra reikalingos ir gausiai vartojamos. Šiame darbe bus siekiama palyginti, kokią dalį elektros, šiluminės energijos suvartoja Lietuvos maisto parduotuvės, kiek būtų galima sutaupyti pritaikant energijos efektyvumo didinimo priemones. 5 metų laikotarpyje (2016, 2017, 2018, 2019, 2020), paslaugų sektoriuje, per metus vidutiniškai buvo suvartojama 2117,6 GWh šiluminės energijos. Tų pačių metų laikotarpiu, vidutiniškai per metus buvo suvartojama 3373,7 GWh elektros energijos [56].

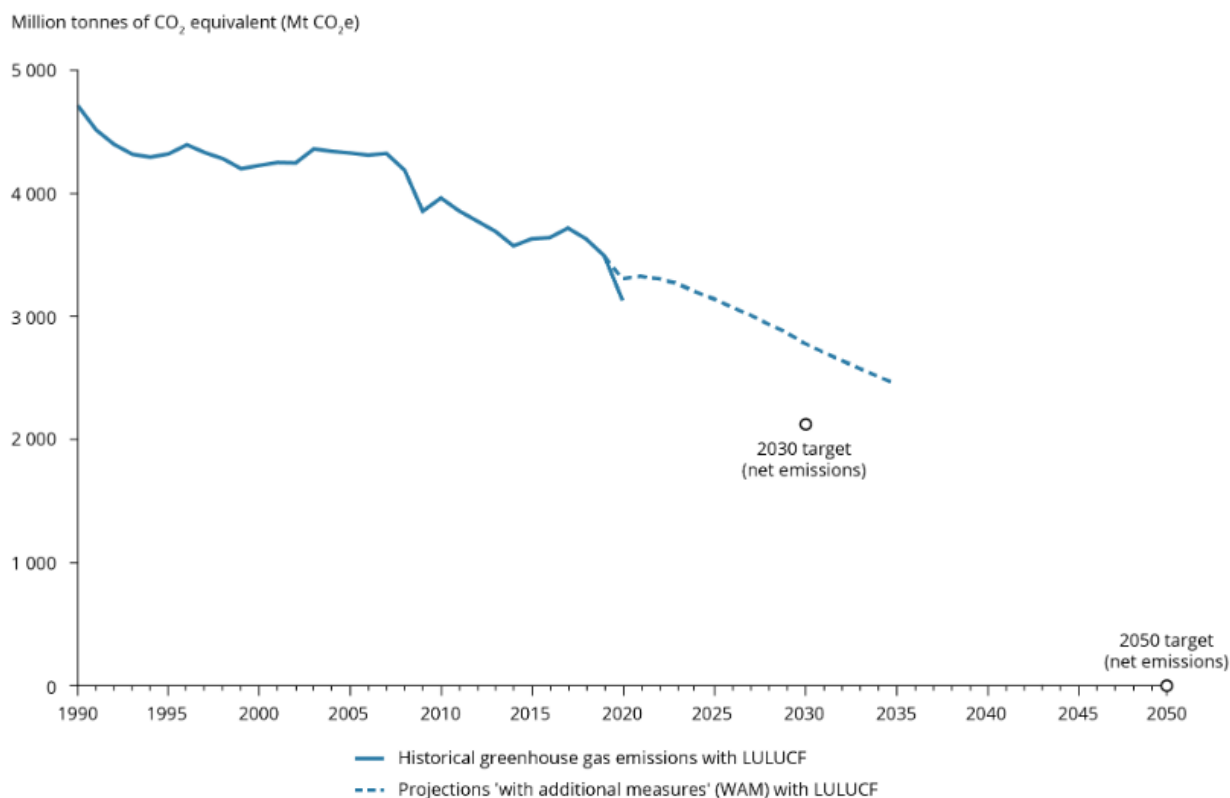


1.12 pav. Galutinis elektros energijos suvartojimas, pagal sektorius [57]

Atlikti tyrimai rodo, jog komercinių pastatų energijos suvartojimas nuolatos auga. Talino technologijų universiteto atlikto tyrimo tikslas buvo, surinkti informaciją apie komercinių pastatų atnaujinimo ir energijos vartojimo efektyvumo sąsajas, kaip indelį į Estijos ilgalaikę renovacijos strategiją. Kaip žinoma, negyvenamieji pastatai sudaro 25 % viso Europos nekilnojamojo turto (dauguma jų įvairūs biurų ir komerciniai pastatai), tačiau negyvenamieji pastatai sunaudoja 40 % visos energijos [36]. Estijoje negyvenamųjų pastatų energijos suvartojimas per pastaruosius 15 metų padidėjo 50 % [36]. Moksliniai tyrimai rodo, jog daugiau negu 50 % CO₂ emisijų skleidžiamų iš jau pastatytų komercinių objektų gali būti sumažinti tobulinant tokias sistemas kaip apšvietimas, šildymo / vėsinimo sistemos. Todėl esami objektai turi būti peržvelgiami, siekiant įvykdyti užsibrėžtus ambicingus žaliojo kurso tikslus [37]. Efektyvus komercinių pastatų energijos suvartojimas užima svarbią dedamąją planuojant pastatų energijos efektyvumo gerinimo strategijas. Vertinant energijos suvartojimą šio segmento pastatuose, didžiausią dalį energijos suvartoja ŠVOK – šildymo, vėdinimo, oro kondicionavimo sistemos. Remiantis 2005 m. duomenimis, apšvietimas vidutiniškai sudarydavo 25,5 % viso pastato energijos suvartojimo [35]. Tačiau šiuo metu, kai apšvietimo technologijos tapo ženkliai efektyvesnės, ŠVOK sistemų darbas užima didžiausią dalį šio pastatų segmento energijos suvartojime, daugiau negu 40 % [24]. Todėl esamų mikroklimatą užtikrinančių sistemų peržiūra ir efektyvumo įvertinimas yra labai svarbūs, norint neatsilikti nuo esamų reikalavimų, bei papildomai taupyti energiją. 1.12 paveiksle parodytas elektros energijos galutinis suvartojimas skirtinguose sektoriuose, kur paslaugų sektorius suvartoja virš 33 % visos galutinės elektros energijos. Nors šio darbo tiriamoji dalis apima tik Lietuvos maisto parduotuvių pastatus, tačiau darbe nagrinėjamos energijos efektyvumo didinimo priemonės atitinka ir kitiems pastatams, kurie įeina į šį sektorių.

1.2.2. Keliami efektyvumo didinimo reikalavimai

1.13 paveiksle matomas Europos Sąjungos ŠESD (šiltnamio efektą sukeliančios dujos) emisijų lygio mažinimo tikslas 2030 ir 2050 metams. Pagal pateiktą emisijų mažėjimo projekciją, siekiama parodyti, jog dabartinėmis priemonėmis tikslą pasiekti bus sunku, todėl reikalingas didesnis įsitraukimas ir atitinkamų priemonių taikymas. 2050 metų tikslas, kuriame Europos Sąjungą tampa klimatui neutrali, atrodo dar ambicingiau ir verčia sunerimti šio tikslo siekiančias valstybes.



1.13 pav. Europos Sąjungos ŠESD emisijų lygio tikslai ir istoriniai duomenys [60]

2020 metais Lietuva užsibrėžė tikslą pasiekti 17 % galutinės energijos vartojimo sumažėjimą, lyginant su 2009 metais, tačiau rezultatas yra visiškai priešingas, suvartojimas yra 29 % didesnis už išsikeltą tikslą [13]. Nacionalinėje energetinės nepriklausomybės strategijoje teigiama – pagrindinis strategijos tikslas energijos vartojimo efektyvumo didinimo srityje užtikrinti, kad iki 2030 metų pirminės ir galutinės energijos intensyvumas būtų 1,5 karto mažesnis negu 2017 metais [61]. Žvelgiant į istorinius duomenis ir išsikeltus tikslus, galima teigti, jog reikalingos papildomos ir daugiau naudos teikiančios priemonės, kad pavyktų pasiekti užsibrėžtus tikslus.

Siekiant išgauti ženklesnį energijos efektyvumą komercinių ir pramoninių pastatų ūkyje, buvo patvirtintas įstatymas, kuris įpareigoja tikrinti pastatuose įrengtų šildymo sistemų ir kombinuotųjų šildymo ir vėdinimo sistemų, bei oro kondicionavimo arba kombinuotųjų oro kondicionavimo ir vėdinimo sistemų atitiktį energinio efektyvumo reikalavimams [38]. Šis tikrinimas reikalingas pastatuose, kuriuose minėtų sistemų vardinė atiduodamoji galia didesnė kaip 70 kW, kurių savininkai

ir naudotojai privalo nustatytu periodiškumu patikrinti savo šildymo sistemas ar kondicionavimo sistemas energinio efektyvumo požiūriu. Tai remiasi energinio efektyvumo didinimo reglamento reikalavimais bei 2018 m. gegužės 30 d. Europos Parlamento ir Tarybos direktyva (ES) 2018/844 [37]. Šiame darbe atliekama pastatų inžinerinių sistemų analizė nebus orientuota tik į galingesnius negu 70 kW atiduodamosios galios įrenginius, tačiau padės sudaryti atitinkamą požiūrį į jau naudojamą sistemas, įvertinant šiuo metu eksploatuojamus vėdinimo įrenginius, išmatuojant esamą rekuperatoriaus temperatūrinį efektyvumą.

Komercinio objekto atsiradimo fazėje yra stengiamasi naudoti pačias efektyviausias technologijas rinkoje ir jas nupirkti labiausiai prieinama kaina. Tačiau problema atsiranda kai pastatų inžinerinės sistemos tampa mažiau efektyvios dėl jų amžiaus ir veikimo resurso. Tuo metu rinkoje jau vyrauja efektyvesnės sistemos, su naujais naudingumo standartais, kurios gali padėti siekti naujų užsibrėžtų ES ir valstybinių efektyvumo didinimo ir tvarumo tikslų, tačiau esamu momentu neatrodo ekonomiškai naudinga jų atnaujinti. Kaip ir buvo minėta anksčiau, šiame darbe bus atliekamas tyrimas, kuriame bus apsvaistytos trys galimybės – sistemas naujinti, modernizuoti ar palikti esamas. Pavienio komercinio objekto ūkio tikslai ne visuomet gali sutapti su valstybės keliamais, ar juo labiau Europos Sąjungos inicijuojamais tikslais, todėl reikalinga įvertinti ir paramos aspektą, kad nauda būtų abipusė. Europos sąjungos bendrija iki 2030 metų, prisiėmė įsipareigojimus 40 % sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas lyginant su 2005 metais, bent 32,5 % pagerinti energijos vartojimo efektyvumą [18]. Kaip sekasi Europos Sąjungai vykdyti išsikeltus tikslus, galima matyti pagal įvykdytus 2020 m. normatyvus. Europos Sąjunga padarė gerą progresą siekiant sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas. Sėkmės priežastimis galima laikyti spartesnę atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą, perėjimą nuo anglies kuro į dujų vartojimą, energijos efektyvumo didinimo priemonių veiksmingumas skirtingose šalyse. Tai lėmė, kad 2020 metais ŠESD dujų emisijos Europos Sąjungoje sumažėjo 31 %, lyginant su 1990 metais [60].

Lietuva, siekdama įgyvendinti pagrindinius energijos efektyvumo didinimo tikslus, nustatė prioritetas kryptis [62]:

- Skatinti kompleksinę daugiabučių gyvenamųjų ir viešųjų pastatų atnaujinimą (prioritetą teikiant gyvenamųjų kvartalų renovacijai) ir iki 2030 m. sutaupyti 5–6 TWh energijos;
- Sparčiai plėtoti mažai energijos suvartojančias ir energijos vartojimo efektyvumą didinančias pramonės šakas, diegti ir įsigyti naujausių bei aplinkai palankių technologijų ir įrenginių.

Pagal pateiktas prioritetas kryptis, matomas fokusavimasis į esamų pastatų modernizavimą, juos renovuojant. Tokiu būdu siekiama sumažinti neefektyviai suvartojamos energijos kiekį, dėl prastos statinių energinės klasės. Lietuva šiuo metu rengia ilgalaikės nacionalinio viešosios paskirties ir privačių gyvenamųjų ir ne gyvenamųjų pastatų ūkio renovacijos strategiją, kurioje numatoma apžvelgti esamą pastatų fondą, nustatyti technines, ekonomines, fizines priemones ir būdus,

įgyvendinimo planą siekiant, kad iki 2050 m. visi vieši ir privatūs gyvenamieji ir negyvenamieji pastatai būtų pertvarkyti į beveik nulinės energijos pastatus [62]. Remiantis šiais tikslais galima padaryti išvadą, jog šiuo metu Lietuvoje, didelis kiekis pastatų turi žemą energinę klasę, todėl yra skaičiuojamas ypač didelis energijos sutaupymo potencialas renovuojant pastatus. Tačiau kai pastatų konstrukcijos taps geriau izoliuotos ir neturės tokio didelio šiluminio pralaidumo, pagrindinis dėmesys turėtų krypti į inžinerines sistemas, kurios ir bus tiriamos šiame darbe. Kaip ir buvo minėta anksčiau, ŠVOK sistemų suvartojama energija gali sudaryti daugiau kaip 40 % visų pastato energinių sąnaudų, todėl tinkamai apgalvoti ir įvertinti pastatų inžinerinių sistemų atnaujinimo sprendimai suteiks didelį energijos sutaupymo potencialą ir efektyvų išlaidų paskirstymą.

2. Metodologinė dalis

2.1. Mažmeninės prekybos pastatų mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energetinės ir ekonominės analizės metodologija

2.1.1. Tiriamų komercinių pastatų kiekis Lietuvoje

Norint atlikti tyrimą Lietuvos mastu, būtina įvertinti apytikrį tokio tipo objektų kiekį, kuriems galima taikyti panašaus pobūdžio prielaidas. Išanalizuotas tiriamų (realių) objektų kiekis bus palygintas su esamu objektų kiekiu Lietuvoje, nustatant tokio tipo objektų daromą įtaką šalies energetikai.

Šiame darbe analizuojami mažmeninės prekybos objektai privalo atitikti šiuos punktus:

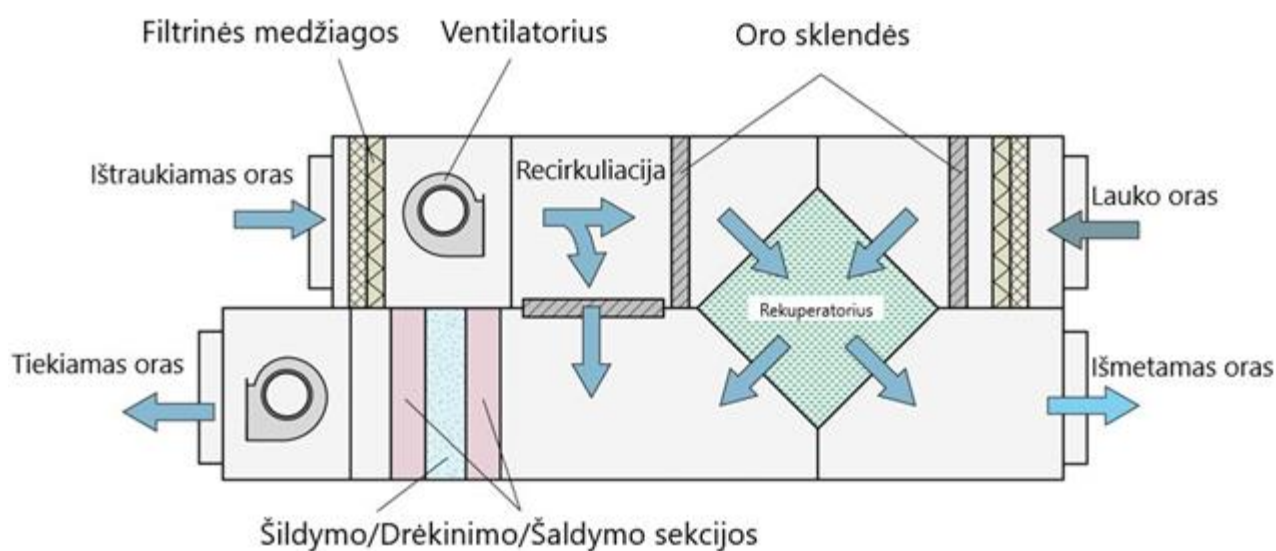
- objekte turi būti eksploatuojama mechaninio tipo vėdinimo sistema, su arba be rekuperacijos (šilumos atgavimo iš patalpų), kuri taip pat užtikrina reikiamą temperatūrą patalpose, su šildymo sistema.
- objekte turi būti eksploatuojama patalpų vėsinimo sistema, kuri gali būti integruota su vėdinimo sistema arba naudojama atskirai, kaip oro kondicionavimo sistema.

Neskaitant pavienių mažų parduotuvių, kurios gali būti įrengtos daugiabučių namų patalpose ar kitokiuose objektuose, kur aukščiau išvardintos sistemos dažniausiai nėra naudojamos, bus remiamasi populiariųjų prekybos centrų kiekiu, kur yra griežtai laikomasi mikroklimato patalpose sąlygų ir neišvengiamai yra įrengtos aukščiau išvardintos sistemos. Šiame darbe tiriamų mažmeninės prekybos objektų prekių pasiūla yra susijusi su maisto prekėmis. Vertinant jog šiame segmente patalpų mikroklimatas užima svarią dalį, bus lyginami atitinkamas paslaugas teikiantys objektai. Vertinamų mažmeninės prekybos tinklų prekės ženklai – „IKI“, „Maxima“, „Rimi“, „Norfa“, „Šilas“, „LIDL“. Šių prekių ženklų mažmeninės prekybos pastatai bus sumuojami siekiant gauti nominalų objektų kiekį Lietuvoje, pagal kurį bus atliekama analizė šalies mastu. Pagal šių prekybos tinklų pateiktą informaciją, Lietuvoje šių parduotuvių kiekis yra – 793, kurias sudaro (2022 metų, kovo mėnesio duomenimis) [58]:

- „IKI“ – 231,
- „Maxima“ – 253,
- „Rimi“ – 78,
- „Norfa“ – 150,
- „Šilas“ – 26,
- „Lidl“ – 55.

2.1.2. Mikroklimatą užtikrinančių įrenginių klasifikavimo struktūra

Siekiant išanalizuoti objektuose esančias sistemas, pritaikyti naujo tipo ar kitokio veikimo pobūdžio įrenginius, reikia kad kiekvieno komercinio objekto tyrinėjami įrenginiai būtų suskaidyti į atitinkamas kategorijas, kurios parodo įrenginio privalumus ir trūkumus. Siekiant, kad visi objektai būtų energetiškai efektyvūs, reikalinga įrenginių išskaidymo struktūra, kurioje būtų žymimi atitinkamo pastato inžinerinių sistemų trūkumai ir privalumai. Pavyzdžiui, objektuose gali būti vėdinimo sistema su neefektyviu rekuperatoriumi, naudojanti daug energijos vartojančius ventiliatorius, eksploatuojama neefektyvi oro kondicionavimo sistema.



2.1 pav. Vėdinimo įrenginio pavyzdinė struktūra [11]

2.1 paveiksle parodyta pavyzdinė vėdinimo įrenginio struktūra. Šiame darbe vėdinimo įrenginiu laikoma sistema, kurioje gali būti integruota visuma kitų įrenginių, tokių kaip šildymas, vėsinimas, drėkinimas, rekuperacija ir t.t. Komercinių pastatų vėdinimo sistemos yra įvairios ir projektuojamos pagal atitinkamą objektą ir poreikius. Todėl siekiant įvertinti jau esamų sistemų energinę naudą, reikia atitinkamus įrenginius išskaidyti pagal komplektavimo ypatumus. Žinant atitinkamų vėdinimo įrenginių sandarą, atsiranda galimybė nustatyti galimas tobulinimo sritis, o galbūt svarstyti apie įrenginio pakeitimą nauju. Pateikiamas vėdinimo įrenginių klasifikavimas:

- įrenginio pavadinimas, modelis;
- darbinis ventiliuojamo oro kiekis $m^3/val.$;
- rekuperatoriaus tipas (rotacinis, plokštelinis, atskirų srautų);
- objekte išmatuotas temperatūrinis efektyvumas;
- šildytuvo tipas, galia, kW;
- vėsinimo tipas, galia, kW;

- ventiliatorių galia, kW, efektyvumo klasė, tipas.

Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių klasifikavimas:

- įrenginio tipas – šalčio mašina ar oro kondicionierius, modelis;
- veikimo principas (oras – oras, oras – vanduo);
- elektrinė galia, kW;
- vėsinimo galia, kW;
- vėsinimo sistemos efektyvumas (EER).

Įvertinus esamas sistemas ir jų komplektacijas, numatomi galimi sistemos tobulinimo būdai, kurie gali apsiriboti tik sistemos įrenginių modernizavimu. Tačiau bus atliekamas ir naujo įrenginio keitimo vertinimas, jeigu esamo įrenginio techninės charakteristikos yra prastesnės. Pritaikant naują vėdinimo sistemą, bus naudojamosi „Komfovent“ prekinio ženklo įrenginiais, kadangi šių vėdinimo sistemų dokumentacija ir gamintojo įrenginių testavimo duomenys yra viešai prieinami, įrenginiai pasižymi ypač aukštu efektyvumu. Pritaikant analogišką vėdinimo įrenginį, bus naudojamosi įrenginių katalogu [42]. Pagal šį katalogą galima parinkti įrenginio komplektaciją, kainą ekonominiams skaičiavimams. Siekiant išsiaiškinti detalią įrenginio informaciją, tokią kaip rekuperatoriaus temperatūrinis efektyvumas, ventiliatorių galia ir kitą informaciją, bus naudojamosi „Komfovent“ produktų technine dokumentacija [43]. Jeigu nebus randama identiško analogo pagal vėdinimo įrenginio oro srautą $m^3/val.$, ir reikės nurodyti kainą ekonominiuose skaičiavimuose, bus išskaičiuota įrenginio kaina vienam $m^3/val.$, oro srauto ir tokiu būdu gaunami kiti reikalingi duomenys, kad įrenginiai būtų lyginami analogiškai. Vėdinimo įrenginių išskaidymas pagal oro srautą $m^3/val.$, – 1000, 2000, 3000, 5000, 7000, 10000, 20000, 50000. Šiems bazinio oro srauto įrenginiams bus pritaikoma kainos dedamoji vienam $m^3/val.$, iš kurio bus dauginamas esamos objekte vėdinimo sistemos našumas. Ši skaičių gauname vėdinimo įrenginio oro srauto našumą padalinę iš įrenginio kainos. Kaina bus priderinama prie to bazinio įrenginio, kurio oro srauto našumas labiausiai atitinka. Natūraliai našesnio įrenginio kaina vienam $m^3/val.$, bus žemesnė, tačiau bendra kaina vis vien išliks brangesnė. Pavyzdžiui vėdinimo įrenginio „Komfovent verso“, kurio našumas yra $1000 m^3/val.$, kaina yra 5590 eurų, o to paties modelio našesnio įrenginio, kurio oro srautas siekia $3000 m^3/val.$, kaina yra 11983 eurų [42]. Našesnis įrenginys yra brangesnis, tačiau kaina už $1 m^3/val.$, yra atitinkamai 5.59 ir 3.99 eurų. Jeigu objekte esantis įrenginys yra $2850 m^3/val.$, bus pritaikoma $3000 m^3/val.$, bazinio įrenginio kaina, pagal kurią bus atliekami ekonominiai skaičiavimai. Jeigu esamas vėdinimo įrenginys naudoja rotacinį rekuperatorių, naujo įrenginio parinkimas neprivalės remtis tokio pačio veikimo principo rekuperatoriumi. Pagrindinė sąlyga parenkant įrenginį, kad eksploataavimo būdas nesikeistų, atliekamos funkcijos išliktų, būtų pritaikytas efektyvesnis sprendinys.

Priede Nr. 2 matoma „Komfovent“ vėdinimo įrenginio techninė charakteristika [43]. Kaip ir buvo minėta anksčiau, remiantis tokio pobūdžio charakteristikomis, galima sudaryti bazinius vėdinimo įrenginių modelius, pagal kuriuos būtų vertinami objektuose esami vėdinimo įrenginiai. Reikalingos skaitinės reikšmės vėdinimo įrenginių pritaikomumui skaičiuoti:

- esamo vėdinimo įrenginio našumas, $m^3/val.$;
- naujai pritaikomo įrenginio rekuperatoriaus temperatūrinis efektyvumas, %;
- bazinių vėdinimo įrenginių kaina $1 m^3/val.$, oro srautui.

Ne visais atvejais gali būti naudinga keisti visą įrenginį, nes ir esama sistema nebūtinai yra neefektyvi, tačiau yra sukomplektuota su seno tipo ventiliatoriais, kuriuos gali užtekti pakeisti naujo – EC tipo varikliais ir sistema taptų efektyvi. Visiems tiriamiems objektams idealiai pritaikyti po unikalų ventiliatorių nepavyks, todėl remiantis „ebm-papst“ variklių gamintojo, kuris gamina EC tipo variklius dokumentacija ir elektroniniu variklių parinkimo katalogu „Farnell“ [41], bus parenkami baziniai varikliai. Priede Nr. 1 matoma variklio techninė dokumentacija, kuri buvo rasta „Farnell“ kataloge [41]. Skirtingų galingumų ventiliatoriai – 0.75, 1.9, 2.5, 5.5, 7.95 kW, bus naudojami kaip baziniai, pagal kuriuos bus derinami jau esamuose objektuose esantys ventiliatoriai. Tačiau ne pagal galią, o pagal vėdinimo įrenginio oro srauto našumą. Šie varikliai parduodami kaip ventiliatoriai, su sparnuotėmis, taip pat priede Nr. 1 galima matyti gamintojo pateikiamus oro srauto ir galios rodiklius. Ventiliatoriaus oro srautas bus dalinamas iš variklio galios, tokiu būdu bus gaunamas oro srautas tenkantis 1 kW variklio galios. Jeigu esamame objekte esantys ventiliatoriai generuoja $10000 m^3/val.$, oro srautą, ventiliatoriai bus parenkami pagal tą bazinį ventiliatorių iš katalogo, kuris yra arčiausiai šios reikšmės pagal techninę dokumentaciją. Pagal ankstesniame paveiksle pateiktą informaciją, ventiliatoriaus generuojamas oro srautas yra $22105 m^3/val.$, o galia 7,95 kW. Pagal šias reikšmes gaunamas $\sim 2780 m^3/val.$, oro srautas tenkantis 1 kW galios. Jeigu esamame objekte vėdinimo įrenginio našumas bus artimas šio ventiliatoriaus našumui ($22105 m^3/val.$), $\sim 2780 m^3/val.$, oro srautas tenkantis 1 kW, bus panaudojamas kaip daliklis esamos sistemos našumui padalinti ir bus gaunamas reikalingas naujo ventiliatoriaus galingumas, kW. Variklių kainas galima rasti anksčiau minėtame „Farnell“ kataloge. Variklio kainą padalinus iš variklio galios, gaunama variklio kaina 1 kW, kuri taip pat bus naudojama skaičiavimams naujai pritaikomam varikliui. Reikalingos skaitinės reikšmės vėdinimo įrenginių variklių pritaikomumui skaičiuoti:

- esamo vėdinimo įrenginio našumas, $m^3/val.$;
- bazinių variklių oro srautas $m^3/val.$, 1 kW galiai;
- bazinių variklių kaina, Eur, 1 kW galiai.

Šalčio mašinoms oras – oras, oras – vanduo ir oro kondicionavimo sistemoms vertinti, bus sudaromi analogiški baziniai modeliai. Oras – oras šalčio mašinoms vertinti, parinktas vidutinės 40 kW vėsinimo galios, „inverter“ tipo „Alpicair VRF5E“ įrenginys [44]. Oras – vanduo šalčio mašinoms

vertinti parinkti 6 baziniai „CIAT“ gamintojo modeliai, kadangi šio veikimo principo įrenginių galios objektuose gali būti labai skirtingos, todėl šių įrenginių baziniai modeliai išskirstomi šiomis pakopomis – 40, 51, 67, 87, 114, 156 kW vėsinimo galios. Šie baziniai modeliai yra „CIAT“ gamintojo pateiktame kataloge, yra modernaus „inverter“ tipo, kurie yra efektyvesni už seno „On / Off“ tipo įrenginius [45]. Oro kondicionavimo sistemos dažniausiai būna panašios ir nedidelės galios, kaip ir oras – oras šalčio mašinos, todėl bus pritaikytas vienas bazinis modelis – „Cooper&Hunter“ „inverter“ tipo oro kondicionierius, 5.3 kW vėsinimo galios [46]. Reikalingos skaitinės reikšmės šalčio mašinų ir oro kondicionavimo įrenginių pritaikomumui skaičiuoti:

- esamo įrenginio vėsinimo galia, kW;
- esamo įrenginio efektyvumas, EER;
- bazinių įrenginių kaina, Eur, 1 kW vėsinimo galiai;
- bazinių įrenginių efektyvumas, EER.

2.1.3. Mikroklimatą užtikrinančių sistemų vertinimas

Jeigu senam elektros varikliui bus taikoma EC variklio keitimo priemonė, norint įvertinti energijos sutaupymo potencialą, bus naudojami ne variklių efektyvumo rodikliai, o galia, kW. Pagrindinė to priežastis yra integruotas dažnio keitiklis EC variklio korpuse, todėl įrenginio charakteristikose iš karto žymimas galutinis įrenginio energijos suvartojimas, o ne perduodama galia. Taip pat prie asinchroninio variklio galios turi būti pridėta dažnio keitiklio energijos suvartojimo dedamoji, nes tai yra privalomas komponentas sistemoje, norint reguliuoti vėdinimo sistemos darbo našumą, švelnų sistemos paleidimą. EC varikliuose dažnio keitiklis yra integruotas, todėl jo dedamoji nėra skaičiuojama, variklio galia yra pateikiama jau susumuota. Šaltinio duomenimis, vidutiniškai dažnio keitiklių efektyvumas siekia 90 % [40]. Todėl apskaičiuojant pilną asinchroninio elektros variklio sunaudojamą energiją turi būti pridėta dažnio keitiklio dedamoji. Asinchroninio elektros variklio naudingos sunaudojamos energijos galia, kW (P_{asynch}):

$$P_{asynch} = \frac{P_{motor}}{\eta_{motor} \cdot \eta_{VFD}}; \quad (1)$$

P_{motor} – variklio galia, kW;

η_{motor} – variklio efektyvumas, %;

η_{VFD} – dažnio keitiklio efektyvumo dedamoji, %.

Siekiant parinkti tinkamą EC variklį objekte esančiam analogui, neužtenka prilyginti variklių galingumų ir naudoti tik efektyvumo dedamąją naudos skaičiavimui. Kadangi kaip ir minėta anksčiau, EC ir asinchroninių variklių veikimo principai yra labai skirtingi, todėl bus parenkamas variklis pagal nominalų oro srautą m³/h, „Farnell“ tinklalapio kataloge [41]. Neradus pilnai

atitinkančio variklio, bus išvedamas oro srauto atitikmuo 1 kW galios varikliui ir tuomet ši reikšmė sudauginama iki reikiamo oro srauto rodiklio. Tokiu būdu bus apskaičiuojama tikroji EC variklio nauda, nes šios konstrukcijos variklis gali pasiekti tokį patį oro srautą su ženkiai mažesne bendrąją variklio galia, lyginant su asinchroniniais varikliais. Parinkus atitinkamą EC variklį, bus skaičiuojamas naujo variklio energijos sutaupymo potencialas ($PT_{new\ motor}$), %:

$$PT_{new\ motor} = \left(1 - \frac{P_{EC}}{P_{asynch}}\right) \cdot 100; \quad (2)$$

P_{EC} – EC variklio galia, kW.

Elektros variklio metinis energijos suvartojimas ($E_{motor\ annual}$), kWh apskaičiuojamas:

$$E_{motor\ annual} = \frac{P_{motor}}{\eta_{motor}} \cdot HPY \cdot 2; \quad (3)$$

HPY – įrenginio darbo valandos per metus, val.

Atliekama daugyba iš 2, kadangi vėdinimo įrenginiuose visuomet įrengti 2 varikliai.

EC tipo varikliams (1) formulė nėra visiškai tinkama, nes gamintojas pateikia ne tik variklio galią dokumentacijoje, o bendrą elektros energijos suvartojimą, į kurį įeina ir elektronika. Todėl variklio efektyvumo dedamosios formulėje tiesiog nebus. Elektros variklio sunaudojamos energijos kaina per metus ($c_{motor\ annual}$), Eur, apskaičiuojama:

$$c_{motor\ annual} = E_{motor\ annual} \cdot p_{electricity}; \quad (4)$$

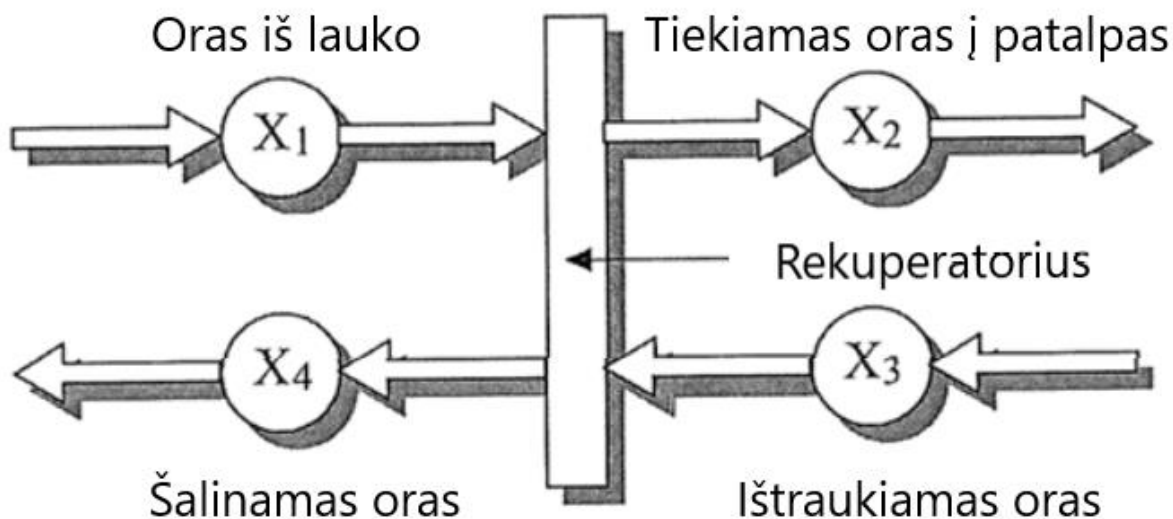
$p_{electricity}$ – elektros kaina, Eur.

Vėdinimo įrenginys gali taupyti daugiau energijos ne tik keičiant ventiliatorių variklius į efektyvesnius. Daug naudos suteikia aukšto efektyvumo rekuperatoriai. Vartojant šią sąvoką, turima omenyje viduje vėdinimo įrenginio esančią rekuperacinę sistemą, kuri grąžina ištraukiamo iš patalpų oro šilumą arba vėsumą (vasarą) tiekiamam šviežiam lauko orui. Apskaičiuoti efektyvesnės rekuperacinės sistemos energijos sutaupymo potencialą ($PT_{new\ rec}$) galima šia formule:

$$PT_{new\ rec} = \left(1 - \frac{\text{Senos rekuperacijos efektyvumas, \%}}{\text{Naujos rekuperacijos efektyvumas, \%}}\right) \cdot 100\%; \quad (5)$$

Vėdinimo įrenginio rekuperatoriai, ar tai būtų plokšteliniai, ar rotaciniai, su laiku praranda savo efektyvumo savybes dėl užsiteršimo, taip pat šilumokaicio plokštelės pradeda prarasti savo šilumos

perdavimo savybes ir bendrasis efektyvumas krinta. Todėl tinkama įrenginių profilaktinė priežiūra yra ne ką mažiau svarbi, negu kokybiškas vėdinimo įrenginys. 2.2 paveiksle parodyti rekuperatorių kertantys oro srautai, kurie sužymėti atitinkamai X1, X2, X3, X4.



2.2 pav. Rotacinio rekuperatoriaus oro srautų schema [10]

Siekiant išgauti kuo realesnį rezultatą, bus skaičiuojamas realus vėdinimo įrenginio rekuperatoriaus temperatūrinis efektyvumas, nustatant vienodus ventiliatorių srautus ir apskaičiuojant efektyvumą (η_{rec}) šia formule [10]:

$$\eta_{rec} = \frac{S_1(X_1 - X_2)}{S_2(X_1 - X_3)}; \quad (6)$$

S_1, S_2 – tiekiamo, šalinamo oro srauto kiekis $m^3/val.$;

X_1, X_2, X_3 – oro srauto temperatūros reikšmė $^{\circ}C$.

Skaičiavimai bus atliekami remiantis realiomis temperatūromis, 2.2 paveiksle pateiktuose matavimo taškuose, prieš ir po rekuperatoriaus. Jeigu vėdinimo įrenginys savo automatikoje turi užtektiną kiekį temperatūros jutiklių, kurie yra išdėstyti taip kaip pateikta 2.2 pav., tuomet bus skaičiuojami automatikos atvaizduojami duomenys. Jeigu jutiklių tose vietose nėra, arba nepakankamas kiekis, bus atliekamas realus temperatūros matavimas. Plokštelinio rekuperatoriaus atveju matavimo taškai susikeičia, nes judantis oro srautas taip pat keičia judėjimo kryptį ventkameroje.

Metinis šildymo energijos suvartojimas ($E_{heat\ annual}$), kWh apskaičiuojamas:

$$E_{heat\ annual} = P_{heater} \cdot HPY \cdot h_{demand}; \quad (7)$$

P_{heater} – šildytuvo galia, kW;

HPY – valandos per metus, val;

h_{demand} – poreikis šildymui, %.

Metinis šildymo energijos suvartojimo sutaupymas ($E_{heating\ save}$), kWh apskaičiuojamas:

$$E_{heating\ save} = H_{consumption} \cdot PT_{new\ rec}; \quad (8)$$

$H_{consumption}$ – metinis šildymo energijos suvartojimas, kWh.

Metinis vėsinimo energijos suvartojimas ($E_{cool\ annual}$), kWh apskaičiuojamas:

$$E_{cool\ annual} = E_{AC} \cdot C_{demand}; \quad (9)$$

E_{AC} – oro kondicionavimo įrangos naudingos energijos suvartojimas, kWh;

C_{demand} – poreikis šaldymui, %.

Naujo vėsinimo įrenginio energijos sutaupymo potencialas ($PT_{new\ cooler}$), % apskaičiuojamas:

$$PT_{new\ cooler} = \left(\frac{Seno\ įrenginio\ efektyvumas,\ \%}{Naujo\ įrenginio\ efektyvumas,\ \%} \right) \cdot 100\%; \quad (10)$$

Metinis šaldymo energijos suvartojimo sutaupymas ($E_{cooling\ save}$), kWh apskaičiuojamas:

$$E_{cooling\ save} = C_{consumption} \cdot PT_{new\ cooler} \cdot PT_{new\ rec}; \quad (11)$$

$C_{consumption}$ – esamas šaldymo energijos suvartojimas pagal poreikį, kWh.

Naujas vėsinimo įrenginys bus parenkamas pagal šiuo metu esantį šaldymo įrenginio tipą. Jeigu dabartinis įrenginys yra oras – oras tipo, tuomet bus parenkamas tokio pačio tipo įrenginys. Jeigu yra oras – vanduo, tuomet analogiškas bus naujai pritaikomas įrenginys. Tačiau esminis skirtumas yra naujo įrenginio efektyvumas, kuris ir generuoja pridėtinę vertę.

Tiriamuose objektuose esantys įrenginiai bus įvertinti pagal jų techninę dokumentaciją, tokiu būdu pateikiant pagrindines jų charakteristikas. Kalbant apie vėsinimo įrenginius, pagrindiniai parametrai bus šie: elektrinė galia, vėsinimo galia, efektyvumas EER (angl. *Energy efficiency ratio*), sistemos veikimo principas „On / Off“ ar „inverter“. Jeigu vėsinimo įrenginys yra „inverter“ tipo, tuomet bus pritaikomi energijos taupymo koeficientai prie tam tikro įrenginio galios poreikio. Atliktame eksperimentiniame tyrime, kuriame buvo testuojami „On / Off“ ir „inverter“ tipo įrenginiai, yra

grafiškai pavaizduotos veikiančių įrenginių efektyvumo ribos skirtingų įrenginių atžvilgiu [39]. Skaičiuojant „inverter“ tipo įrenginio naudingumą ir remiantis šiais duomenimis, bus pritaikyti energijos sutaupymo koeficientai prie atitinkamų įrenginio našumo reikšmių. Tokiu būdu bus apskaičiuojamas realesnis „inverter“ tipo įrenginių efektyvumas, kadangi gamintojų deklaruojamos ESEER (angl. *European seasonal energy efficiency ratio*) reikšmės gali parodyti net ir du ar tris kartus efektyvesnį įrenginį už „On / Off“, nors realybėje ir moksliniuose tyrimuose tokio ženklaus skirtumo nėra. Naujo vėsinimo įrenginio metinis energijos suvartojimas bus apskaičiuojamas taip pat kaip ir jau esamo įrenginio, palyginant metinį naujo ir senojo įrenginio energijos suvartojimą, bus gaunamas energijos sutaupymo potencialas išreikštas %.

Rekuperatoriaus energijos nuostoliai ($E_{rec\ loss}$):

$$E_{rec\ loss} = E_{heat\ annual} \cdot (1 - \eta_{rec}); \quad (12)$$

Vasaros metu, kuomet dideliu našumu veikia vėsinimo sistemos, geresnį energijos efektyvumą galima pasiekti ne tik tobulinant vėdinimo sistemų veikimą, kuomet šaldymo energija realizuojama vėdinimo metu, bet ir peržvelgiant šaldymo mašinų galimus patobulinimus, kurių veikimo technologijos jau gali būti pasenusios ir priverčiančios švaistyti elektros energiją šaltnešio gamybai. Šilumos siurblių efektyvumas paprastai apibrėžiamas COP (angl. *Coefficient Of Performance*) indeksu [7]:

$$COP = \frac{Q}{W}; \quad (13)$$

Q – tai visos perduodamos arba pašalinamos šilumos galios rodiklis,

W – reikalinga elektros galia perduodamos arba pašalinamos šilumos galiai pasiekti.

COP koeficientu išreiškiamas šilumos siurblio efektyvumo koeficientas, kadangi negalima teigti, jog šių sistemų efektyvumas siekia pavyzdžiui 300 %. Tai yra dėl to, kad vandens ar oro energija nėra skaičiuojama. Tik reikalinga funkcionavimui elektros energija ir šilumos siurblio suformuojama šiluminė / šaldymo energija. Seno tipo šilumos siurbliai / šaldymo mašinos naudoja „On / Off“ (įjungimas / išjungimas) tipo valdymo sistemas, kurios veikia tik 100 % našumu, kai pasiekiamas atitinkamas norimas darbo taškas, sistema atjungiamas. Naujo tipo sistemos susideda iš valdymo grandinės su dažnio keitikliais, kurie reguliuoja kompresorių, kondensatoriaus ventiliatorių darbo našumo lygį pagal poreikį, tokiu būdu taupoma elektros energija ir didinamas COP rodiklis. Siekiant išskirti būtent šaldymo energijos rodiklį, dažniausiai naudojamas EER, tačiau skaičiavimo metodika yra sutampanti su COP, tik vietoje šildymo energijos skaičiuojama šaldymo energija.

Oro kondicionavimo įrangos naudingos energijos suvartojimo (E_{AC}) formulė, kWh [33]:

$$E_{AC} = \frac{UC}{EER} \cdot OT; \quad (14)$$

UC – įrenginio vėsinimo galia, kW;

EER – energijos efektyvumo koeficientas;

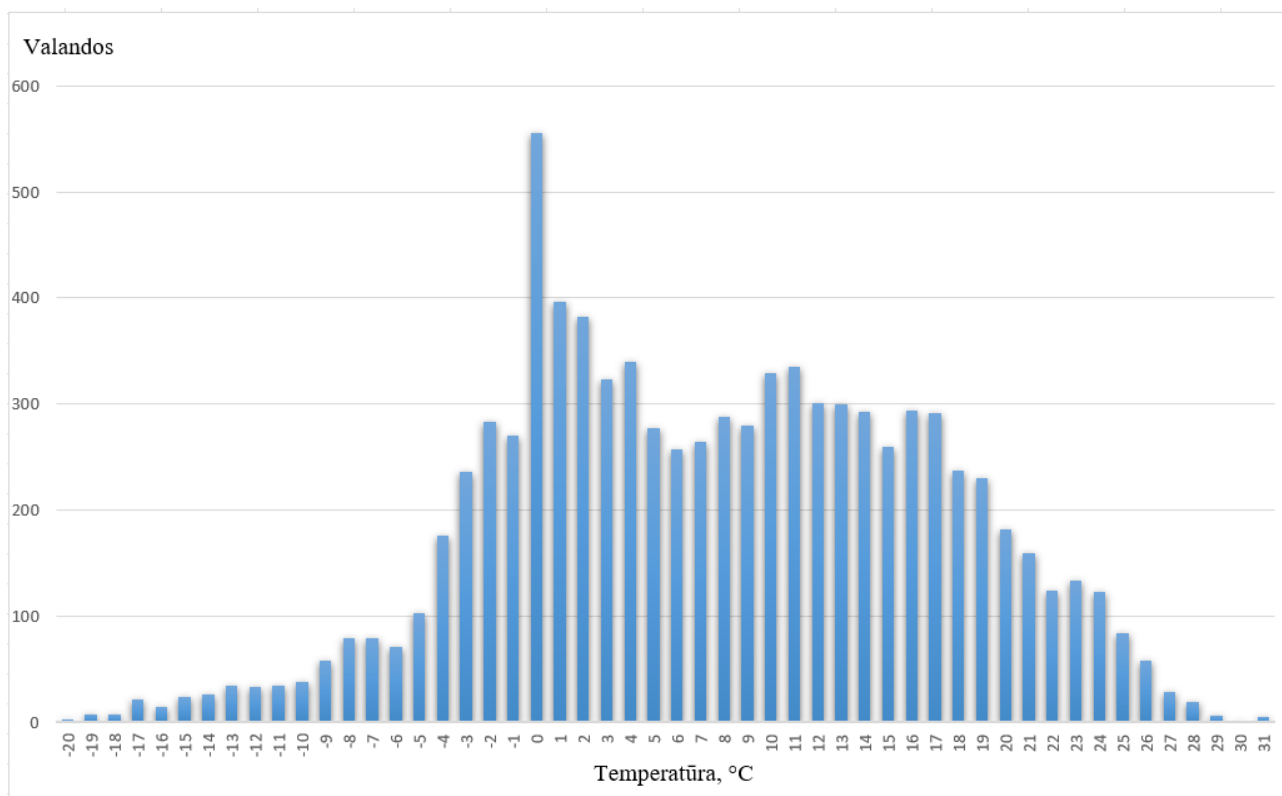
OT – veikimo laikas, val.

2.1.4. Pastato inžinerinių sistemų energetinių sąnaudų skaičiavimas

Pastato energinis poreikis yra dinamiškas rodiklis, kuris kinta skirtingu metų laiku, netgi skirtingomis valandomis paroje. Todėl projektavimo etape būtina tinkamai įvertinti, kokiomis sąlygomis inžinerinės sistemos privalės dirbti. Taip pat reikalinga žinoti, kokios veikimo sąlygos yra ribinės, o kokios yra normalaus darbo sąlygos. Projektuojant inžinerines sistemas, įranga yra parenkama su galios rezervu, užtikrinant jog kritinėmis sąlygomis įranga dar pajėgs palaikyti reikiamą užduotį. Kalbant apie pastatų mikroklimatą užtikrinančias sistemas, šio tipo įrangos skaičiuojamos įvertinant pastato šiluminę varžą, paskirtį, tūrį, tačiau ne mažiau svarbus ir lauko oro temperatūrų diapazonas, kuriame šios sistemos palaiko reikiamą temperatūrą.

Šiame darbe bus analizuojamos vėdinimo, vėsinimo, šildymo sistemos ir jų galios poreikis priklausomai nuo lauko oro temperatūros. Bus daroma prielaida, kaip ir praktikoje vykdomu projektavimo etapu, jog remiantis Lietuvos klimato sąlygomis, kritinėmis lauko oro temperatūromis laikomos nuo -25°C ir mažiau, taip pat 35°C ir daugiau. Esant tokioms kritinėms lauko oro temperatūroms, pastatų inžinerinėms sistemoms būna didelis iššūkis, kadangi poreikis darbui tuo metu būna arti maksimalios suprojektuotos galios, o senesnės statybos objektuose, su senomis inžinerinėmis sistemomis poreikis kaip taisyklė siekia 100 % ir užduoties nepavyksta pasiekti, kadangi anksčiau vėsinimo sistemos nebūdavo projektuojamos iki 35°C kaip dabar. Taip pat ir patys inžineriniai įrenginiai profilaktiškai nėra keičiami, kai kurie yra ir daugiau kaip 20 metų senumo. Todėl natūraliai pasiekti suprojektuotos galios neišeina, o energetinių resursų reikalaujama dar daugiau, negu tuo metu, kai įrenginys buvo naujas.

2.3 paveiksle matomas atitinkamos lauko oro temperatūros būvimo valandų skaičius metuose, Lietuvoje. Šiame paveiksle pateikti 2019 metų Lietuvos lauko oro temperatūros duomenys, kurie yra suskirstyti pagal temperatūrą ir pavaizduoti, kiek valandų atitinkama temperatūra vyravo Lietuvoje. 2019 metais Lietuvoje, lauko oro temperatūros diapazonas buvo nuo -20°C iki 31°C [9]. Vietomis lauko oro temperatūros rodmenys galėjo viršyti pateiktas temperatūros ribas, tačiau šie skaičiai yra visos šalies teritorijos išraiška, o ne pavienio geografinio taško atvaizdavimas.



2.3 pav. 2019 m. Lietuvos oro temperatūra suskirstyta valandomis [9]

Remiantis šiais temperatūros rodmenų duomenimis bus sudaromas inžinerinių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių poreikis metuose, atitinkamam objektui. Žinant įrenginių galingumus, bus daroma prielaida jog maksimaliu našumu sistemos veikia prie kritinių temperatūrų (-25°C - 35°C), kitų temperatūrų atžvilgiu bus išskaičiuota procentinė našumo išraiška. Našumas vėsinimo sistemoms skaičiuojamas nuo 18°C, kadangi žemesnėse lauko oro temperatūros ribose, vėdinimo sistemos tinkamai atvėsina patalpas vien lauko oru, tačiau kai temperatūra lauke yra virš 17°C, tuomet papildomi patalpose esantys šilumos šaltiniai, tarp kurių yra žmonės, parduotuvėse ir šaldytuvai, kurie į aplinką spinduliuoja šiluminę energiją, šviestuvai, gali peršildyti patalpas ir atsiranda vėsinimo poreikis, kuris išskaičiuojamas:

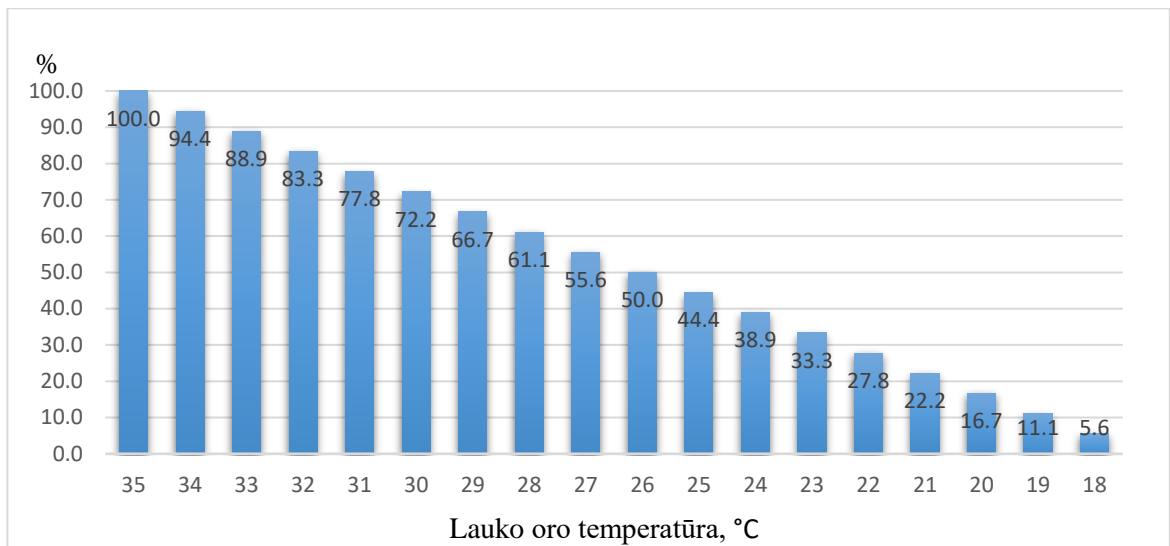
$$D_{heating/cooling} = \frac{(t_1 - t_2) \cdot 100}{t_1}; \quad (15)$$

$D_{heating/cooling}$ – šildymo/šaldymo poreikis, koef;

t_1 – temperatūros diapazono reikšmių suma;

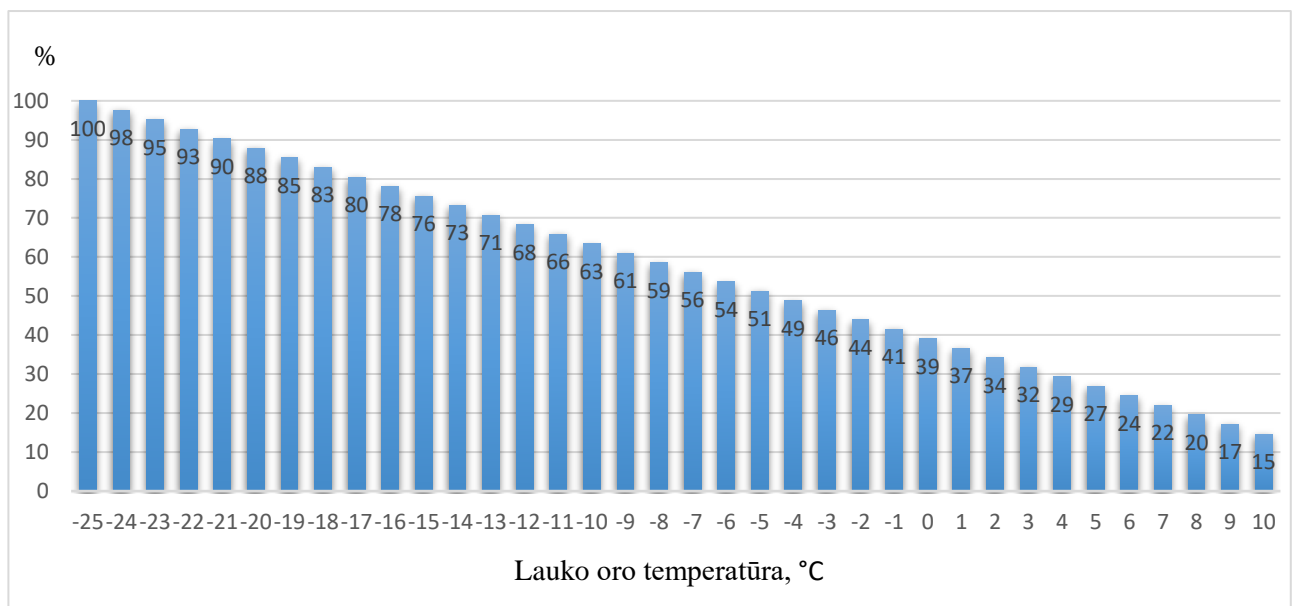
t_2 – temperatūros reikšmė diapazone.

Skaičiuojant vėsinimo poreikį, formulėje (15) t_1 – yra lygus 18, kadangi vėsinimui skaičiuojamas poreikis yra temperatūrų ribose nuo 18°C iki 35°C, t_2 yra skaičius nuo 1 iki 18, siekiant išskaičiuoti procentinę išraišką. 2.4 paveiksle atvaizduota procentinė poreikio išraiška.



2.4 pav. Vėsinimo poreikis patalpose pagal lauko oro temperatūrą

Lietuvoje teisės aktais nustatyta, kad šildymo sezoną galima baigti, kai tris paras iš eilės vidutinė lauko oro temperatūra yra aukštesnė už 10° C. Todėl šiame darbe pastato šildymo poreikis bus skaičiuojamas iki 10° C, pereinamasis laikotarpis nebus vertinamas, nors ir poreikis šildymui yra.



2.5 pav. Šildymo poreikis patalpose pagal lauko oro temperatūrą

2.5 paveiksle matomas šildymo poreikio grafikas, kuris apskaičiuotas tokiu pačiu metodu kaip ir vėsinimo grafikas. Skaičiavimas atliktas darant prielaidą, jog pastatui reikalingas šildymas iki 15° C, nes net ir šildymo sezonui pasibaigus, poreikis šildymui egzistuoja ir negali atsirasti tik nuo 10° C. Tačiau šiame darbe mikroklimatą užtikrinančių įrenginių šildymo sąnaudos bus skaičiuojamos iki 10° C, dėl šildymo sezono pabaigos.

Pastato mikroklimatą užtikrinančio įrenginio sunaudojamas naudingas energijos kiekis (EN_{useful}), kWh, bus apskaičiuojamas pagal šią formulę:

$$EN_{useful} = \frac{HPY \cdot P \cdot A_p}{\eta_0}; \quad (16)$$

HPY – įrenginio darbo valandos per metus, val.;

P – įrenginio galia, kW;

A_p – vidutinė įrenginio darbinė galia metuose, koeficientas (išskaičiuojama pagal lauko oro temperatūrą metuose ir galios poreikį);

η_0 – įrenginio efektyvumo koeficientas.

2.1.5. Mikroklimatą užtikrinančių įrenginių ekonominės naudos vertinimo metodika

Atliekant energijos taupymo priemonių ekonominių vertinimą, reikalinga įvertinti kokius kaštus kiekviena priemonė formuoja. Todėl priemonės bus išskaidomos į vėdinimo įrenginio variklių modernizavimą, vėdinimo įrenginių keitimą, vėsinimo įrenginių keitimą. Vėdinimo įrenginio variklių modernizavimo ekonominei daliai apskaičiuoti, bus reikalingi šie duomenys:

- objekto numeris;
- eksploatavimo terminas, metai;
- naujos įrangos įsigijimo kaštai, Eur;
- naujos sistemos įrengimo kaštai, Eur;
- senos/naujos įrangos suvartojamas elektros energijos kiekis per metus, kWh;
- elektros energijos kaina, Eur;
- naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- diskonto norma;
- diskontuotas naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- sukauptas diskontuotas naujos įrangos sutaupymas, Eur.

Vėdinimo įrenginio keitimo ekonominei daliai apskaičiuoti, bus reikalingi šie duomenys:

- objekto numeris;
- eksploatavimo terminas, metai;
- naujos įrangos įsigijimo kaštai, Eur;
- naujos sistemos įrengimo kaštai, Eur;
- naujos įrangos sutaupomas elektros energijos kiekis per metus, kWh;
- naujos įrangos sutaupomas šiluminės energijos kiekis per metus, kWh;
- elektros energijos kaina, Eur;

- šiluminės energijos kaina, Eur;
- naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- diskonto norma;
- diskontuotas naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- sukauptas naujos įrangos sutaupymas, Eur.

Vėsinimo įrenginio keitimo ekonominei daliai apskaičiuoti, bus reikalingi šie duomenys:

- objekto numeris;
- eksploatavimo terminas, metai;
- naujos įrangos įsigijimo kaštai, Eur;
- naujos sistemos įrengimo kaštai, Eur;
- naujos įrangos sutaupomas elektros energijos kiekis per metus, kWh;
- elektros energijos kaina, Eur;
- naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- diskonto norma;
- diskontuotas naujos įrangos sutaupymas per metus, Eur;
- sukauptas diskontuotas naujos įrangos sutaupymas, Eur.

Tiriamo objekto kaštai nustatomi įvertinant kiekvienos sistemos modernizavimo galimybes ir reikalingas investicijas. Jei nagrinėjamos sistemos technologiniai mazgai efektyvūs, tokiu atveju bus taikomas naujesnio įrenginio su geresnėmis techninėmis charakteristikomis atvejis ir vertinamas naujos sistemos diegimas. Jeigu esami įrenginiai yra panašaus našumo ir efektyvumo kaip ir kiti rinkoje esantys įrenginiai, tuomet bus konstatuojama, jog šiame objekte pakeitimų atliekama nebus ir ekonominė nauda nevertinama.

Keičiant šalčio mašiną arba vėdinimo įrenginį, traktuojama, jog kitos inžinerinės sistemos, tokios kaip vamzdynas, išvedžioti ortakiai lieka tie patys. Todėl vertinami naujo įrenginio įsigijimo ir montavimo kaštai. Taip pat reikia įvertinti priemonių gyvavimo trukmę – n , išreikštą metais. Sistemos įsigijimą ir integravimą traktuojama kaip investicijas – K_0 . Priemonių piniginis sutaupymas t – uoju laikotarpiu – CF_t gali būti teigiamas arba neigiamas. Skaičiavimui naudojama diskonto norma – i , pasirinkta remiantis siūloma diskonto norma mažmeninei prekybai – 6,02 [48].

Priemonių finansiniam efektyvumui vertinti naudojamas grynosios dabartinės vertės rodiklis – GDV, kuris parodo ar pasirinkta priemonė teikia finansinę naudą [9]:

$$GDV = CF_0 + \frac{CF_1}{(1+i)^1} + \frac{CF_2}{(1+i)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1+i)^n} - K_0; \quad (17)$$

Kiekvienai pasirinktai energijos efektyvumo didinimo priemonei skaičiuojama vidinė gražos norma – IRR [8]:

$$CF_0 + \frac{CF_1}{(1 + IRR)^1} + \frac{CF_2}{(1 + IRR)^2} + \dots + \frac{CF_n}{(1 + IRR)^n} - K_0 = 0; \quad (18)$$

Elektros energijos dabartinei kainai nustatyti, bus remiamasi oficialiosios statistikos portalu [49], kuriame rastos elektros energijos kainos ne namų ūkių vartotojams, suskirstytos pagal metinio suvartojimo kiekį ir kainą su mokesčiais. Mažmeninės prekybos objektams parinktas 0,169 Eur, už 1 kWh elektros energijos kainos tarifas su mokesčiais ir rinkliavomis. Skaičiuojant ekonominę dalį, bus nevertinamas 21 % PVM mokesčio tarifas, todėl galutinė kaina bus 0,134 Eur. Siekiant įvertinti sunaudojamą šiluminę centralizuoto šildymo energiją, skaičiavimams parinktas 0,0828 Eur šiluminės energijos kainos tarifas už 1 kWh [51]. Skaičiuojant ekonominę dalį, bus nevertinamas 21 % PVM mokesčio tarifas, todėl galutinė kaina bus 0,0654 Eur.

Vertinant investicijas, reikalingas atitinkamų įrenginių gyvavimo laikas, per kurį skaičiuojamas ekonominio atsipirkimo procesas. Vertinant elektros variklių (ventiliatorių) integravimą į vėdinimo sistemas, bus pritaikytas įrangos 7 metų eksploatacinis laikotarpis. Gamintojas „ebm-papst“ teigia, jog šių ventiliatorių guoliai turi atlaikyti 40 tūkstančių valandų darbo pilna apkrova, be gedimo [52]. Vėdinimo įrenginiai parduotuvėse veikia 16 valandų per parą, nuo 6 valandų ryto iki 22 valandos vakaro, todėl yra numatomas 7 metų investicinis laikotarpis ekonominiams skaičiavimams. Viso vėdinimo įrenginio keitimo skaičiavimui, pasirinktas 20 metų investicinis laikotarpis, kuris apibrėžiamas straipsniuose, tačiau praktikoje dažnu atveju šis terminas gali būti ženkliai ilgesnis ir ženkliai trumpesnis, priklausomai nuo vėdinimo įrenginio kokybės, bet skaičiavimui šis terminas yra tinkamas apibrėžiant vidutinišką gyvavimo trukmę [53]. Remiantis šaldymo, oro kondicionavimo gamintojo „Johnson Controls“ duomenimis, vidutiniškas šaldymo mašinų gyvavimo laikas yra 15 – 20 metų [54]. Kadangi Lietuvoje vasariški orai per metus tęsiasi neilgai, šalčio mašinų veikimas pastatams aušinti dažniausiai netrunka ir pusę metų, todėl įrenginių tarnavimo laikas natūraliai ilgesnis, tuo pačiu ir investicijos atsipirkimas yra lėtesnis dėl mažesnio veikimo laiko, todėl Lietuvoje ši įranga yra retai keičiama ir tarnauja ilgai, jeigu reikia yra remontuojama. Todėl ekonominiams skaičiavimams pasirinktas 20 metų investicinis laikotarpis. Kalbant apie oro kondicionavimo įrenginius, šio tipo prietaisams bus pritaikytas 15 metų investicinis laikotarpis, kadangi tai yra mažiau patikimi įrenginiai, lyginant su labiau į pramonę orientuotomis šalčio mašinomis [55].

Atlikus esamų parduotuvių skaičiavimus ir gavus energinius ir ekonominius rezultatus, bus siekiama juos palyginti Lietuvos mastu. Iš sunaudojamų šiluminės ir elektrinės galios rodiklių, bus išvedami

vidurkiai vienam objektui, kurie bus sudauginti iš viso objektų skaičiaus šalyje, 793 parduotuvių. Šie duomenys padės išsiaiškinti:

- sunaudojamą elektros ir šiluminės energijos kiekį mikroklimatą užtikrinantiems įrenginiams parduotuvėse;
- mikroklimatą užtikrinančių sistemų elektros ir šiluminės energijos kaštus;
- galimus sutaupyti šiluminės ir elektros energijos kiekius, pritaikant naujus įrenginius;

3. Tiriamoji dalis

3.1. Lietuvos maisto parduotuvių mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinio ir ekonominio naudingumo tyrimas

3.1.1. Išanalizuoti realių objektų duomenys ir atlikti skaičiavimai

Siekiant įgyvendinti šio tyrimo užsibrėžtus tikslus, buvo surinkta informacija apie mikroklimatą užtikrinančias sistemas tiriamuosiuose objektuose. Kaip ir buvo minėta anksčiau, bendras panašių objektų kiekis Lietuvoje siekia 793 objektus. Šiame tyrime išanalizuoti 13 realių objektų. Bendra informacija apie objektus pateikiama žemiau esančiose lentelėse.

2 lentelė. Vėdinimo įrenginių charakteristika parduotuvėse

Objekto Nr.	Įrenginys	Oro kiekis, m ³ /val.	Rekuperatorius
1	Komfovent Verso	2500	Rotacinis
2	Komfovent Rego Komfovent Rego	20200 5850	Rotacinis Rotacinis
3	ABB EUGB ABB EUGB	54500 54500	Atskirų srautų Atskirų srautų
4	VTS VVS120	12000	Rotacinis
5	Komfovent Kompakt	2000	Rotacinis
6	Komfovent Verso	6000	Rotacinis
7	Komfovent Rego	7000	Rotacinis
8	VTS	20000	Plokštelinis
9	Komfovent Verso	12000	Rotacinis
10	Komfovent Verso	22000	Rotacinis
11	Komfovent Verso	28000	Rotacinis
12	Komfovent Rego	2000	Rotacinis
13	Komfovent Verso	8000	Rotacinis

Apžvelgiant 2 ir 3 lentelėse pateiktus duomenis, įrenginių kategorijoje daugiausiai nustatyta „Komfovent“ gamintojo sistemų. Vėdinimo sistemų oro srautų kiekiai yra labai skirtingi, kurie svyruoja nuo 2000 iki 54500 m³/val. Tai parodo, jog parduotuvės yra skirtingų dydžių. Tyrime apžvelgiamos didžiųjų ir mažųjų parduotuvių įrenginių sistemos, siekiant ištirtų objektų skirtingumu priartėti prie Lietuvos maisto parduotuvių dydžių vidurkio, kuomet daugiau yra mažųjų, o ne didžiųjų parduotuvių. Apžvelgiant tik mažąsias arba tik didžiąsias, būtų sudėtinga vertinti šalies mastu. Dažniausiai nustatytas nagrinėjamų vėdinimo sistemų rekuperatorių tipas yra rotacinis, pavieniai objektai turi ir atskirų oro srautų bei plokštelinį šilumokaičius. Visų įrenginių šildytuvo tipas yra vandeninis, o šiluma tiekama iš centralizuotų šilumos tinklų. Nei viename iš nagrinėjamų objektų šiluma nebuvo gaminama vietoje.

3 lentelė. Vėdinimo įrenginių charakteristika parduotuvėse

Objekto Nr.	Šildytuvo tipas, galia, kW		Vėsinimo tipas, galia, kW		Ventiliatorių galia, kW, efektyvumo klasė, tipas		
	1	Vandeninis	22	Tiesioginio išgarinimo	14	1	IE4
2	Vandeninis	138	Vandeninis	104	7.5	IE2	Asinchroninis
	Vandeninis	36	Vandeninis	28	3	IE2	Asinchroninis
3	Vandeninis	350	Vandeninis	310	22	IE1	Asinchroninis
	Vandeninis	350	Vandeninis	310	22	IE1	Asinchroninis
4	Vandeninis	140	Tiesioginio išgarinimo	90	4	IE2	Asinchroninis
5	Vandeninis	17	-	-	0.75	IE4	EC
6	Vandeninis	35	Tiesioginio išgarinimo	29	3	IE1	Asinchroninis
7	Vandeninis	42	Tiesioginio išgarinimo	34	3	IE2	Asinchroninis
8	Vandeninis	130	Tiesioginio išgarinimo	100	7.5	IE1	Asinchroninis
9	Vandeninis	80	Tiesioginio išgarinimo	60	5.5	IE2	Asinchroninis
10	Vandeninis	145	Vandeninis	110	7.5	IE1	Asinchroninis
11	Vandeninis	151	Vandeninis	182	11	IE1	Asinchroninis
12	Vandeninis	17	Vandeninis	-	0.75	IE4	EC
13	Vandeninis	65	Tiesioginio išgarinimo	50	4	IE1	Asinchroninis

Vėdinimo įrenginių šaldymo sekcijose, tarp nagrinėjamų objektų, tolygiai pasiskirsto tiesioginio išgarinimo ir vandeniniai vėsinimo tipai. Dviejuose įrenginiuose vėsinimo įrangos nebuvo visai, tai kompensuojant parduotuvės salėse įrengtos oro kondicionavimo sistemos. Šiame tyrime bus skaičiuojamas ekonominis asinchroninių ventiliatorių variklių modernizavimas į EC tipo variklius. 3 lentelėje matoma, jog 3 vėdinimo įrenginiai šią technologiją jau turi.

4 lentelė. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių duomenys parduotuvėse

Objekto Nr.	Įrenginys	Įrenginio tipas, modelis	Elektrinė galia, kW	Vėsinimo galia, kW	EER	Veikimo principas
1	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-48 HN1-R	4.83	14	2.90	ON / OFF
2	Šalčio mašina	Oras - Vanduo, LCE174CSG, Galetti	63.5	162	2.55	INVERTER
3	Šalčio mašina	Oras - Vanduo, Clint	152.6	408	2.67	INVERTER
	Šalčio mašina	Oras - Vanduo, York	180	400	2.22	ON / OFF
4	Šalčio mašina	Oras - Oras, Alpicair AOU-280VRDC3B	9.2	28	3.04	INVERTER
	Šalčio mašina	Oras - Oras, Alpicair AOU-615VRDC3B	25.63	61.5	2.40	INVERTER
5	Oro kondicionierius	Oras - Oras, ASFU-36A	3.6	9.8	2.72	ON / OFF
	Oro kondicionierius	Oras - Oras, ASFU-24A	2.61	7	2.68	ON / OFF
	Oro kondicionierius	Oras - Oras, MUA-36CRN2	4.05	10.5	2.59	ON / OFF
6	Šalčio mašina	Oras - Oras, AOU-180HPS3	5.9	17	2.88	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, M4MC075D-FBAA-R	8.024	21.4	2.67	ON / OFF

7	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOUA-60HN1-R	7.5	16	2.13	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOUA-60HN1-R	7.5	16	2.13	ON / OFF
8	Šalčio mašina	Oras - Oras, Technibel CSAGV2075	25	75	3.00	ON / OFF
9	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-48 HN1-R	4.83	14	2.90	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-48 HN1-R	4.83	14	2.90	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-48 HN1-R	4.83	14	2.90	ON / OFF
10	Šalčio mašina	Oras - Vanduo, McQuay 052.2 SE LN	81.3	184	2.26	ON / OFF
11	Šalčio mašina	Oras - Vanduo, Refra CWW-CS266	97	214	2.21	ON / OFF
12	Oro kondicionierius	Oras - Oras, ASFU-36A	3.6	9.8	2.72	ON / OFF
	Oro kondicionierius	Oras - Oras, MUA-36CRN2	4.05	10.5	2.59	ON / OFF
13	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-60HN2	3.75	10.5	2.80	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-60HN2	6	17	2.83	ON / OFF
	Šalčio mašina	Oras - Oras, MOU-36HN2	6	17	2.83	ON / OFF

4 lentelėje pateiktos objektuose esančios vėsinimo sistemos. Šalčio mašinų objektuose yra daugiausiai. Šis pavadinimas asocijuojamas su įrenginiu, kuris neturi vidinio (patalpų) įrenginio, energija perduodama vėdinimo sistemoms. Oras – oras ir oras – vanduo sistemos abi gali būti įvardintos kaip šalčio mašinos, jeigu jų paskirtis yra tiesiog aušinti orą vėdinimo įrenginyje. Oro kondicionavimo sistemos privalo turėti išorinį (lauko) ir vidinį (patalpų) blokus, ši sistema yra nesusijusi su vėdinimo sistema ir palaiko tik reikiamą temperatūrą patalpose, neatlikdamos patalpų vėdinimo funkcijos (neturi galimybės tiekti šviežio lauko oro, arba jį ištraukti iš patalpų). 5 lentelėje pateikiami realūs temperatūriniai matavimai parduotuvių vėdinimo įrenginiuose. Išmatavus temperatūrą reikiamuose taškuose (2.4 pav.) apskaičiuotas temperatūrinis efektyvumas.

5 lentelė. Atlikti realūs temperatūriniai matavimai parduotuvių vėdinimo įrenginiuose

Objekto Nr.	Lauko oro temperatūra, °C	Tiekiamo oro temperatūra, °C	Ištraukiamo oro temperatūra, °C	Apskaičiuotas temperatūrinis efektyvumas
1	6.7	16.8	20.5	0.73
2	5	16.2	19	0.80
	5	16.5	20.3	0.75
3	9	16.5	20	0.68
	9	16	20.1	0.63
4	4.3	16.2	19.1	0.80
5	1.5	13.5	18.2	0.72
6	9.8	15.5	17.8	0.71
7	5.6	16.8	20.9	0.73
8	5.8	15.3	20.5	0.65
9	8.3	19.5	22.5	0.79
10	9.1	18.6	21.1	0.79
11	6	17	19	0.85
12	3	16.3	22	0.70
13	6.5	16.7	20.8	0.71

Pagal 5 lentelės duomenis, apskaičiuotas visų objektų temperatūrinis efektyvumas. Vėdinimo sistemos, kurių temperatūrinis efektyvumas siekia 0.8 ir daugiau, parodo jog vėdinimo įrenginys yra kokybiškas ir modernus. Žvelgiant į žemesnius rodiklius fiksuojančias sistemas, buvo pastebėta jog tokius rodiklius fiksuojantys įrenginiai yra akivaizdžiai pasenę, arba turi mažiau efektyvią šilumogrąžą, pavyzdžiui atskirų oro srautų rekuperaciją.

Pagal metodinėje dalyje pateiktas formules, 6 ir 7 lentelėse apskaičiuoti metiniai esamų objektuose ir galimų įrengti EC tipo variklių elektros energijos suvartojimai, sutaupymo potencialas. Trijuose objektuose šie varikliai nebuvo pritaikyti, nes jau esamose sistemose buvo nustatyti EC tipo varikliai. Mažiausias energijos sutaupymo potencialas yra 11,4 %. Šiuo konkrečiu atveju, vėdinimo įrenginio oro srautas yra 12000 m³/h, o variklio galia siekia 4 kW. Lyginant su objektu Nr. 9, šio oro srautas yra toks pats, tačiau ventiliatoriaus variklio galia siekia 5,5 kW. Dėl šios priežasties objekto Nr. 9 priemonės pritaikymo potencialas yra didesnis.

6 lentelė. EC variklių integravimo energinis naudingumas

Objekto numeris	1	2	3	4	5	6
Metinis esamų ventiliatorių variklių elektros energijos suvartojimas, kWh	11680	155102	629572	59944	8760	47135
Metinis naujai pritaikomų EC ventiliatorių variklių elektros energijos suvartojimas, kWh	-	109207	460668	53091	-	24100
EC variklių elektros energijos sutaupymo potencialas, %	-	21.5, 48.6	26.8, 26.8	11.4	-	48.8
EC variklių sutaupomas metinis elektros energijos kiekis, kWh	-	45895	168904	6853	-	23035

7 lentelė. EC variklių integravimo energinis naudingumas

Objekto numeris	7	8	9	10	11	12	13
Metinis esamų ventiliatorių variklių elektros energijos suvartojimas, kWh	45804	113178	81389	113178	165995	8760	61652
Metinis naujai pritaikomų EC ventiliatorių variklių elektros energijos suvartojimas, kWh	28117	84526	53091	92979	118337	-	32133
EC variklių elektros energijos sutaupymo potencialas, %	38.6	25.3	34.7	17.8	28.7	-	47.9
EC variklių sutaupomas metinis elektros energijos kiekis, kWh	17687	28652	28298	20199	47658	-	29519

Apskaičiuojant ventiliatorių variklių metinį energijos suvartojimą, šilumos ar vėsinimo poreikis įtakos neturi, tačiau reikalingas vėdinimo įrenginio darbo laiko rodiklis. Skaičiuojant buvo vertinama, jog vėdinimo įrenginys darbą pradeda 6 valandą ryto ir pabaigia 22 valandą vakaro. Dažnu atveju parduotuvės darbą pradeda vėliau, tačiau vėdinimo įrenginys buvęs išjungtas naktį turi darbą pradėti šiek tiek anksčiau, palaikyti užduotą patalpų temperatūrą iki darbo laiko pradžios. Taip pat darbuotojai į darbą ateina anksčiau negu 8 valanda ryto. Dalis įrenginių šalies mastu yra neveikiantys ir nevartoja elektros energijos parduotuvėse. Tačiau pasitaiko atvejų, kuomet įrenginių automatika nėra suderinta ir sistemos dirba be sustojimo. Todėl šios dvi sąlygos viena kitą iš dalies kompensuoja. Objekteose Nr. 2, 3 yra po du atskirus vėdinimo įrenginius, todėl energijos sutaupymo potencialo grafoje išskirti du atskiri potencialai. Metiniai elektros energijos suvartojimai susumuoti ir pateikiami kartu. Galima pastebėti, jog EC variklių keitimo priemonės, energijos sutaupymo potencialai yra skirtingi. Tai atsitinka dėl to, kad kiekvienas vėdinimo įrenginys, jeigu modeliai nėra vienodi, yra unikalūs, su skirtingomis konstrukcijomis, darbiniais oro srautų kiekiais. Vėdinimo įrenginiai pagal oro srautą yra labai plataus spektro, tačiau ventiliatorių varikliai gaminami pagal standartus ir ne visuomet galia ir reikiamas oro srautas pilnai sutampa. Todėl dažnu atveju gali būti apribojamas oro srautas, kad atitiktų gamyklines ribas, pritaikant mažiau oro srauto tiekiančias sparnuotes (ventiliatorius). Tai paaiškina, kodėl yra toks platus nuokrypis taikant EC variklius. Taip pat pateikiamas EC variklių elektros energijos sutaupymas, kurio finansinė išraiška bus nagrinėjama ekonominėje dalyje.

8 ir 9 lentelėse pateikiami energijos sutaupymo potencialai, pritaikant naujus vėdinimo įrenginius nagrinėjamose parduotuvėse. Šiluminės / vėsinimo energijos sutaupymo potencialą pritaikant naują vėdinimo įrenginį, galima apibrėžti kaip esamo rekuperatoriaus temperatūrinio efektyvumo pagerinimą. Pagal metodinėje dalyje nurodytus veiksmus, buvo atlikti vėdinimo įrenginių parinkimai parduotuvėms ir pateiktas galimas sutaupyti energijos potencialas procentine išraiška. 4, 9, 10, 11 objektai nebuvo vertinti, kadangi vėdinimo įrenginių rekuperatorių esamas efektyvumas toks pats, kaip naujai parenkamų. Dėl rekuperatoriaus efektyvumo atgaunama ne tik šildymo energija, tačiau ir šaldymo. Nepaisant to, ar vėdinimo įrenginyje yra šaldymo sekcija ar ne. Vėdinimo įrenginys vis vien ištraukia šaltesnį patalpų orą ir vasarą rekuperatoriaus efektyvumas leidžia mažesniu našumu veikti vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginiams, nes patiriami mažesni energijos praradimo nuostoliai. Todėl 8 ir 9 lentelėse pateikiamas ir elektros energijos sutaupymas, kuris yra tapatus vėsinimo energijos sąnaudoms.

8 lentelė. Šiluminės energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėdinimo įrenginį

Objekto numeris	1	2	3	4	5	6
Metinis vėdinimo įrenginio šildymo energijos suvartojimas su nuostoliais, kWh	73253	118001	2469830	-	57199	118320
Naujo vėdinimo įrenginio šiluminės energijos sutaupymo potencialas, %	13	11	11, 18	-	14	14
Metinis naujo vėdinimo įrenginio šildymo energijos sutaupymo potencialas, kWh	9428	12413	366507	-	8269	16750
Metinis vėsinimo energijos (elektros) sutaupymo potencialas, kWh	264	741	27840	-	635	848

9 lentelė. Šiluminės energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėdinimo įrenginį

Objekto numeris	7	8	9	10	11	12	13
Metinis vėdinimo įrenginio šildymo energijos suvartojimas su nuostoliais, kWh	139830	462084	-	-	-	58028	219603
Naujo vėdinimo įrenginio šiluminės energijos sutaupymo potencialas, %	12	19	-	-	-	17	14
Metinis naujo vėdinimo įrenginio šildymo energijos sutaupymo potencialas, kWh	16506	88802	-	-	-	9671	30880
Metinis vėsinimo energijos (elektros) sutaupymo potencialas, kWh	752	2502	-	-	-	554	955

10 ir 11 lentelėse pateikti elektros energijos sutaupymo potencialo duomenys, pritaikant naują patalpų vėsinimo įrangą. Elektros energijos sutaupymo potencialo grafoje matomi kai kur pavieniai, o kitur du, ar trys atskiri skaičiai. Tai yra tuomet, kai parduotuvėje yra įrengta daugiau negu viena vėsinimo sistema. Objektų Nr. 2, 3 sutaupymo potencialo grafoje yra brūkšneliai, kurie parodo, jog vėsinimo įrenginys nebus vertinamas, nes yra efektyvus ir modernus. Pagal lentelėje pateiktus duomenis galima matyti, jog vėsinimo įrenginių sutaupymo potencialas procentine išraiška yra ženklus, tačiau sutaupomas energijos kiekis ne visuose objektuose yra reikšmingas.

10 lentelė. Elektros energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėsinimo įrangą

Objekto numeris	1	2	3	4	5	6
Metinis elektros energijos suvartojimas vėsinimui su nuostoliais, kWh	2048	23608	182679	12799	4395	5993
Naujų vėsinimo įrenginių elektros energijos sutaupymo potencialas, %	30	-	-, 25	20, 37	27, 28, 31	31,36
Metinis naujų vėsinimo įrenginių elektros energijos sutaupymas, kWh	617	-	26377	4144	1263	2009

11 lentelė. Elektros energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėsinimo įrangą

Objekto numeris	7	8	9	10	11	12	13
Metinis elektros energijos suvartojimas vėsinimui su nuostoliais, kWh	6368	13020	5867	32841	37416	3325	6792
Naujų vėsinimo įrenginių elektros energijos sutaupymo potencialas, %	49, 49	28	30, 30, 30	23	25	27, 31	33, 32, 32
Metinis naujų vėsinimo įrenginių elektros energijos sutaupymas, kWh	3093	3604	1768	7624	9410	962	2166

12 lentelėje pateikiamas EC variklių integravimo į vėdinimo įrenginį ekonominio skaičiavimo pavyzdys, kuris pritaikytas objekte Nr. 2. Šios lentelės tikslas yra parodyti skaičiavimo metodikos eigą iki pagrindinių priemonės vertinimo kriterijų, grynosios dabartinės vertės, pelningumo indekso ir vidinės gražos normos. Tokiu pačiu būdu įvertinamos visos pritaikomos priemonės tiriamuosiuose objektuose.

12 lentelė. EC variklių integravimo priemonės ekonominių skaičiavimų lentelė objekte Nr. 2

Objekto Nr. 2	EC ventiliatorių integravimas							
	0	1	2	3	4	5	6	7
Metai								
Naujos įrangos įsigijimo kaštai	4486							
Naujos sistemos įrengimo kaštai	2323							
Investicijos	6809							
Senos įrangos suvartojamas elektros energijos kiekis per metus, kWh	-	155102	155102	155102	155102	155102	155102	155102
Naujos įrangos suvartojamas elektros energijos kiekis per metus, kWh	-	109207	109207	109207	109207	109207	109207	109207
Elektros energijos kaina	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134	0.134
Senų įrenginių eksploataavimo kaštai	-	20784	20784	20784	20784	20784	20784	20784
Naujų įrenginių eksploataavimo kaštai	-	14634	14634	14634	14634	14634	14634	14634
Išlaidų skirtumas	-6809	6150	6150	6150	6150	6150	6150	6150
Diskontavimo koeficientas	1.00	0.94	0.89	0.84	0.79	0.75	0.70	0.67
Diskontuotas išlaidų skirtumas	-6809	5802	5473	5164	4871	4596	4335	4090
Sukauptas diskontuotas išlaidų skirtumas	-6809	-1007	4466	9630	14501	19097	23432	27522
Grynoji dabartinė vertė	27522							
Pelningumo indeksas	4.04							
Vidinė gražos norma	89%							

13 lentelėje pateikiama EC variklių integravimo priemonės skaičiavimų suvestinė, kurioje pateikiami visuose objektuose gauti rezultatai. Objektuose Nr. 1, 5, 12, priemonė nebuvo vertinama, nes jau šiuo metu įdiegtose sistemose yra EC tipo varikliai. Visiems objektams, išskyrus Nr. 4, investicijos būtų pelningos ir atsiperkančios. Kaip ir buvo minėta anksčiau, šiam vienam objektui buvo numatomas žemas energijos sutaupymo potencialas, kadangi yra ypač geras oro srauto ir variklio galios balansas. Vertinant kitus objektus, pelningumas yra ženklus ir garantuotas, nes ventiliatorių našumas nepriklauso nuo lauko oro sąlygų, kaip tai yra vertinant šildymo ar vėsinimo įrenginius.

13 lentelė. EC variklių integravimo priemonės ekonominiai rezultatai visiems objektams

EC variklių integravimas					
Objekto Nr.	Investicijos	Metai	Grynoji dabartinė vertė	Pelningumo indeksas	Vidinė grąžos norma
1	-	-	-	-	-
2	6,809 €	7	27,522 €	4.04	89%
3	24,954 €	7	101,392 €	4.06	90%
4	6,349 €	7	-1,222 €	-0.19	0%
5	-	-	-	-	-
6	4,467 €	7	12,764 €	2.86	67%
7	4,824 €	7	8,406 €	1.74	46%
8	7,007 €	7	14,425 €	2.06	52%
9	7,045 €	7	14,122 €	2.00	51%
10	7,475 €	7	7,634 €	1.02	31%
11	8,881 €	7	26,768 €	3.01	70%
12	-	-	-	-	-
13	5,181 €	7	16,899 €	3.26	75%

14 lentelėje pateikiama vėdinimo įrenginių keitimo priemonės rezultatų suvestinė. Objektai Nr. 4, 9, 10, 11, nebuvo vertinti, nes esamos sistemos yra modernios ir efektyvios, parametrais neatsilieka nuo naujai parenkamų įrenginių. Objektuose Nr. 1, 5, 12, energijos sutaupymo potencialas nėra mažas, visuose šiuose objektuose siekė daugiau negu 10 %. Tačiau šiuose objektuose vėdinimo įrenginiai yra mažo oro kiekio našumo, todėl energinė nauda neatsvėrė reikiamų investicijų dydžio. Remiantis 2 lentelės duomenimis, šių vėdinimo įrenginių oro srautai atitinkamai yra 2500, 2000, 2000, kai didžiausias fiksuotas tiriamųjų objektų vėdinimo įrenginio oro srauto kiekis siekia 54500 m³/h. Visose kitose parduotuvėse esamas vėdinimo sistemas modernizuoti yra tiek energetiškai, tiek ekonomiškai naudinga.

14 lentelė. Vėdinimo įrenginių keitimo priemonės ekonominiai rezultatai visiems objektams

Vėdinimo įrenginių keitimas					
Objekto Nr.	Investicijos	Metai	Grynoji dabartinė vertė	Pelningumo indeksas	Vidinė grąžos norma
1	15,260 €	20	-7,781 €	-0,51	-1%
2	59,994 €	20	20,996 €	0.35	10%
3	132,200 €	20	445,168 €	3.37	38%
4	-	-	-	-	-
5	12,838 €	20	-6,291 €	-0.49	-1%
6	22,559 €	20	25,964 €	1.15	18%
7	21,886 €	20	19,289 €	0.88	15%
8	37,600 €	20	76,908 €	2.05	26%
9	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-
11	-	-	-	-	-
12	12,838 €	20	-5,181 €	-0.40	0%
13	24,241 €	20	44,646 €	1.84	24%

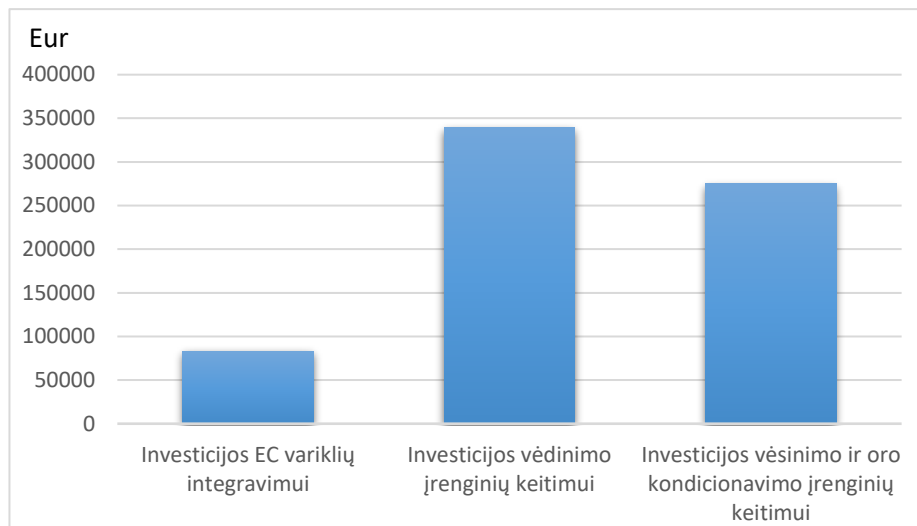
Pagal 15 lentelėje pateiktą vėdinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonės ekonominių skaičiavimų suvestinę, matoma neigiama arba nulinė investicinė grąža visuose ištirtuose objektuose, nepaisant įrenginių galingumo, kiekio objekte. Ekonominiu požiūriu, esamas vėdinimo sistemos eksploatuoti naudinga tol, kol jos veikia tinkamai, palaiko reikiamus parametrus. Įrenginių pakeitimas naujais, pagal Lietuvoje esamas klimatinės sąlygas nėra naudinga investicija parduotuvėms.

15 lentelė. Vėdinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonės rezultatai objektuose

Vėdinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas					
Objekto Nr.	Investicijos	Metai	Grynoji dabartinė vertė	Pelningumo indeksas	Vidinė grąžos norma
1	2,766 €	15	-1,962 €	-0.71	-9%
2	-	-	-	-	-
3	91,369 €	20	-50,829 €	-0.56	-2%
4	14,165 €	20	-8,772 €	-0.62	-6%
5	8,230 €	15	-7,992 €	-0.97	-26%
6	6,991 €	15	-4,377 €	-0.63	-6%
7	6,092 €	15	-2,067 €	-0.34	0%
8	22,182 €	20	-16,643 €	-0.75	-7%
9	8,296 €	15	-5,996 €	-0.72	-9%
10	47,051 €	20	-35,334 €	-0.73	-6%
11	53,207 €	20	-38,744 €	-0.75	-7%
12	6,039 €	15	-4,787 €	-0.79	-12%
13	8,648 €	15	-5,828 €	-0.67	-8%

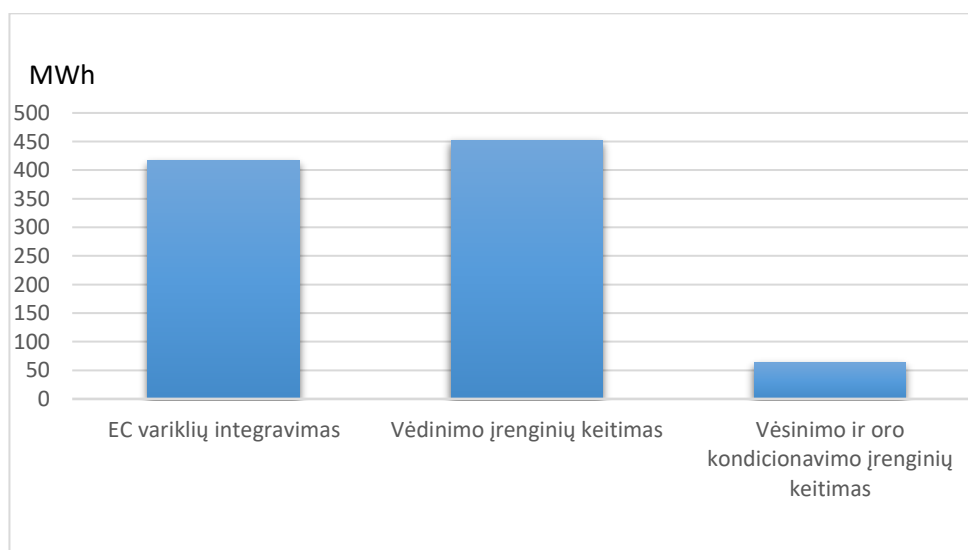
Šiame tyrime iš viso išanalizuota 13 parduotuvių, kurios bendrai suvartoja bent 1839 MWh elektros energijos per metus mikroklimatą užtikrinantiems įrenginiams, iš kurių 516 MWh galima sutaupyti pritaikant šiame darbe ištirtas priemones. Šios parduotuvės taip pat sunaudoja bent 5762 MWh šiluminės energijos, kuri yra perduodama per vėdinimo įrenginius. Pritaikant šiame tyrime minėtas priemones, galima sutaupyti 559 MWh šiluminės energijos šiose parduotuvėse.

3.1 paveiksle parodytas reikalingas investicijų kiekis, norint pritaikyti šiame darbe analizuojamas efektyvumo didinimo priemones tiriamose parduotuvėse. Mažiausiai investicijų reikalauja EC variklių integravimas – 82995 Eur. Vėdinimo įrenginių investicijų poreikis siekia 339416 Eur, o vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas reikalauja 275040 Eur.



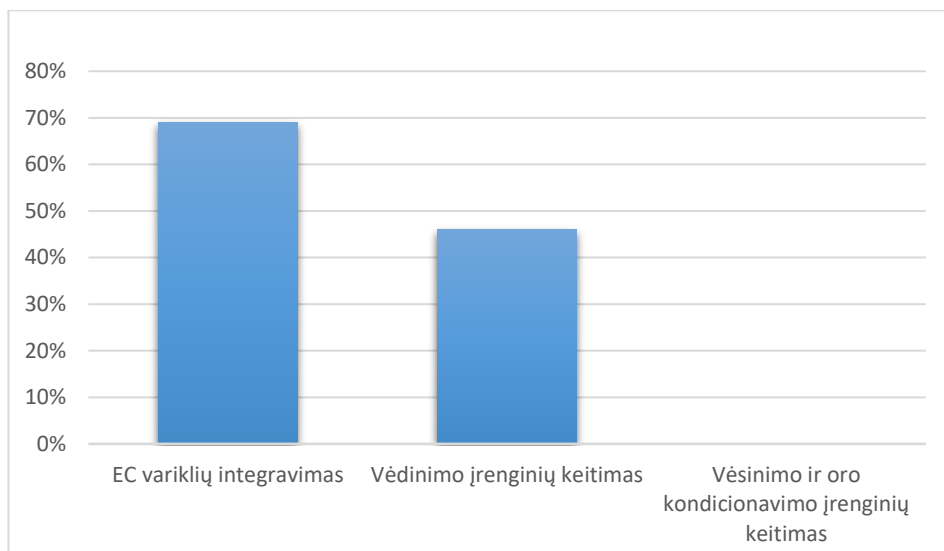
3.1 pav. Reikalingos investicijos priemonėms tiriamuosiuose objektuose

Žvelgiant į 3.2 paveikslą, matomas žemas elektros energijos sutaupymo potencialas, pritaikant vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonę, nors ir reikiamų investicijų dydis yra labai artimas vėdinimo įrenginių keitimo priemonei. EC variklių integravimo priemonė pagal elektros energijos sutaupymo potencialą mažai atsilieka nuo vėdinimo įrenginių keitimo priemones, nors pradinės investicijos yra 4 kartus žemesnės. Tačiau verta paminėti, jog vėdinimo įrenginių keitimo nauda šildymo energijos sutaupymui siekia 559 MWh.



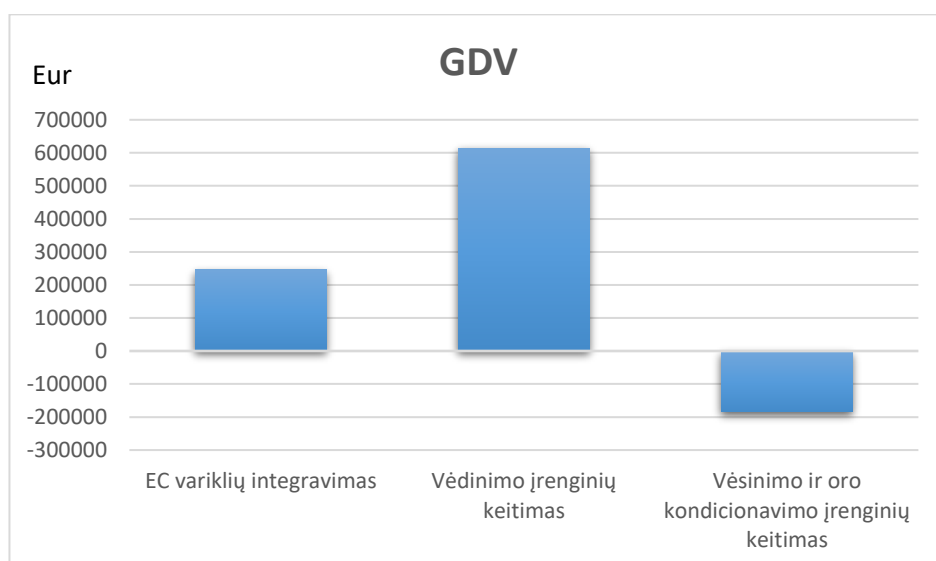
3.2 pav. Galimas sutaupyti elektros energijos kiekis tiriamuosiuose objektuose, per metus

3.3 paveiksle matomas ekonomiškai naudingai pritaikytų efektyvumo didinimo priemonių kiekis, kur daugiausiai pritaikoma priemonė yra EC variklių integravimas, kuri naudinga 69 % objektų, vėdinimo įrenginių keitimas naudingas 46 % objektų, vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas nuostolingas visuose ištirtuose objektuose.



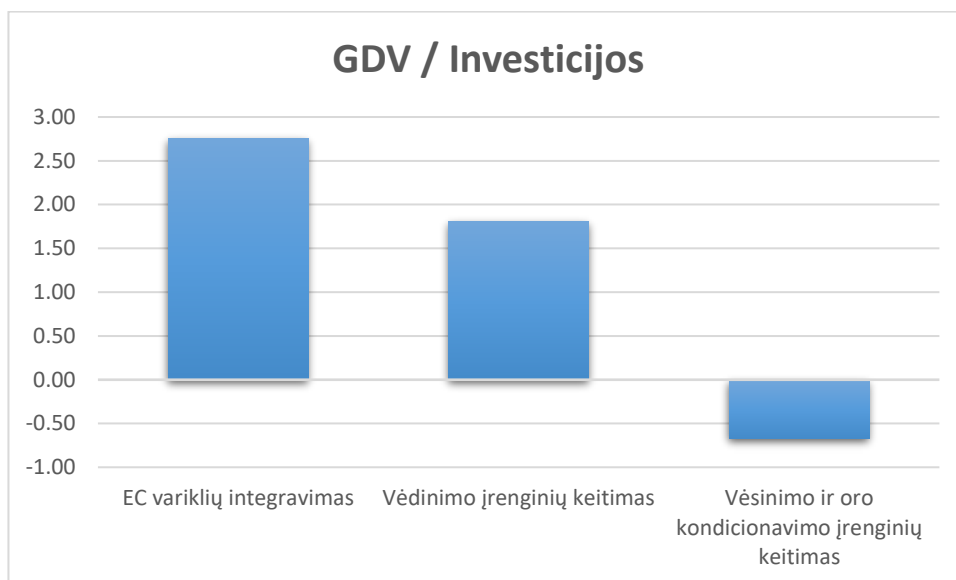
3.3 pav. Ekonomiškai naudingai pritaikytų efektyvumo didinimo priemonių kiekis, %

3.4 paveiksle matomas grynosios dabartinės vertės grafikas, pagal skirtingas efektyvumo didinimo priemones. Nors ir elektros energijos sutaupymo potencialas buvo panašus tarp EC variklių integravimo ir vėdinimo įrenginių keitimo priemonių, tačiau šildymo energijos sutaupymo potencialas ženkliai padidino vėdinimo įrenginių keitimo priemonės investicinę naudą. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonė fiksuoja neigiamą grynąją dabartinę vertę.



3.4 pav. Grynoji dabartinė vertė, pagal priemones

3.5 paveiksle parodytas grynosios dabartinės vertės ir reikiamų investicijų santykis, kuris parodo, jog vėdinimo įrenginių keitimas generuoja didžiausią grynosios dabartinės vertės naudą lyginant su investicijų dydžiu. Tačiau EC variklių integravimo priemonė vertinta tik 7 metams, tuo tarpu vėdinimo įrenginių keitimo nauda vertinta 20 metų. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonė fiksuoja neigiamą grynosios dabartinės vertės santykį su investicijomis.



3.5 pav. Grynoji dabartinė vertė padalinta iš investicijų

3.1.2. Apžvelgimas Lietuvos mastu

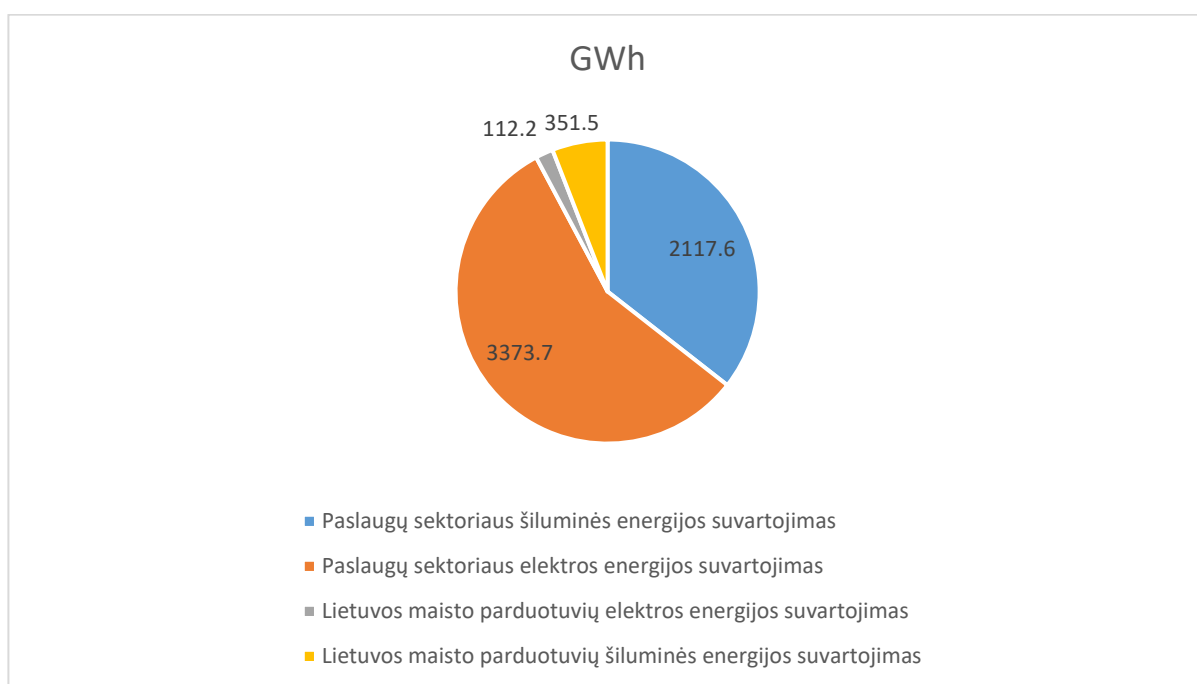
16 lentelėje pateikiami apskaičiuoti rodikliai, kurie iš esamų 13 objektų buvo prilyginti 793 objektams Lietuvoje. Šie sunaudotos energijos kiekiai ir pinigų sumos, yra darbe ištirtų objektų vidurkiai, pritaikyti pagal bendrą parduotuvių skaičių Lietuvoje. Remiantis 13 lentele, keisti variklius vėdinimo įrenginiuose verta 9 objektuose iš 13. Pagal 14 lentelę, keisti vėdinimo įrenginius parduotuvėse verta 6 objektuose iš 13. Pagal 15 lentelę, keisti vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginius naujais neverta visose 13 parduotuvių.

Literatūros analizėje buvo paminėta, jog paslaugų sektorius vidutiniškai per metus suvartoja 2117,6 GWh šiluminės ir 3373,7 GWh elektros energijos. Konvertavus tyrime pateiktus skaičius MWh į GWh gauname, jog Lietuvos maisto parduotuvėse yra sunaudojama 112,2 GWh elektros energijos ir 351,5 GWh šiluminės energijos per metus parduotuvių mikroklimatui palaikyti.

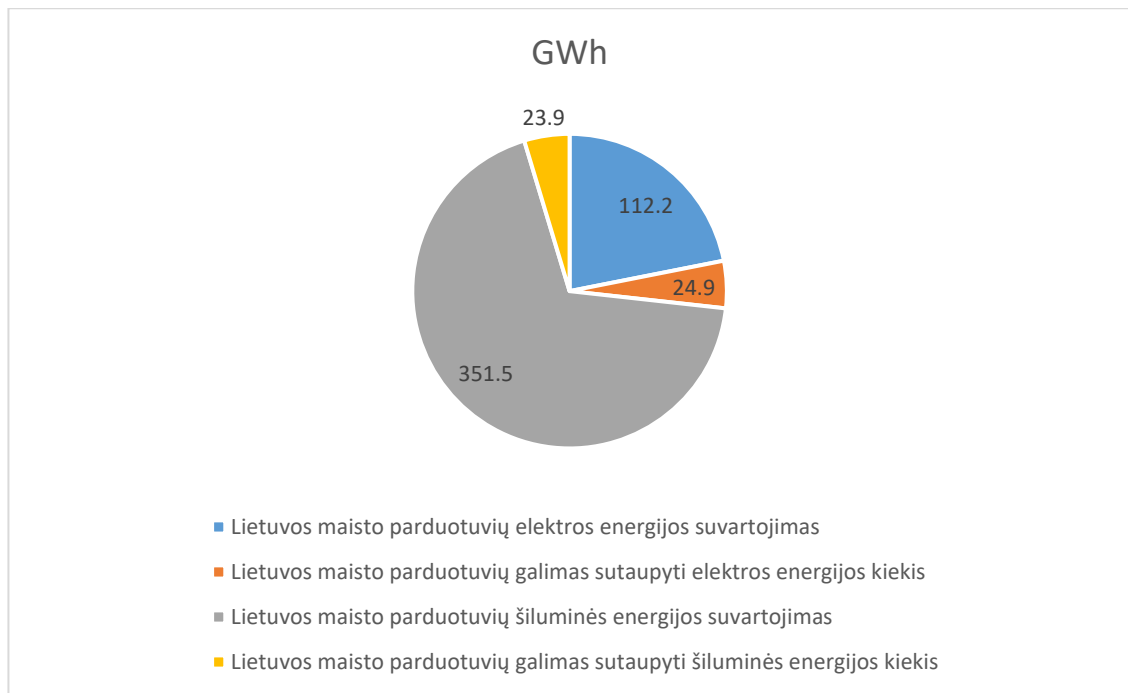
16 lentelė. Apskaičiuoti rodikliai, per metus

Parduotuvių kiekis Lietuvoje	Vnt.	793
Sunaudojamas elektros energijos kiekis parduotuvėse mikroklimatui	MWh	112197
Vidutiniškai sunaudojamas elektros energijos kiekis parduotuvėje mikroklimatui	MWh	141
Vidutiniškai Išleidžiama elektros energijai parduotuvėje	Eur	18959
Galimas sutaupyti elektros energijos kiekis parduotuvėse	MWh	24916
Vidutinis galimas sutaupyti elektros energijos kiekis parduotuvėje	MWh	40
Sunaudojamas šiluminės energijos kiekis parduotuvėse	MWh	351515
Vidutinis sunaudojamas šiluminės energijos kiekis parduotuvės vėdinimo įrenginiui	MWh	443
Vidutiniškai išleidžiama šiluminei energijai parduotuvės mikroklimatui	Eur	28995
Galimas sutaupyti šiluminės energijos kiekis parduotuvėse	MWh	23879
Vidutinis galimas sutaupyti šiluminės energijos kiekis parduotuvėje	MWh	43
Investicijos EC variklių integravimui parduotuvėse	Mln., Eur	5.06
Investicijos vėdinimo įrenginių keitimui parduotuvėse	Mln., Eur	20.70
Investicijos vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimui parduotuvėse	Mln., Eur	16.78
Grynoji dabartinė vertė EC variklių integravimui parduotuvėse	Mln., Eur	13.95
Grynoji dabartinė vertė vėdinimo įrenginių keitimui parduotuvėse	Mln., Eur	37.44
Grynoji dabartinė vertė vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimui parduotuvėse	Mln., Eur	-11.18

Žvelgiant į 3.6 paveikslą, galima pastebėti, jog Lietuvos maisto parduotuvių energijos suvartojimas mikroklimatui užtikrinti yra reikšmingas. Elektros energijos suvartojimas lyginant su sektoriumi gali sudaryti ~3,3 %, o šiluminės energijos suvartojimas ~16,6 %.



3.6 pav. Energijos suvartojimo rodikliai



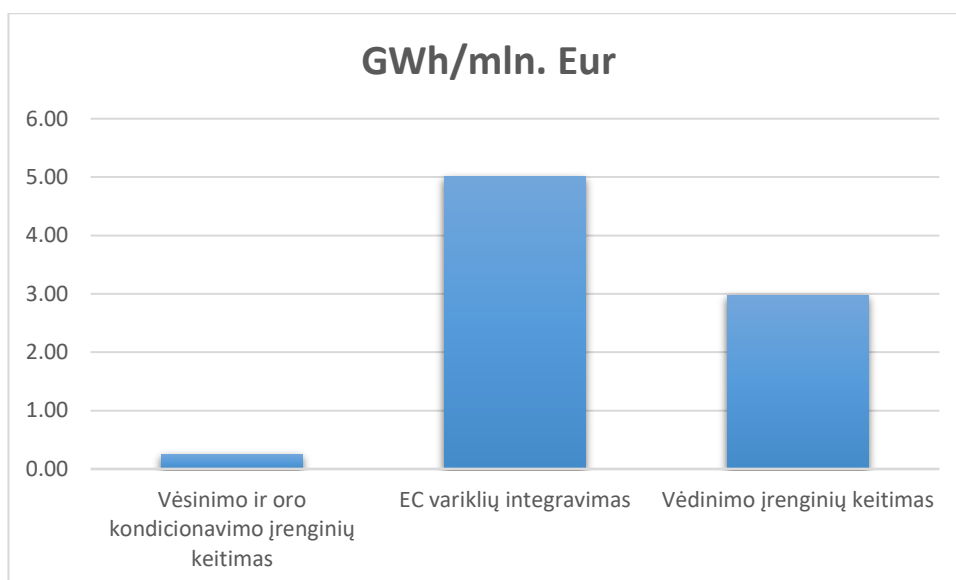
3.7 pav. Energijos suvartojimo ir sutaupymo rodikliai

Pritaikant šiame darbe tiriamas priemones, galima sutaupyti 6,8 % šiluminės ir 22 % elektros energijos, tenkančios Lietuvos maisto parduotuvių mikro klimatui palaikyti. Galimas sutaupyti elektros energijos kiekis pagal priemones:

- vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas – 12,5 %;
- EC variklių integravimas – 80,8 %;
- vėdinimo įrenginių keitimas – 87,5 %.

Sudedant visas tris priemones, gaunasi didesnis negu 100 % elektros energijos sutaupymas, nes EC variklių integravimas ir vėdinimo įrenginių keitimas negali būti taikomi vienu metu. Nauji vėdinimo įrenginiai jau yra su EC tipo varikliais, todėl keičiant vėdinimo įrenginius naujais, nebūtina įdiegti ir EC variklių integravimo priemonės.

3.8 paveiksle pateiktoje informacijoje galima matyti, kiek GWh energijos galima sutaupyti investavus 1 mln. Eur į atitinkamą priemonę. Į vėdinimo įrenginių keitimą įeina tiek šiluminės, tiek elektros energijos sutaupymas, o į EC variklių integravimą, vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimą, įeina tik elektros energijos sutaupymas.



3.8 pav. Sutaupomas energijos kiekis, GWh, padalintas iš investicijų, mln. Eur

Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonė leistų sutaupyti 0,25 GWh energijos už 1 mln., Eur, EC variklių integravimas – 5,01 GWh energijos už 1 mln., Eur, vėdinimo įrenginių keitimas – 2,98 GWh energijos už 1 mln., Eur.

Siekiant padengti patiriamus vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonės ekonominius nuostolius Lietuvos parduotuvėms, būtų reikalinga 11,18 mln., Eur parama.

Išvados

1. Šiuolaikinėse vėdinimo sistemose pritaikyti efektyvesni EC tipo ventiliatorių varikliai, su viduje integruotais dažnio keitikliais. Gaminami didesnį temperatūrinį efektyvumą turintys rekuperatoriai. Atskleisti vėdinimo įrenginių skirtingų rekuperatorių tipų privalumai ir trūkumai parodė, jog techniškai sudėtingiausias atskirų oro srautų rekuperatorius yra mažiausiai efektyvus. Senus „ON / OFF“ tipo vėsinimo įrenginius pakeitę „Inverter“, gali valdyti kompresoriaus darbo našumą pagal esamą poreikį. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, jog kintamo našumo oro kondicionierius padeda sutaupyti apie 44 % elektros energijos.

2. Atlikus galutinės energijos suvartojimo paslaugų sektoriuje apžvalgą, nustatyta kad šis sektorius suvartoja 24119 TJ arba 6700 GWh kuro ir energijos per metus. Pagal suvartojamą energijos kiekį yra ketvirtoje vietoje, po transporto, pramonės ir namų ūkių sektorių. Remiantis 2016 – 2020 metų duomenimis, paslaugų sektorius per metus vidutiniškai suvartojo 2117,6 GWh šiluminės ir 3373,7 GWh elektros energijos. Siekiant įgyvendinti energijos efektyvumo didinimo reikalavimus, šiuo metu, pagrindiniu Lietuvos strateginiu tikslu laikomas siekis užtikrinti, kad iki 2030 metų pirminės ir galutinės energijos intensyvumas būtų 1,5 karto mažesnis negu 2017 metais. Vertinant tai, jog 2020 metais, Lietuvai nepavyko pasiekti 17 % galutinės energijos vartojimo sumažėjimo, lyginant su 2009 metais, reikalinga nuolatos ieškoti papildomų priemonių, siekiant įgyvendinti išsikeltus tikslus.

3. Sudaryta mikroklimatą užtikrinančių įrenginių energinės ir ekonominės analizės metodologija leidžia įvertinti esamų vėdinimo sistemų rekuperacijos temperatūrinį efektyvumą, prieš tai atlikus temperatūros matavimus realių objektų vėdinimo įrenginiuose. Pagal esamų įrenginių temperatūrinį efektyvumą, apskaičiuotas šildymo energijos sutaupymo potencialas, pritaikant vėdinimo įrenginių keitimo priemonę. Apskaičiavus vėdinimo įrenginių ventiliatorių asinchroninių variklių elektros energijos suvartojimą, galima palyginti elektros energijos sutaupymo potencialą, pritaikant EC tipo variklius. Pagal metinius Lietuvos lauko oro temperatūros duomenis valandomis, sudaryti patalpų šildymo ir vėsinimo poreikiai, kurie parodė procentinį energijos poreikių pasiskirstymą, per metus. Pritaikius šį metodą tiriamiesiems objektams, buvo apskaičiuoti šildymo, oro kondicionavimo sistemų energijos suvartojimai per metus. Atlikus rinkoje esančių mikroklimatą užtikrinančių sistemų apžvalgą, sudarytos efektyvumą didinančios priemonės – EC variklių integravimas vėdinimo įrenginiuose, vėdinimo įrenginių keitimas naujais, vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas. Energiniai skaičiavimai sudaro sąlygas atlikti ekonominį vertinimą, ištirti taikomų efektyvumo didinimo priemonių grynąją dabartinę vertę, pelningumo indeksą, vidinę gražos normą.

4. Remiantis sudaryta metodika, nustatytas EC variklių integravimo priemonės energinis naudingumas svyruoja tarp 11,4 iki 48,8 %, priklausomai nuo esamos vėdinimo sistemos charakteristikų. Šiluminės energijos sutaupymo potencialas pritaikant naujus vėdinimo įrenginius objektuose yra tarp 11 ir 19 %. Elektros energijos sutaupymo potencialas pritaikant naują vėsinimo įrangą yra nuo 20 iki 49 %. Reikalingas investicijų kiekis ištirtuose objektuose vėdinimo įrenginių keitimui – 339 tūkst. Eur, vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimui – 275 tūkst. Eur, EC variklių integravimui – 83 tūkst. Eur. Vertinant elektros ir šiluminės energijos galimą sutaupyti kiekį objektuose per metus, EC variklių integravimo energinė nauda siekia – 417 MWh, vėdinimo įrenginių keitimas – 1011 MWh, vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimas – 64 MWh. Vėsinimo ir oro kondicionavimo įrenginių keitimo priemonė ekonomiškai naudingai pritaikyta nė viename objekte. Integruojant šiame darbe tiriamas priemones, galima sutaupyti 6,8 % šiluminės ir 22 %

elektros energijos per metus, tenkančios Lietuvos maisto parduotuvių mikro klimatui palaikyti.
Atitinkamai 23,9 GWh ir 24,9 GWh.

Literatūros sąrašas

1. PASTATŲ KLASIFIKAVIMO YPATUMAI, Andrius Stasiukynas (2011) [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per internetą: http://dspace.vgtu.lt/bitstream/1/810/1/44_StasiukynasS6.pdf
2. IE variklių efektyvumo klasės [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per internetą: https://www.lsta.lt/files/seminarai/100528_Grundfos/1_Direktyva.pdf
3. Efficiency Classes (2019) [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per internetą: <https://www.bauergears.com/energy-efficiency/efficiency-classes>
4. COMMISSION REGULATION (EU) 2019/1781 (2019) [žiūrėta 2021-12-08]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019R1781&rid=10>
5. PREMIUM EFFICIENCY MOTOR SELECTION AND APPLICATION GUIDE (2021) [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/04/f15/amo_motors_handbook_web.pdf
6. Report on Study on International Efficiency (IE) Efficiency Classes for Low Voltage AC Motors (2016) [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: https://www.emsd.gov.hk/filemanager/en/content_764/Report%20on%20International%20Efficiency%20Efficiency%20Classes%20for%20Low%20Voltage%20AC%20Motors.pdf
7. COP (Coefficient of Performance) [žiūrėta 2021-12-11]. Prieiga per internetą: <https://www.grundfos.com/solutions/learn/research-and-insights/coefficient-of-system-performance>
8. R. Norvaišienė – Finansų valdymo sprendimai (2021) mokomoji medžiaga [žiūrėta 2021-12-11].
9. Oro temperatūros valandiniai duomenys (2020) [žiūrėta 2021-12-20]. Prieiga per internetą: <https://www.renewables.ninja/>
10. Heat recovery effectiveness (2020) [žiūrėta 2022-01-02]. Prieiga per internetą: <https://www.conservesolution.com/heat-recovery-effectiveness/>
11. Vėdinimo įrenginių tipai [žiūrėta 2022-01-02]. Prieiga per internetą: <https://www.airtechnics.com/technology/air-handling-unit-types-ahu>
12. Diskontuoti pinigų sratai, tarptautinė vertinimo standartų taryba (2012) [žiūrėta 2022-01-10]. Prieiga per internetą: <http://www.avnt.lt/assets/Teisine-informacija/Vertinimas/TID1-galutine-versija1.pdf>
13. International Energy Agency – Lithuania 2021 Energy Policy Review. (2021) [žiūrėta 2021-12-09]. Prieiga per internetą: https://iea.blob.core.windows.net/assets/4d014034-0f94-409d-bb8f-193e17a81d77/Lithuania_2021_Energy_Policy_Review.pdf
14. Natural ventilation for Infection Control [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK143277/>
15. Energy efficient indoor climate model for public buildings with high humidity gains and spectator areas [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą:

https://www.researchgate.net/publication/258210397_Energy_efficient_indoor_climate_model_for_public_buildings_with_high_humidity_gains_and_spectator_areas

16. Thermal wheel [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Thermal_wheel

17. Lietuva imasi ambicingai kovoti su klimato kaita. (2019) [žiūrėta 2021-04-03]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/lietuva-imasi-ambicingai-kovoti-su-klimato-kaita>

18. Enthalpy Wheels, Commercial Library [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://c03.apogee.net/mvc/home/hes/land/el?spc=cel&id=1116&utilityname=northwestern>

19. The Gotthard plate heat exchanger [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.hoval-energyrecovery.com/en/products-and-solutions/gotthard/at-a-glance>

20. Recuperation [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://server-service.uz/en/recuperation/>

21. Air Recuperator (2020) [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://valenteshop.ru/en/rekuperator-vozduha-v-chastnom-dome-samostoyatelnoe-izgotovlenie-i-ustanovka-rekuperator-vozduha/>

22. Reducing AHU energy consumption by a new layout of using heat recovery units (2020) [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10973-019-09070-2#Fig1>

23. Dual Path systems [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://c03.apogee.net/mvc/home/hes/land/el?utilityname=el Paso&spc=cel&id=1115>

24. HVAC Energy Consumption In Commercial Buildings [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.iotacommunications.com/blog/hvac-energy-consumption-in-commercial-buildings/>

25. Induction motor [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: https://en.wikipedia.org/wiki/Induction_motor

26. Asynchronous Motor : Construction & Its Working [žiūrėta 2021-12-10]. Prieiga per internetą: <https://www.elprocus.com/what-is-an-asynchronous-motor-construction-its-working/>

27. The Effects of Growing Popularity of EC Motors on Building's Automatic Systems (2018) [žiūrėta 2022-01-26]. Prieiga per internetą: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8442775>

28. Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen. Exergy Analysis of Heating, Refrigerating and Air Conditioning. Methods and Applications. (2015) [žiūrėta 2021-05-11]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/book/9780124172036/exergy-analysis-of-heating-refrigerating-and-air-conditioning>

29. Ioan Sarbu. Heat pumps - Efficient heating and cooling solution for buildings. (2010) [žiūrėta 2021-06-05]. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/259739235_Heat_pumps_Efficient_heating_and_cooling_solution_for_buildings

30. Saeed Maddah. Comparative study of the performance of air and geothermal sources of heat pumps cycle operating with various refrigerants and vapor injection (2020) [žiūrėta 2021-06-05]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1110016820303409>
31. Nihan Karali. Improving the energy efficiency of room air conditioners in China: Costs and Benefits (2020) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261919317106>
32. Ahmed Almogbel, Comparison of energy consumption between non-inverter and inverter-type air conditioner in Saudi Arabia (2020) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/article/10.1007/s41825-020-00033-y>
33. M. F. Sukri and M. K. Jamali, ECONOMICS ANALYSIS OF AN INVERTER AND NON-INVERTER TYPE SPLIT UNIT AIR-CONDITIONERS FOR HOUSEHOLD APPLICATION (2018) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2018/jeas_0618_7127.pdf
34. Statistinių rodiklių analizė (2020) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=b2af59c4-32a1-436c-9bb3-35caf91c165d#/>
35. Energy Efficiency Trends in Residential and Commercial Buildings (2008) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: https://www1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/bt_stateindustry.pdf
36. Renovacija Estijoje nepaveja nacionalinių ir Europos strateginių tikslų (2021) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://sa.lt/renovacija-estijoje-nepaveja-nacionaliniu-ir-europos-strateginiu-tikslu/>
37. Why the EU Green Deal is critical for making the construction sector sustainable, Ebru Özdemir (2021) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://www.euractiv.com/section/climate-environment/opinion/why-the-eu-green-deal-is-critical-for-making-the-construction-sector-sustainable/>
38. ENERGINIO EFEKTYVUMO TIKRINIMAS, VERT (2021) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/Puslapiai/bendra/technine-prieziura/energinio-efektyvumo-tikrinimas.aspx>
39. Experimental analysis of ON/OFF and variable speed drive controlled industrial chiller towards energy efficient operation (2021) [žiūrėta 2022-01-05]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261921016652c>
40. Application considerations and estimated Savings for VFD Drives (2015) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.nrcan.gc.ca/energy-efficiency/energy-star-canada/about/energy-star-announcements/publications/variable-frequency-drives/application-considerations-and-estimated-savings-for-vfd-drives/15385>
41. Ventilatorių parinkimo katalogas „Farnell“ (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://lt.farnell.com/c/cooling-thermal-management/fans-blowers/blowers>
42. „Komfovent“ katalogas, kainynas (2021) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <http://www.anaga.lt/images/Userfiles/VEDINIMO%20IRANGA/Komfovent/Komfovent%20kainynas%20katalogas%202021,%20UAB%20Anaga.pdf>
43. „Komfovent“ produktai, dokumentacija (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.komfovent.lt/lt/c-page/produktai/vedinimo-irenginiai>
44. „Alpicair VRF5E“ produktai, dokumentacija (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://alpicair.com/lt/produktai/vrf-sistemas/isorines-dalys-e/vrf5-e-lt>

45. „CIAT“ produktai, katalogas [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.ciat.uk.com/wp-content/themes/ciat/pdfs/ciat-price-list-31-05-17.pdf>
46. „Cooper&Hunter“ oro kondicionierius katalogas [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.1a.lt/p/oro-kondicionierius-cooper-hunter-ch-s18ftxal-gd-5-3-kw-5-57-kw-1550-w/el83?mtd=search&pos=regular&src=searchnode>
47. EC tipo variklio techninis aprašas [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: https://img.ebmpapst.com/products/manuals/K3G800PV1301-BA-ENU.pdf?_ga=2.7951728.397926680.1648394760-823053833.1646244624
48. Commercial Discount Rate Estimation for E-ciency Standards Analysis [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.osti.gov/servlets/purl/1249499>
49. Elektros energijos kainos ne namų ūkių vartotojams (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?indicator=S7R048#/>
50. Elektros energijos kainos (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.regula.lt/elektra/Puslapiai/tarifai/elektros-energijos-kainos.aspx>
51. Šilumos kainos (2022) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://lsta.lt/silumos-ukis/silumos-kaina/>
52. Fans and gear motors (2014) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: https://www.ebmpapst.com/content/dam/ebm-papst/media/catalogs/industries/Catalog_Fans-and-gear-motors-for-solid-fuel-heating-systems_EN.pdf
53. Air Handling Unit (AHU) Life Expectancy & Total Cost of Ownership (2017) [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.linkedin.com/pulse/air-handling-unit-ahu-life-expectancy-total-cost-ownership-savage/>
54. The Chiller Life Cycle [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.johnsoncontrols.com/campaigns/chiller-life-cycle>
55. How Long Do Air Conditioners Last? [žiūrėta 2022-03-05]. Prieiga per internetą: <https://www.carrier.com/residential/en/us/products/air-conditioners/how-long-do-air-conditioners-last/>
56. Energijos rūšių balansai (2022) [žiūrėta 2022-04-05]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=226fc1a8-ad9d-4940-bca6-2adf4271acbf#/>
57. Lietuvos aplinka, žemės ūkis ir energetika (2020) [žiūrėta 2022-04-05]. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/lietuvos-aplinka-zemes-ukis-ir-energetika-2020/energetika/energijos-balansas>
58. Prekybos tinklai Lietuvoje (2022) [žiūrėta 2022-04-05]. Prieiga per internetą: https://lt.wikipedia.org/wiki/Kategorija:Prekybos_tinklai
59. „Verso R 7000 H C5“ vėdinimo įrenginio techninė charakteristika (2022) [žiūrėta 2022-04-05]. Prieiga per internetą: <https://www.komfovent.lt/lt/produktai/verso-r-7000-h-c5-681>
60. Is Europe reducing its greenhouse gas emissions? (2021) [žiūrėta 2022-04-07]. Prieiga per internetą: <https://www.eea.europa.eu/themes/climate/eu-greenhouse-gas-inventory>
61. NACIONALINĖ ENERGETINĖS NEPRIKLAUSOMYBĖS STRATEGIJA [žiūrėta 2022-04-07]. Prieiga per internetą: https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Nacionaline%20energetines%20nepriklausomybes%20strategija_2018_LT.pdf
62. LIETUVOS RESPUBLIKOS NACIONALINIS ENERGETIKOS IR KLIMATO SRITIES VEIKSMŲ PLANAS [žiūrėta 2022-04-07]. Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/Teisin%C4%97%20informacija/Teis%C4%97s>

%20aktai/Bendrieji%20energetikos%20strateginiai%20dokumentai/NECP/Lietuvos_Respublikos_nacionalinis_energetikos_ir_klimato_srities_veiksmu_planas.pdf

Priedai

Priedas Nr. 1 Variklio techninė dokumentacija [47]

K3G800-PV13-01

EC centrifugal module - RadiPac

backward-curved, single-intake
with cube design

ebm-papst Mulfingen GmbH & Co. KG

Bachmühle 2 · D-74673 Mulfingen

Phone +49 7938 81-0

Fax +49 7938 81-110

info1@de.ebmpapst.com

www.ebmpapst.com

Limited partnership · Headquarters Mulfingen

Amtsgericht (court of registration) Stuttgart · HRA 590344

General partner Elektrobau Mulfingen GmbH · Headquarters Mulfingen

Amtsgericht (court of registration) Stuttgart · HRB 590142

Nominal data

Type	K3G800-PV13-01	
Motor	M3G200-QA	
Phase		3~
Nominal voltage	VAC	400
Nominal voltage range	VAC	380 .. 480
Frequency	Hz	50/60
Method of obtaining data		ml
Speed (rpm)	min ⁻¹	1215
Power consumption	W	7950
Current draw	A	12.1
Min. ambient temperature	°C	-40
Max. ambient temperature	°C	40

ml = Max. load · me = Max. efficiency · fa = Free air · cs = Customer specification · ce = Customer equipment
Subject to change

Data according to Commission Regulation (EU) 327/2011 (EN 17166)

		Actual	Req. 2015			
01 Overall efficiency η_{ES}	%	70.9	61	09 Power consumption P_{ed}	kW	7.99
02 Measurement category		A		09 Air flow q_v	m ³ /h	22105
03 Efficiency category		Static		09 Pressure increase p_{fs}	Pa	893
04 Efficiency grade N		71.9	62	10 Speed (rpm) n	min ⁻¹	1215
05 Variable speed drive		Yes		11 Specific ratio*		1.01

Data obtained at optimum efficiency level.

The ErP data is determined using a motor-impeller combination in a standardized measurement setup.

* Specific ratio = $1 + p_a / 100\,000\text{ Pa}$

LU-184872

Verso R 7000 H C5

Nominalus oro kiekis pagal ErP 2018, m ³ /h	6657
Nominalus oro kiekis pagal ErP 2018, l/s	1849
Šilumos ir garso izoliacijos storis, mm	45
Masė, kg	765
Maitinimas, V	3~400
Maksimalus srovės stiprumas, A	HW 12,9
Oro filtrų matmenys BxHxL, mm	592x592-8x500
Ventiliatoriaus pavaros elektrinė jėgimo galia esant didžiausiam srautui, W	1340
Priežiūros erdvė, mm	1500
Valdymo automatika	C5



Akustinės savybės

Suminis A sverties garso galios lygis L_{WA}, dB(A) nominaliam srautui	
Iš lauko imamas oras	60
Į patalpas tiekiamas oras	82
Iš patalpų šalinamas oras	64
Į lauką išmetamas oras	82
Korpusas	59
Suminis A sverties garso slėgio lygis L_{pA}, dB(A) 10 m ² ploto gerai garsą sugeriančioje patalpoje, 3 m atstumu nuo korpuso	
Į aplinką	48

Šiluminis naudingumas

Lauke, °C	Žiema					Vasara		
	-23	-15	-10	-5	0	25	30	35
Po šilumogražio, °C	11,1	13,0	14,2	15,4	16,7	22,7	24,0	25,2

Patalpos temperatūra + 22 °C, 20 % santykinė drėgmė.

Vandeninis oro šildytuvas

Vandens temperatūra į/iš, °C	Žiema		
	80/60	70/50	60/40
Galia, kW	24,5	24,5	24,5
Vandens srautas, dm ³ /h	1083	1077	1072
Slėgio kritimas, kPa	8,6	8,8	8,9