



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Virginijus Jagela

**INVESTICIJŲ Į ENERGIJĄ TAUPANČIAS PRIEMONES
EKONOMINIO EFEKTYVUMO ADMINISTRACINIUISE
PASTATUOSE TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Prof.dr. Daiva Dumčiuvienė

KAUNAS, 2018

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA**

**INVESTICIJŲ Į ENERGIJĄ TAUPANČIAS PRIEMONES
EKONOMINIO EFEKTYVUMO ADMINISTRACINIUISE
PASTATUOSE TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Energijos technologijos ir ekonomikas (kodas 621E30004)

Vadovas

(parašas) Prof.dr. Daiva Dumčiuvienė

(data)

Recenzentas

(parašas) Lek.dr.Birutė Linkevičiūtė

(data)

Projektą atliko

(parašas) Virginijus Jagėla

(data)

KAUNAS, 2018



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Virginijus Jagela

(Studento vardas, pavardė)

Energijos technologijos ir ekonomika, 621E30004

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Investicijų į energiją taupančias priemones ekonominio efektyvumo administraciniuose pastatuose tyrimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

20 18 m. gegužės 29 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano Virginijaus Jagela baigiamasis projektas tema „Investicijų į energiją taupančias priemones ekonominio efektyvumo administraciniuose pastatuose tyrimas“ yra parašytas visiškai savarankiškai, o visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Jagela Virginijus. Investicijų į energiją taupančias priemones ekonominio efektyvumo administraciniuose pastatuose tyrimas. Energijos technologijos ir ekonomikos baigiamasis projektas / vadovas Prof.dr. Daiva Dumčiuvienė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra.

Mokslo kryptis ir sritis: Elektros ir elektronikos inžinerija, Technologiniai mokslai
Kaunas, 2018. 68 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame projekte analizuojami Lietuvos ir Europos šalių energijos poreikiai. Apžvelgiama pažanga, padaryta siekiant direktyvos 2012/27/ES tikslų. Apžvelgiamos šiuo metu naudojamos tradicinės ir netradicinės energijos taupymo priemonės. Analizuojami administracinio pastato energijos suvartojimai 2016 – 2017 metais. Atliekama administracinio pastato inžinerinių tinklų apžiūra nustatant energijos taupymo galimybes ir priemones. Parinktomis energijos taupymo priemonėms skaičiuojamas ekonominis naudingumas pagal nustatytus ekonominius rodiklius. Atliekama investicijų tikrojo atsipirkimo laiko ir grynosios dabartinės vertės jautrumo analizė.

Reikšminiai žodžiai: energija, energijos taupymo priemonės, investicijos, sutaupytos energijos kaina, tikrasis atsipirkimo laikas, grynoji dabartinė vertė.

SUMMARY

Jagela, Virginijus. Study of Economic Efficiency of Investments in Energy Saving Measures in Administrative: Master's thesis in Energy Technologies and Economics/ supervisor prof. Daiva Dumčiuvienė. Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, Department of Electric Power Systems.

Research area and field: Electrical and Electronics Engineering, Technological Sciences
Kaunas, 2018. 68 p.

The final master work analyzes the energy consumption in Lithuania and European countries. The progress made towards the Directive 2012/27/ES is overviewed. An outline of the currently used traditional and not traditional energy-saving measures is presented. The energy consumption of an administrative building in 2016 - 2017 is analyzed as well as the inspection of the administrative building's engineering networks is carried out, identifying the possibilities of energy saving.

Economic utility is calculated using selected energy saving measures on the basis of the established economic indicators. An analysis of the sensitivity of investments payback time as well as net present value is performed.

Key words: energy, energy saving measures, investments, cost of energy savings, actual payback time, net present value.

TURINYS

ĮVADAS	10
1. ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO TENDENCIJOS LIETUVOJE IR EUROPOS SAJUNGOJE.....	12
1.1 Galutinės energijos suvartojimas Lietuvoje	14
1.2 Europos Sąjungos šalių rezultatai siekiant 2012/27/ES direktyvoje numatytų tikslų	20
1.3 Tyrimai Lietuvoje ir užsienyje.	24
2. ENERGIJOS TAUPYMO TEORINIAI SPRENDINIAI IR TYRIMO METODIKA.....	27
2.1. Energijos taupymo teoriniai sprendiniai.....	27
2.1.1. Energijos taupymas renovuojant pastato konstrukcines dalis	27
2.1.2 Energijos taupymo galimybės panaudojant atsinaujinančius energijos išteklius	29
2.2 Tyrimo metodikos pagrindimas.....	33
2.2.1 Objekto inžinerinių sistemų apžiūra.....	33
2.2.2 Tyrimo skaičiavimo metodika	34
3. OBJEKTO INŽINERINIŲ SISTEMŲ APŽIŪROS REZULTATAI	40
3.1. Tiriamojo pastato aprašas	40
3.1.1 Tiriamojo pastato šildymo sistema	40
3.1.2 Tiriamojo pastato elektros energijos sistema	42
3.2 Energijos vartojimo įvesties duomenys.....	45
3.2.1 Administracinio pastato šilumos energijos sąnaudų rodikliai.....	45
3.2.2 Administracinio pastato elektros energijos sąnaudų rodikliai.....	47
3.3 Energijos taupymo priemonių investicijų efektyvumo ir ekonominių rodiklių vertinimas	49
3.3.1 Energijos taupymo priemonių efektyvumo vertinimas	49
3.3.2 Energijos taupymo priemonių ekonominių rodiklių vertinimas.....	51
3.4 Jautrumo analizė.....	55
IŠVADOS.....	58
INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS.....	60
PRIEDAI	64

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Koreliacijos koeficientas tarp galutinio energijos suvartojimo ir BVP.....	13
3.1 lentelė. Biuro įrenginių sąrašas.....	44
3.2 lentelė. Šilumos suvartojimo rodikliai 2016 – 2017 metais.....	46
3.3 lentelė. Tiriamojo objekto šilumos energijos sąnaudos norminiais kiekiais.....	47
3.4 lentelė. Elektros energijos sąnaudų rodikliai.....	48
3.5 lentelė. Preliminarios elektros energijos sąnaudos patalpų apšvietimui.....	49
3.6 lentelė. Pradinių investicijų dydis energijos taupymo paketams.....	50
3.7 lentelė. Sutaupytos energijos kiekiai.....	50
3.8 lentelė. Parinktų energijos taupymo priemonių SEK.....	52
3.9 lentelė. Apskaičiuoti energijos taupymo priemonių TAL ir PAL rodikliai.....	53
3.10 lentelė. Apskaičiuoti energijos taupymo priemonių GDV ir VGN rodikliai.....	54
3.11 lentelė. Ekonominių rodiklių suvestiniai duomenys.....	55
3.12 lentelė. TAL ir GDV vertės, keičiant diskonto normą.....	55

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1. 1 pav. Bendras vidaus produktas Lietuvoje 2012 – 2018 metais.....	13
1.2 Pav. Galutinės energijos sąnaudų ir BVP to meto kainomis, pokyčių palyginimas.....	14
1.3 Pav. 2013 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius.....	15
1.4 Pav. 2014 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius.....	16
1.5 pav. 2015 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius.....	16
1.6 pav. 2016 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius.....	17
1.7 pav. Galutinės energijos suvartojimas transporto sektoriuje 2012 – 2016 metais.....	17
1.8 pav. Paslaugų sektoriaus galutinės energijos sąnaudos bendrame šalies balanse.....	18
1.9 pav. Galutinės energijos suvartojimas pagal kuro ir energijos rūšis paslaugų sektoriuje.....	19
1.10 pav. Paslaugų sektoriaus suvartota šiluminės energijos dalis galutiniame šilumos energijos balanse.....	20
1.11 pav. Pirminės energijos suvartojimas ES 2014 – 2015 metų laikotarpiu.....	21
1.12 pav. Bendras galutinis energijos suvartojimas ES 2014 – 2015 metais.....	22
2.1 pav. Polistireninio putplasčio termoizoliacinės medžiagos įrengimas.....	28
2.2 pav. Šviesos vamzdis.....	30
2.3 pav. Mažosios vėjo jėgainės.....	32
2.4 pav. Ekonominės analizės metodai.....	34
3.1 pav. Tiriamojo objekto šildymo sistemos radiatoriai.....	41
3.2 pav. Tiriamojo objekto patalpų apšvietimo įrenginiai.....	43
3.3 pav. Tiriamojo objekto patalpų oro šaldymui naudojamas kondicionierius.....	44
3.4 pav. Bendros šilumos energijos sąnaudos 2016 – 2017 metais.....	45
3.5 pav. 2017 metų šilumos energijos sąnaudos.....	46
3.6 pav. Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos 2016 – 2017 metais.....	47
3.7 pav. Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudų balanso grafikas.....	49
3.8 pav. Elektros energijos sąnaudos panaudojant LED šviestuvus.....	51
3.9 pav. SEK rodiklio palyginimas su rinkos kaina.....	53
3.10 pav. Diskonto normos įtaka TAL rodikliui.....	56
3.11 pav. Diskonto normos įtaka GDV rodikliui.....	57

SANTRUMPŲ IR ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS

ES – Europos Sąjunga;

BVP – Bendrasis vidaus produktas;

Eur – Eurai;

Tne – tona naftos ekvivalento;

kWh– kilovatvalandė;

TWh – teravatvalandė;

MWh – megavatvalandė;

JRC– jungtinis tyrimų centras;

STR – statybos techniniai reglamentai;

AEI – atsinaujinantys energijos ištekliai;

MVE – mažosios vėjo jėgainės;

PAL – paprastasis atsipirkimo laikas;

TAL – tikrasis atsipirkimo laikas;

SEK – sutaupytos energijos kaina;

GDV – grynoji dabartinė vertė;

VGN – vidinė gražos norma;

DN – nominalus skersmuo;

LED - šviesos diodas;

IVADAS

Efektyvus energijos vartojimas svarbi Lietuvos Respublikos ir visos Europos Sąjungos energetikos politikos dalis. Racionalus energijos išteklių vartojimas yra vienas efektyviausių būdų mažinti energijos sąnaudas, tuo pačiu mažinant poveikį aplinkai.

Ekonomikos terminų žodynas efektyvumo sampratą pateikia kaip „Išteklių panaudojimo veiksmingumas, kai norimas rezultatas pasiekiamas mažiausiomis įmanomomis sąnaudomis arba naudojant turimus išteklius pasiekiamas maksimalus įmanomas rezultatas“ [1]. Efektyvumo sąvoką naudojam ne tik ekonomikos mokslų srityje, bet sprendžiant inžinerinius uždavinius, vadybos veikloje, politikoje ir kitur. Kitaip tariant, efektyvaus energijos vartojimo tikslas yra sumažinti energiją gaminant, eksploatuojant ar teikiant paslaugas. Pastatuose tai taikoma šildymo, vėsinimo, vėdinimo ir kondicionavimo energijai arba elektros energijai, kurią suvartoja pastate veikiantys įrenginiai. Energinis efektyvumas – tai vienas iš pagrindinių Europos Sąjungos klimato politikos tikslų.

Pastaruosiu metu didžiają dalimi energetinis efektyvumas buvo taikomas namų ūkiams. Būsto renovacijos asociacijos teigimu, nuo 2013 metų buvo renovuota 2000 vnt. daugiabučių. Tačiau apie viešuosius pastatus, paslaugų sektorių yra kalbama mažai, nors galutinės energijos balanse šio sektoriaus suvartota elektros energija sudaro apie 33,6%, o šiluminė energija 20% viso Lietuvos suvartojimo. Lietuvos ekonomikai ir verslui sparčiai augant, vis daugiau dėmesio yra skiriama administracinių pastatų energijos vartojimui. Siekiant užtikrinti, kad būtų pasiektas ES 20% energijos vartojimo efektyvumas yra sudaromi skatinimo priemonių tikslai, kurie aprašomi Energijos vartojimo efektyvumo direktyvose. Pagal ES vidaus rinkos teises aktus, šalis narės užduotus tikslus turi pasiekti per trečiąsias šalis, skatinant investicijas, inovacijų plėtrą, energijos paslaugų teikėjų verslumą ir energijos efektyvumo veiklą. Siekiant geriausių energijos taupymo rezultatų, būtina įvertinti priemones ir sukurti sistemą, kuri sudarytų mažiausiai kaštų, įgyvendinant energijos vartojimo efektyvumo tikslus. Nors pagal energetinį vartojimą Lietuva energijos suvartoja gerokai mažiau nei ES vidurkis, aukštas energetinis intensyvumas parodo, kad net tas mažas suvartotas kiekis yra vartojamas neefektyviai. Tai reiškia, administraciniuose pastatuose, kuriuose apšvietimo ir šildymo sistemos yra pasenusios ir neefektyvios, nemažas gautos energijos kiekis yra prarandamas. Lietuvos teisinė ir energetinė aplinka yra palanki suteikiant galimybes įgyvendinant inovatyvias priemones, kurios skatins energijos skirstytojus, tiekėjus ir galutinius vartotojus vartoti energiją efektyviai.

Triamasis objektas. Tiriamajame darbe tiriamos administracinės paskirties pastato energetinės sąnaudos: elektros ir šilumos energija. Pagrindinis **tiriamojo darbo tikslas** – nustatyti ekonomiškai naudingiausias priemones administracinio pastato energijos sąnaudoms efektyvinti. Siekiant sėkmingai įgyvendinti užsibrėžtą tikslą, tiriamasis darbas yra skaidomas į smulkesnius tiriamojo darbo uždavinius. **Tiriamojo darbo uždaviniai:**

- Išanalizuoti energijos vartojimo efektyvumo tendencijas Lietuvoje ir ES;
- Apžvelgti šiuo metu naudojamas tradicines ir netradicines energijos taupymo priemones;
- Išnagrinėti energiją taupančių technologijų ekonominio vertinimo metodus;
- Nustatyti administracinio pastato energijos taupymo galimybes;
- Atlikti ekonominio naudingumo skaičiavimus nustatytom energijos taupymo priemonėms;

Magistro darbo struktūra. Magistrinis darbas susideda iš santraukos, turinio, lentelių ir paveikslo sąrašų, santrumpų, literatūros sąrašo ir pagrindinių 5 dalių: įvado, 3 dėstymo skyrių ir išvado. Pirmajame dėstymo skyriuje analizuojamos energijos vartojimo tendencijos Europos Sąjungoje ir Lietuvoje. Antrajame skyriuje sudaroma tiriamojo darbo metodika. Trečiajame skyriuje apžvelgiami tiriamojo darbo rezultatai.

Darbą sudaro: 68 puslapių, 27 paveikslai ir 13 lentelių, 3 priedų. Naudotos literatūros sąrašė yra 32 šaltiniai.

1. ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO TENDENCIJOS LIETUVOJE IR EUROPOS SĄJUNGOJE

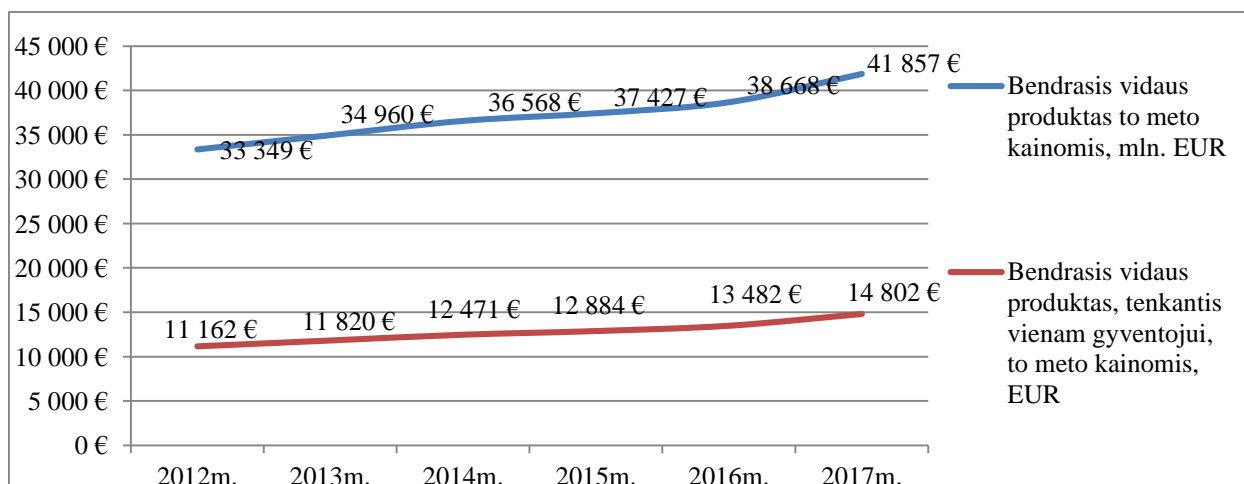
Pastatų energetiniu efektyvumu pradėta rūpintis Lietuvoje ne taip ir seniai. Statinių atitvarų šilumos laidumas, pagal kurį statiniai priduodami eksploatacijai, atsirado apie 2003 metus. Pastatai statyti statybų pakilimo metu 2005–2008 metais, išleidžiant apie 1,5–2 milijardus eurų, nebuvo orientuota į mažas energetines sąnaudas. Tuo metu buvo orientuotasi į statybos darbų kiekybę, bet ne į kokybę, todėl apie pažangius technologinius sprendimus net kalba nepasisukdavo. Be to energetinių išteklių kainos (nafta, dujos) 2002–2006 metais buvo mažesnės nei šiuo metu. Reikėjo statyti daug, greitai ir visiems, o bankai siūlė vis didesnes ir geresnes paskolas su labai ilgu atidavimo terminu – net iki 40–ies metų. Ekonomika arba energetinis pastatų efektyvumas pradėjo rūpėti po 2008–2009 metų, kuomet algos pradėjo drastiškai mažėti, o energetiniai resursai bei bankų palūkanos judėjo priešinga kryptimi.

Europos šalių pastatuose sunaudojama apie 40% energijos, trečdalis šio kiekio – pramoninės, komercinės bei visuomeninės paskirties pastatams (biurams, mokykloms, ligoninėms, viešbučiams, kt.), kita dalis tenka gyvenamiesiems namams. Dėl šių priežasčių į aplinką patenka šiltnamio dujų ir teršiama gamta. Pastatams statyti sunaudojama daug įvairių išteklių: 40% akmens, žvyro, smėlio, 25% medienos, 16% gėlo vandens, kiekvienais metais išgaunamų pasaulyje. Šių ir kitų medžiagų naudojimas taip pat susijęs su energijos sąnaudomis. Kiekviename pastato būvio ciklo etape naudojama energija ir medžiagos.

2017 metais Energetikos ministerijos atnaujintame nacionalinės energetinės nepriklausomybės strategijos plane, numatomos keturios pagrindinės Lietuvos energetikos politikos kryptys – energetinis saugumas, konkurencingumas, žalios energijos plėtra ir inovacijos. Tų pačių metų gegužės mėnesį vykusiame ES šalių neformaliame energetikos ministrų susitikime buvo kalba apie veiksmus, kuriais bus vykdomos ES direktyvos. Šiose direktyvose nustatyta, kad iki 2030 metų ES narės privalo sumažinti energijos sąnaudas 30%. Ministrai teigė, kad gyvenamųjų pastatų renovacijos turėjo didelės įtakos energijos efektyvumui ir sekantis žingsnis turėtų būti energijos efektyvumo viešajame sektoriuje didinimas[2].

2017 metų gruodžio 17 d. išplatintame pranešime AB „Lietuvos bankas“ teigia, kad šalies ekonomika pastaruoju laikotarpiu reguliariai auga, Lietuvos ūkio plėtra yra gerokai pagyvėjusi. 2017 metais ekonominio aktyvumo augimą daug skatino pagerėjusi tarptautinė ekonominė aplinka. Anksčiau buvusi menkoka, šiemet pasaulyje gerokai ūgtelėjo paklausa investicinėms

prekėms, o tai pastebimai padidino tarptautinę prekybą bei visą Lietuvos BVP. BVP augimas pateikiamas 1.1 paveiksle.



1.1 pav. Bendras vidaus produktas Lietuvoje 2012 – 2018 metais [3].

Lietuvos BVP metinis augimas ateityje iki 2020 metų sieks apie 2,4%, tai yra nuo 2011 metų iki 2020 metų tikėtinas BVP augimas 3,5%. Žvelgiant dar toliau, Lietuvoje BVP metinis augimas nuo 2020 iki 2050 metų sieks apie 2%, tai yra nuo 2011 metų iki 2030 metų tikėtinas BVP augimas 59,1%, o nuo 2011 iki 2050 metų 136,3% [3].

Besivystanti ekonomika besąlygiškai šalyje didins ir energijos sąnaudas atskiruose sektoriuose. Lietuvos atsinaujinančių išteklių konfederacijos prezidento Martyno Nagevičiaus teigimu, augantis BVP turi įtakos bendram galutiniam energijos suvartojimui. Atlikus Lietuvos galutinio energijos suvartojimo ir BVP ryšio skaičiavimus nustatyta, kad koreliacijos koeficientas yra $\rho = 0,59$. Tačiau skirtingiems ekonomikos sektoriams koreliacijos koeficientas nustatytas skirtingai. Duomenys pateikti 1.1. lentelėje.

1.1 lentelė. Koreliacijos koeficientas tarp galutinio energijos suvartojimo ir BVP.

Kuro rūšis	Koreliacijos koeficientas tarp ūkio sektorių ir BVP
Galutinis suvartojimas, iš viso	0,594
Galutinis suvartojimas pramonėje	0,88048
Galutinis suvartojimas transporte	0,96036
Galutinis suvartojimas žemės ūkyje	0,60529
Kita	0,60008
Galutinis suvartojimas paslaugų sektoriuje ir kitose veiklose	0,50641
Galutinis suvartojimas namų ūkiuose	0,78037

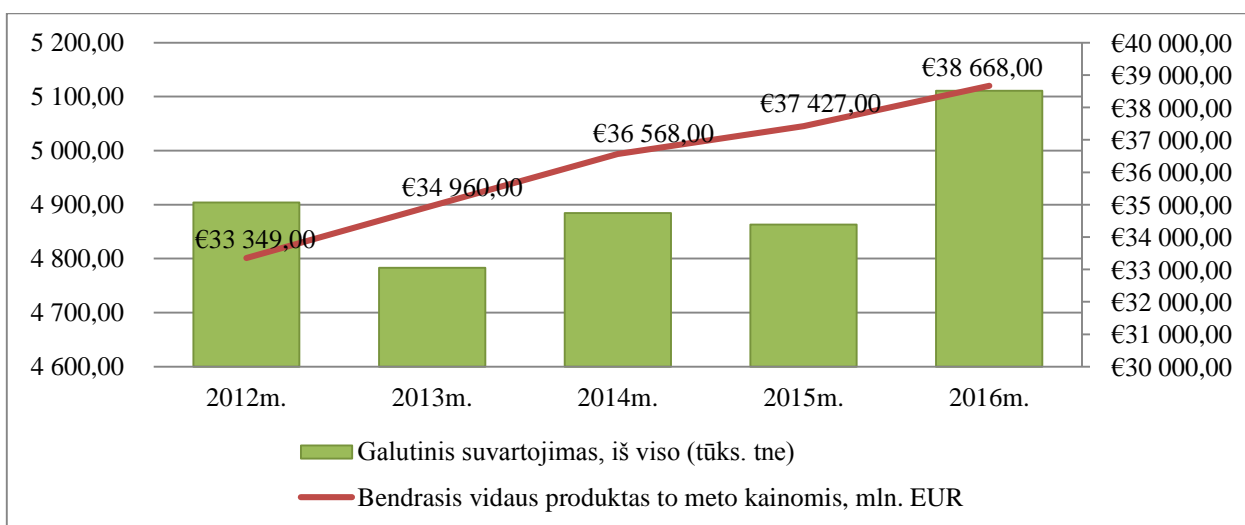
Skaičiavimams naudota pastarųjų ketverių metų statistika. Nustatyta, kad didžiausią įtaką augantis BVP turėjo transporto ir pramonės ūkio sektoriuose. Kituose sektoriuose šis rodiklis yra vidutiniškai $\rho = 0,55$, ryšys su BVP yra vidutinis. Skirtingi energijos šaltiniai turi skirtingą ryšį su ekonomikos augimu BVP padidėjus 1%: elektros energijos sąnaudos paslaugų sektoriuje padidėja 0,5%, kitos sąnaudos (šilumos, tiesioginis kuro vartojimas) padidėja 0,2% .

Energetikos Ministerijos išplatintame pranešime yra teigiama, kad Lietuvoje energijos vartojimas vienam BPV produkto vienetui sukurti yra 1,88 karto didesnis negu Europos Sąjungos vidurkis [4].

1.1 Galutinės energijos suvartojimas Lietuvoje

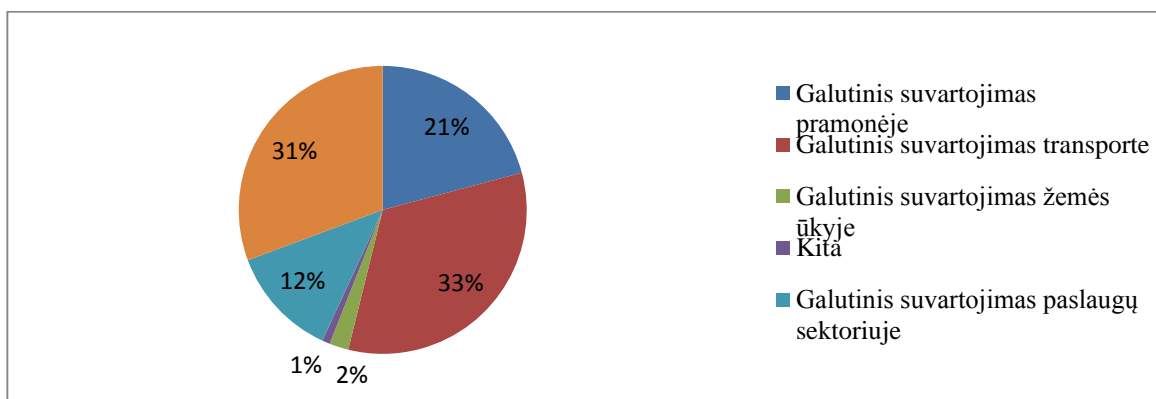
Lietuvos Respublikos energijos vartojimo efektyvumo didinimo įstatyme galutinės energijos suvartojimas yra įvardijamas kaip visas galutinės energijos, išskyrus, energetikos veiklai skirtą energiją, kiekis [5]. Galutinės energijos suvartojimo rodiklis yra vienas reikšmingiausių valstybės ir Europos Sąjungos ekonomikoje bei politikoje. Šis rodiklis parodo valstybės indėlį į vartojimo efektyvumo didinimą ir ekonomikos augimą.

Šalies vartotojų poreikiams tenkinti naudojami tiek šalies, tiek importuoti kuro ir energijos išteklių. Remiantis statistikos departamento duomenimis, šalies pagrindinių kuro ir energijos išteklių poreikis Lietuvoje nuo 2012 metų iki 2016 metų padidėjo 4,22% [6]. Suvestiniai duomenys pateikti 1.2 paveiksle.



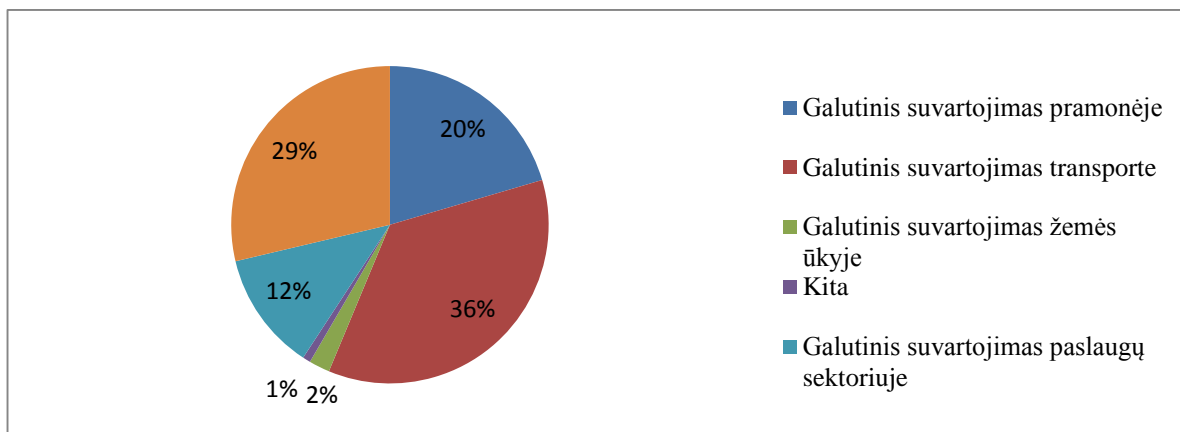
1.2 Pav. Galutinės energijos sąnaudų ir BVP to meto kainomis, pokyčių palyginimas [6].

Galutinės energijos suvartojimas tiriamuoju laikotarpiu Lietuvoje keitėsi netolygiai. 2013 metų galutinės energijos suvartijimas pateikiamas 1.3 paveiksle. Energijos sąnaudos lyginant su 2012 metais sumažėjo nuo 4903 tūks. tne. iki 4782 tūks. tne, o tai yra 2,55%. [9]. Didžiausią įtaką turėjo sumažėjęs gamtinių dujų sunaudojimas. Kitų kuro ir energijos rūšių sąnaudos didėjo, ypač akmens anglių ir durpių, bei atsinaujinančių energijos išteklių (vėjo, saulės ir t. t.). 2013 metais šalies pagrindinių kuro ir energijos išteklių importo poreikis išliko panašus kaip ir ankstesniais metais (padidėjo tik 0,6 %). 2013 metais Lietuva buvo visiškai priklausoma nuo importuojamo organinio kuro. Tai geriausiai atspindi energetinės priklausomybės rodiklis. Nors šis rodiklis šiek tiek sumažėjo, nuo 77,9% 2012 metais iki 76% 2013 metais, jis vis dar gerokai viršijo Europos Sąjungos vidurkį (53% 2012 metais). Galutinių vartotojų struktūroje 2013 metais didžiausią dalį užėmė transporto ir namų ūkių sektoriai, kur 2013 metais buvo suvartota atitinkamai 33,4 ir 31,1% energijos. Pramonės sektoriaus dalis galutinės energijos suvartojimo struktūroje sudarė 19,9%. Kelių transporte 2013 metais buvo sunaudota daugiau nei 1,3 mln. tonų degalų. Dyzelino populiarumas toliau augo, 2013 metais jo sunaudota 3 % daugiau nei 2012 metais, o benzino ir suskystintų naftos dujų paklausa mažėjo – atitinkamai 10,2 ir 3,9%.



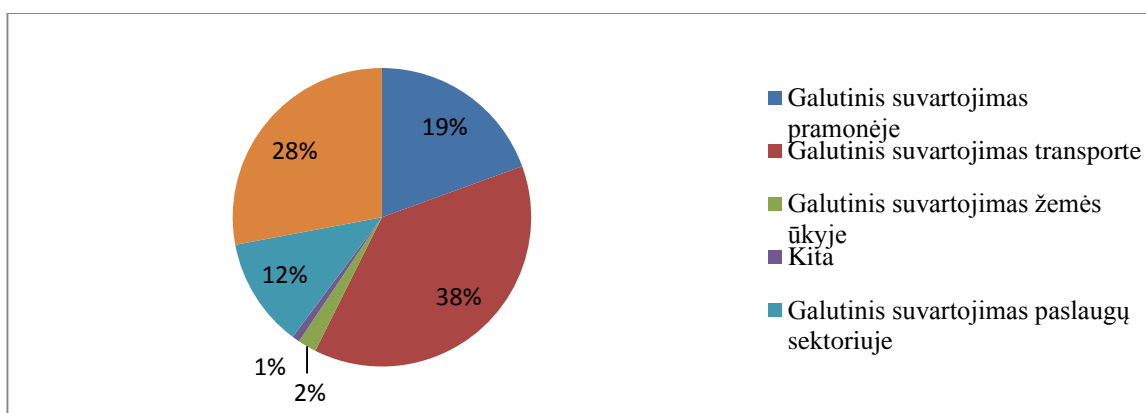
1.3 Pav. 2013 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius [6].

2014 metais Lietuvoje galutinis suvartojimas lyginant su 2013 metais padidėjo 2,13%, buvo lygus 4884 tūks. tne. Didžiausią įtaką energijos sąnaudų augimui turėjo transporto sektorius, šio sektoriaus sąnaudos lyginant su 2013 metais padidėjo 11,1%. Galutinių vartotojų struktūroje transporto sektorius užėmė didžiausią dalį – 36%. Pramonės, namų ūkio ir paslaugų sektoriai atitinkamai sudarė 20%, 29%, ir 12%. 2014 metų galutinės energijos suvartijimas pateikiamas 1.4 paveiksle.



1.4 Pav. 2014 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius [6].

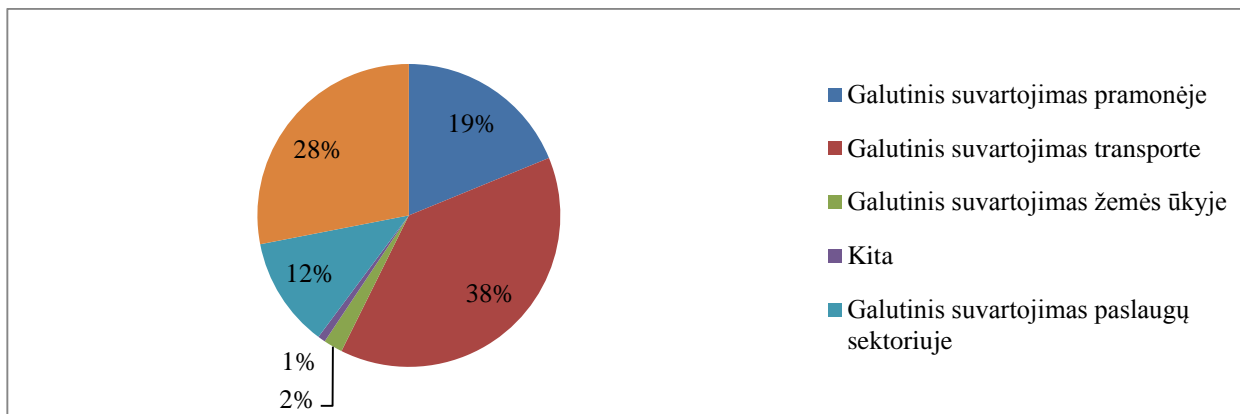
Lyginant 2015 ir 2014 metus, galutinis energijos suvartojimas sumažėjo 0,83%. Grafinis išskaidymas pateikiamas 1.5 paveiksle. Galutinių vartotojų struktūroje lyderiai nesikeitė. Didžiausią dalį sudarė transporto ir namų ūkių sektoriai, kuriuose 2015 metais buvo suvartota atitinkamai 38,4% (1844,4tūks. tne.) ir 28,3% (1359,7 tūks. tne) energijos. Pramonės sektoriaus dalis galutinės energijos suvartojimo struktūroje sudarė 18,5%. Transporto sektoriuje daugiausia sunaudota dyzelino (1,3 mln. tonų), namų ūkių sektoriuje – biokuro (2,5 mln. m³) bei centralizuotai gautos šiluminės energijos [6].



1.5 pav. 2015 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius [7].

Lietuvos statistikos departamento duomenimis, 2016 metų galutinis energijos suvartojimas Lietuvoje lyginant su 2015 metais padidėjo 5%, (žr. 1.6 paveisklą). Įtakos tam turėjo auganti šalies ekonomika, 2016 metais BVP tenkantis vienam šalies gyventojui padidėjo nuo 4863,1 Eur 2015 metais iki 5110,7 Eur, 2016 metais augimas 4,61%. Šalies vartotojų struktūroje 2016 metais didieji energijos vartotojai nesikeitė ir išliko tie patys, transporto, pramonės ir namų ūkio sektoriai. Remiantis statistikos departamento duomenis, transporto sektoriuje 2016 metais daugiausia sunaudota dyzelino – 1,4mln. tonų, namų ūkiuose populiariausia energijos rūšis – biokuras (2,47mln. m³). Šiuo laikotarpiu kuro ir energijos išteklių importo poreikis padidėjo 2,9%. Labiausiai didėjo

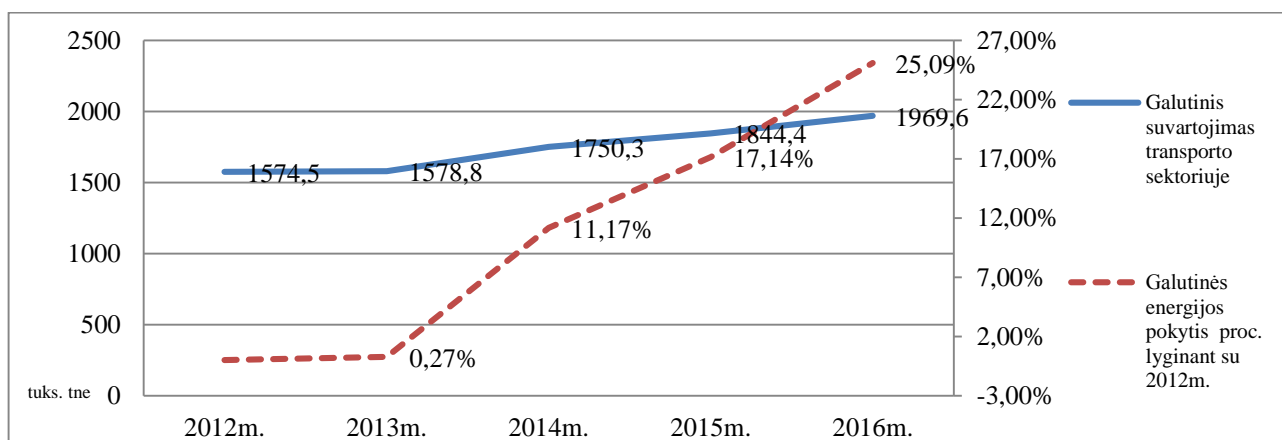
elektros energijos importas, o gamtinių dujų bei naftos produktų mažėjo. 2016 metais energetinės priklausomybės rodiklis buvo 75,3% [9]. 2015 metų galutinės energijos suvartojimo dalis pagal šalies ūkio sektorius.



1.6 pav. 2016 metų galutinės energijos suvartojimas pagal šalies ūkio sektorius [7].

Preliminariais vertinimais, nesiimant papildomų priemonių, kuriomis būtų didinamas energijos vartojimo efektyvumas, gamybos, tiekimo ir vartojimo srityse, bei išliekant panašioms augimo tempams (apie 2% per metus), galutinės energijos poreikiai Lietuvoje išaugtų apie 13% – nuo 54,9 TWh 2012 metais iki 60–62 TWh 2020 metais.

Analizuojant atskirus Lietuvos ūkio šakų galutines energijos sąnaudas 2012 – 2016 metais nustatyta, kad didžiausias suvartojamos energijos augimas yra transporto sektoriuje. Lyginant 2012 ir 2016 metus, šio ūkio sektoriaus galutinės energijos suvartojimas padidėjo nuo 4903,90 tūks.tne iki 5110,70 tūks. tne, o tai yra +25,09%. Transporto sektoriaus galutinės energijos suvartojimas pateiktas 1.7 paveiksle.

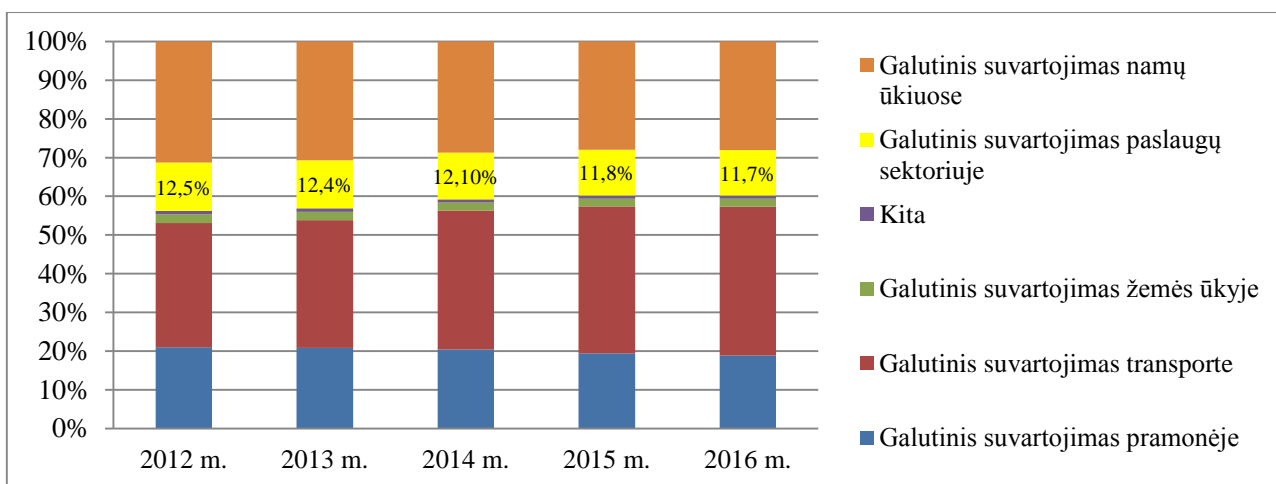


1.7 pav. Galutinės energijos suvartojimas transporto sektoriuje 2012 – 2016 metais [7].

Nacionalinėje susisiekiimo plėtros 2014 – 2022 metų programoje pažymima, kad šis sektorius vis dar visiškai priklausomas nuo iškastinio kuro, kurio vartojama vis daugiau, tuo pačiu didinant ir

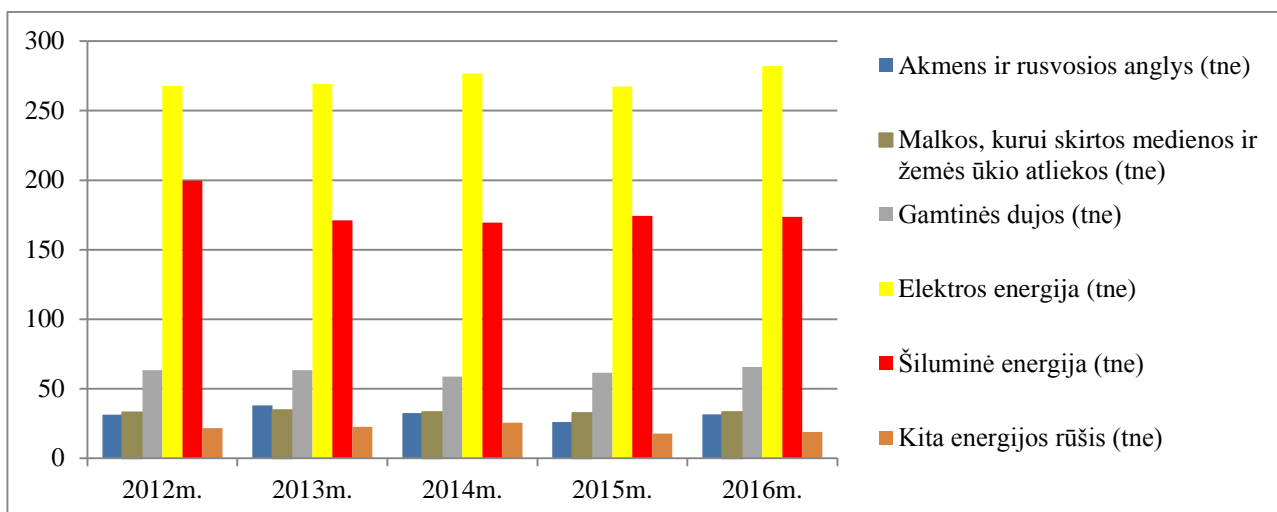
išmetamo į aplinką CO₂ kiekį. Statistikos departamento duomenimis, didžiausią suvartotos kuro rūšies dalį transporto sektoriuje užima dyzelinas. Ši kuro rūšis dažniausiai naudojama kelių ir geležinkelio transporte. Kitos rūšies kuras transporto sektoriuje vartojamas gerokai mažesniais kiekiais. Siekiant siekti tikslo, mažinti transporto priklausomybę nuo naftos ir švelninant poveikį aplinkai, Lietuvoje bus siekiama aktyviau naudoti alternatyviu kuru varomas transporto priemonės, bei plečiama tam reikiama infrastruktūra. Šis tikslas numatytas Nacionalinėje susisiekimo plėtros 2014–2020 metų programoje. Programoje taip pat yra numatyta, jog iki 2022 metų Lietuvoje šalia europinio lygio magistralių bus įrengta ne mažiau kaip 28 vnt. didelės galios visiems prieinamų elektromobilių įkrovimo prieigos taškų, o iki 2025 metų atsiras 10 viešų suslėgtų gamtinių dujų degalų papildymo punktų. Siekiama, jog miestų ir priemiesčių aglomeracijose, kur yra virš 25 tūkst. gyventojų, būtų įrengiama 100 viešų elektromobilių įkrovimo prieigų [8].

Lietuvos verslo konfederacijos prezidento Valdo Sutkaus teigimu, šalies paslaugų sektoriaus įmonių energijos suvartojimui didžiausią įtaką turi viešosios paskirties pastatai, tokie kaip ligoninės, mokyklos ir kiti valstybiniai pastatai [9]. Vyriausybė orientuojasi į šių pastatų renovaciją, tam yra skiriama Europos Sąjungos fondų lėšos. Siekiant tiksliau nustatyti paslaugų sektoriaus įtaką Lietuvos galutinės energijos suvartojimui, remtasi statistikos departamento duomenimis. Nustatyta, kad paslaugų sektorius 2012–2016 metais galutiniame energijos balanse sudaro vidutiniškai 12,1%. Šiuos duomenis atspindi 1.8 paveikslas.



1.8 pav. Paslaugų sektoriaus galutinės energijos sąnaudos bendrame šalies balanse [10].

Bendru požiūriu šis sektorius užima mažąją dalį galutinės energijos balanse, tačiau šio sektoriaus energijos sąnaudas verta analizuoti atidžiau. Statistikos departamento duomenimis, paslaugų sektoriuje elektros ir šilumos energijos poreikiai yra didžiausi lyginant su kitais energijos ir kuro šaltiniais. Duomenys pateikti 1.9 paveiksle.

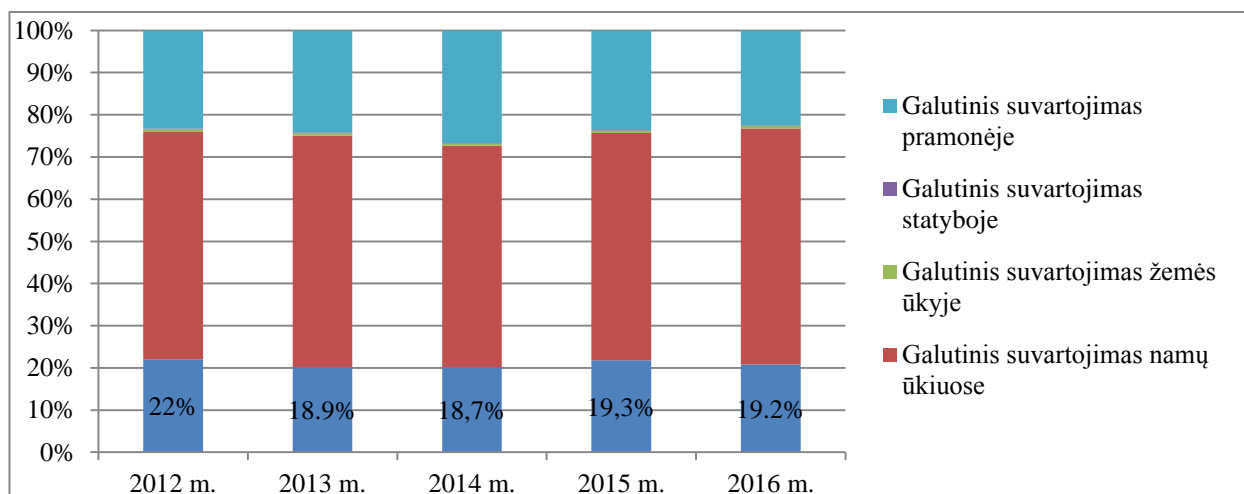


1.9 pav. Galutinės energijos suvartojimas pagal kuro ir energijos rūšis paslaugų sektoriuje [10].

Elektros energija sudaro 46,92% visų energijos sąnaudų paslaugų sektoriuje. Metinis elektros energijos poreikis reguliariai augo tiriamuoju laikotarpiu. Nuo 2012 iki 2016 metų šio sektoriaus elektros energijos sąnaudos padidėjo nuo 268 tūks.tne iki 281 tūks.tne. Skaičiuojamas 3% augimas. Nors paslaugų sektorius galutinės energijos balanse užima nedidelę – 12% dalį, tačiau šio sektoriaus suvartota elektros energija sudaro 33,64% bendrai šalyje suvartotos galutinės elektros energijos 2016 metais. Tiriamuoju laikotarpiu nuo 2012 iki 2016 metų paslaugų sektoriuje galutinės elektros energijos sąnaudos padidėjo 5,34%, atitinkamai nuo 267,8 tūks tne iki 282,1tūks. tne.

Šiluminė energija, tai sekanti energijos rūšis, kuri užima didelę dalį suvartotos energijos paslaugų sektoriuje, 32,63%. Metinis šilumos energijos poreikis paslaugų sektoriuje tiriamuoju laikotarpiu sumažėjo nuo 199,6 tūks tne 2012 metais iki 173,7 tūks tne 2016 metais. Skaičiuojamas 12% energijos sąnaudų mažėjimas. Tačiau kaip yra teigiama, 2017 metų Europos Komisijos ataskaitoje, šis energijos sąnaudų sumažėjimas yra siejamas su sąlyginai šiltomis 2013– 2014 metų žiemomis. 2017 metais šiluminės energijos sąnaudos tikėtina bus didesnės. Tam įtakos turėjo šaltesnė žiema ir ilgesnis šildymo sezonas šalyje.

Paslaugų sektoriaus šiluminės energijos sąnaudos sudaro 22% (1.10 paveikslas) bendrai šalyje suvartotos galutinės šilumos energijos. Šį sektorių lenkia namų ūkiai (54%) ir pramonės sektorius (23%).



1.10 pav. Paslaugų sektoriaus suvartota šiluminės energijos dalis galutiniame šilumos energijos balanse [10].

Kiti energijos ir kuro šaltiniai paslaugų sektoriuje sudaro apie 24% visų sąnaudų. Didžiausią dalį sudaro gamtinės dujos – 10,5%, malkos – 5,3% ir akmens ir rusvosios anglis – 5,2%, kurios taip pat yra skirtos pastatų šildymui.

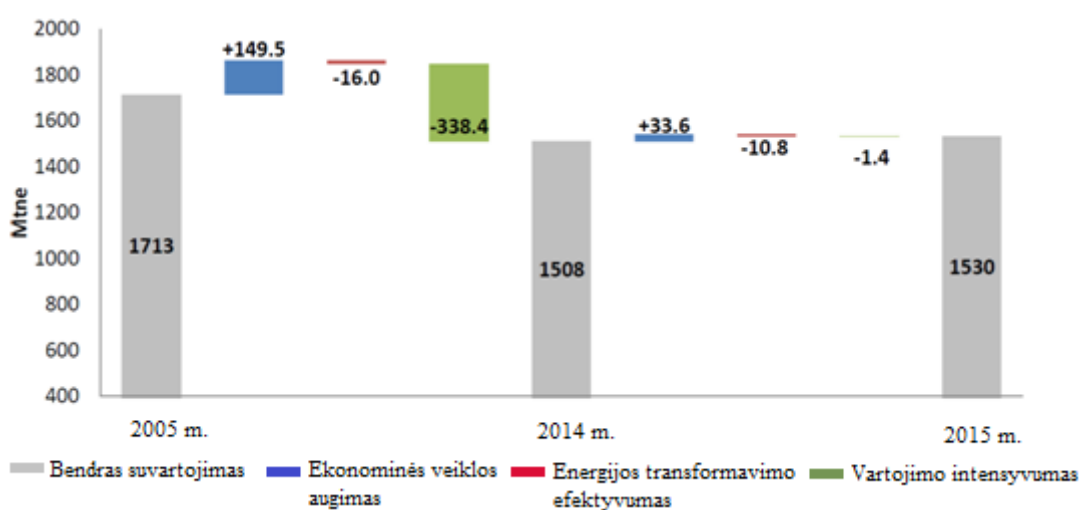
1.2 Europos Sąjungos šalių rezultatai siekiant 2012/27/ES direktyvoje numatytų tikslų.

Europos komisija stebėdama, kaip yra įgyvendinama 2012/27/ES direktyva, teikia ataskaitas kiekvienais metais. 2017 metų lapkričio 23d. COM(2017) 687 ataskaitoje yra pateikta naujausia informacija apie padarytą pažangą, siekiant įgyvendinti 20% tikslą. Kaip pagrindinis šaltinis yra naudojamas Eurostatui teikiama valstybių narių statistika. Šioje ataskaitoje remiamasi 2016 metų Energijos vartojimo efektyvumo pažangos ataskaita taip pat valstybių narių pateiktomis 2017 metų metinėmis ataskaitomis. Europos komisijos ataskaita ruošiamas remiantis Jungtinio tyrimo centro (toliau – JRC) ir Odyssee–Mure sukurtais išskaidymo analizės duomenimis. Ataskaitoje yra pateikiamos energijos sąnaudos nacionaliniu mastu, bei pagrindiniuose valstybių narių ūkių sektoriuose.

Ataskaitoje teigiama, kad atsižvelgiant į tai, kiek vidutiniškai per metus turi sumažėti galutinis energijos suvartojimas, kad būtų pasiekti orientaciniai tikslai, 2015 metais didelę pažangą siekdamas savo orientacinių galutinio energijos suvartojimo tikslų padarė 18 valstybių narių. Tačiau Austrija, Belgija, Bulgarija, Lietuva, Malta, Prancūzija, Slovakija, Švedija, Vengrija ir Vokietija savo galutinio energijos suvartojimo kasmet nemažino tiek, kad galėtų užtikrinti, jog 2020 metais pasieks savo tikslą. Apskritai 2015 metais 18-os valstybių narių galutinis energijos suvartojimas jau buvo mažesnis nei jų 2020 metų orientacinis galutinio energijos suvartojimo tikslas, išskyrus, vienuolika

valstybių, tame tarpe ir Lietuva. Taip pat pažymima, kad nuo 2005 metų galutinis energijos suvartojimas sumažėjo visose valstybėse narėse, išskyrus, Malta, Lenkija ir Lietuvą [11].

JRC analizėje buvo vertinama ekonominės veiklos, energijos transformacijos ir energijos vartojimo intensyvumo įtaka pirminės energijos suvartojimui 2005–2015 metų laikotarpiu. Rezultatai parodė, kad šiuo laikotarpiu pirminės energijos suvartojimas užaugo 21,4 Mtne. Tai buvo pirmas kartas po to, kai penkerius metus iš eilės energijos vartojimas mažėjo. Padidėjusį energijos suvartojimą, visų pirma, lėmė ekonominės veiklos augimas, +33,6 M.tne. Šį augimą iš dalies kompensavo energijos transformavimo efektyvumas (–10,8Mtne.), bei mažesnis energijos suvartojimo intensyvumas(1.4Mtne.) [12]. Duomenys pateikiami 1.11 pav.

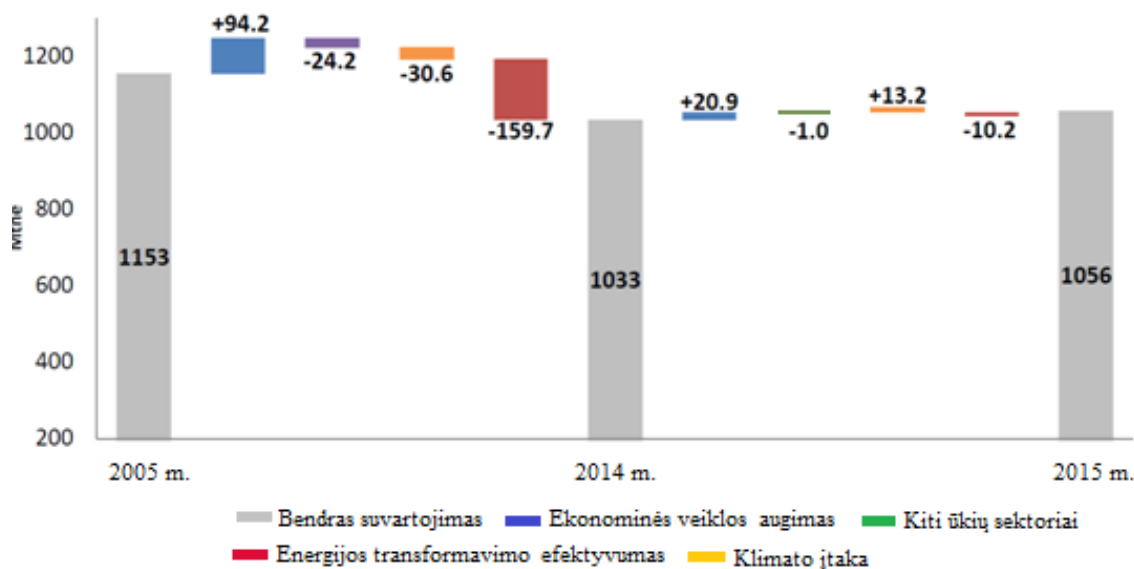


1.11pav. Pirminės energijos suvartojimas ES 2014 – 2015 metų laikotarpiu [12].

Kaip yra teigiama ES komisijos ataskaitoje, „Galutinio energijos suvartojimo sumažėjimą, visų pirma, lėmė jo sumažėjimas pramonės (–16 %) ir gyvenamųjų namų (–11 %) sektoriuose, ir kiek mažiau – energijos vartojimo sumažėjimas transporto sektoriuje (–3 %). Kita vertus, paslaugų sektoriuje energijos suvartojimas padidėjo (+2 %)“[11].

Taip pat JRC analizėje yra apžvelgiamas ir galutinės energijos suvartojimas 2005–2015 metais. Tiriamuoju laikotarpiu sumažėjo galutinės energijos sąnaudos dėl to, kad sumažėjo galutinio energijos vartojimas (–169,9 Mtne), kuriuo kompensuotas 115,1 Mtne energijos suvartojimas dėl ekonomikos augimo. Kituose valstybių narių ūkio sektoriuose energija vartojama efektyviau, galutinis energijos suvartojimas sumažėjo 25,2 Mtne. Klimato kaita taip pat turėjo įtakos energijos suvartojimui, šiltesnės žiemos sumažino energijos sąnaudas 17,4 Mtne. Dėl šių priežasčių 2005–2015 metais galutinis energijos suvartojimas visoje ES sumažėjo nuo 1153 iki 1056 Mtne. Duomenys pateikti 1.12 pav.

2014–2015 metais visoje ES nustatytas bendros galutinės energijos suvartojimo padidėjimas – +23 Mtne. Augimui didžiausią įtaką turėjo ekonominės veiklos augimas – +20,9 Mtne ir šaltesni orai +13,2 Mtne. Šiuo laikotarpiu pagerėjo energijos vartojimo intensyvumas (–10,2Mtne) taip pat mažėjo vartojamos energijos efektas kituose ūkio sektoriuose (–1,0 Mtne.).



1.12 pav. Bendras galutinis energijos suvartojimas ES 2014 –2015 metais [12].

Panašūs duomenys gauti „Odyssee–Mure“ projekto atliktoje 2005–2015 metų laikotarpio analizėje. Joje patvirtinama, kad padidėjusį suvartojimą, kurį lėmė ekonominės veiklos efektas, demografinė padėtis ir gyvenimo būdas, padėjo kompensuoti sutaupytos energijos kiekis.

Odyssee–Mure analizės metu nustatyta, kad mažesnę pirminės energijos suvartojimą lėmė mažesnis galutinis energijos suvartojimas (–109 Mtne). Taip pat svarbus vaidmuo teko ir padidėjusiam energijos vartojimo efektyvumui (–61 Mtne). Galutinis energijos suvartojimas padidėjo 39 Mtne dėl ekonominės veiklos efekto, o dėl demografinės padėties ir gyvenimo būdo – atitinkamai dar 26 ir 25 Mtne. 2005–2015 metais padidėjimas kompensuotas sutaupytos energijos kiekiu (–161 Mtne). Taip pat galutinės energijos sumažėjimui įtakos turėjo struktūriniai pokyčiai (–10 mtne) ir oro sąlygos (18 Mtne.) [13].

Pramonės sektoriuje energijos suvartojimo intensyvumą pavyko pagerinti 24 valstybėms, energijos suvartojimo intensyvumas sumažėjo 19%. Galutinis energijos sąnaudų kiekis pramonės sektoriuje nesumažėjo tik Graikijoje (+26 %), Vengrijoje (+19 %), Latvijoje (+14 %) ir Kipre (+11 %). Didžiausias pramonės sektoriaus vartojimo efektyvumas nustatytas Airijoje, Rumunijoje ir Bulgarijoje, čia vartojimo intensyvumas sumažėjo perpus. Žvelgiant į pokyčius 2014–2015 metais energijos vartojimas mažėjo visose valstybėse, išskyrus, Prancūzijoje ir Švedijoje [11].

Gyvenamųjų namų galutinis energijos suvartojimas ES 2005 - 2015 metų laikotarpiu sumažėjo 11%. Didžiausią įtaką turėjo išaugęs energijos vartojimo efektyvumas (–67 Mtne). Taip pat mažėjo šiluminės energijos poreikis dėl šiltesnių žiemų šiuo laikotarpiu. 21 valstybės narės gyvenamųjų namų sektoriaus galutinis energijos suvartojimas padidėjo 2015 metais, tam įtakos turėjo oro sąlygos (+5Mtne). Odyssee–Mure analizėje teigiama, kad „padidėjus būstų skaičiui ir vidutiniam jų dydžiui, taip pat padaugėjus prietaisų, energijos sąnaudos išaugo dar 4 Mtne"[11]. Lietuva šiame sektoriuje priskirta prie 11-os šalių, kuriose rezultatai suprastėjo. Prasčiausi rezultatai: Bulgarija (+19%), Lietuva (+10%), Rumunija (+6%) [11].

2005–2015 metais vienintelis sektorius, kuriame padidėjo energijos suvartojimas, buvo paslaugų sektorius. Nustatytas 2% augimas, arba +3,1Mtne. JRC išskaidymo analizės duomenimis, didžiausią įtaką turėjo paslaugų BPV augimas, dėl kurio energijos suvartojimas padidėjo 20,4 Mtne. Odyssee–Mure analizėje pateikiami išsamesni paslaugų sektoriaus duomenų išskaidymo rezultatai:

- teigiamas ekonominės veiklos efekto mastas (+20 Mtne);
- dėl šiltesnės žiemos (–5 Mtne);
- sutaupyto energijos kiekio (–6 Mtne);
- didesnio našumo (–3 Mtne);
- ir kitų efektų (–3 Mtne)

2015 metais energijos suvartojimas paslaugų sektoriuje padidėjo 3,6 %. Tam įtakos turėjo teigiami veiklos, klimato sąlygų ir našumo efektai [11].

Galutinis energijos suvartojimas transporto sektoriuje sumažėjo 3 % – nuo 2005 iki 2015 metų. Lietuva priskiriama prie šalių, kuriose energijos suvartojimas gerokai padidėjo (daugiau nei 20 %), į šį sąrašą taip pat pateko Malta, Lenkija, Rumunija ir Slovėnija. Nuo 2014 iki 2015 metų galutinis energijos suvartojimas ES transporto sektoriuje padidėjo beveik 2 %. Apie padidėjimą pranešė visos valstybės narės, išskyrus, keturias valstybes nares. Galutinis energijos suvartojimas padidėjo labiausiai Bulgarijoje (10%), Vengrijoje (8%), Lietuvoje ir Lenkijoje (5%). Pagrindinės priežastys, lėmusios augimą, yra 2015 metais suaktyvėjusi keleivinio ir krovinio transporto veikla, aviacijos transporto augimas. Odyssee–Mure analizėje nurodyta, kad ekonominės veiklos efektas yra svarbus veiksnys, nes dėl šios priežasties energijos suvartojimas padidėjo 9 Mtne. [11].

Europos komisijos ataskaitos išvadose pažymima, kad dėl oro sąlygų ir ekonomikos augimo energijos suvartojimo tendencijos galėjo pasikeisti. Energijos suvartojimas 2015 ir 2016 metais rodo, kad norint pasiekti 2020 metų tikslą, gali prireikti papildomų pastangų. 2015 ir 2016 metų žiemos buvo šaltesnės, dėl to didėjo šiluminės energijos poreikis. Lietuva yra priskiriama prie valstybių narių,

kurios neužtikrina energijos vartojimo mažinimą. Šioms valstybėms siekiant 2020 metų tikslų reikia imtis papildomų priemonių.

1.3 Tyrimai Lietuvoje ir užsienyje.

2017 metais pateiktoje ataskaitoje, siekiant nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo tikslų, pateikiami Lietuvos ekonominiai ir energetiniai 2015 – 2016 metų rodikliai. Taip pat pateikiami duomenys apie svarbiausias 2016 metų teisėkūros iniciatyvas, padedančias siekti nacionalinių 2020 metų energijos vartojimo efektyvumo tikslų. Pateikiama informacija apie valstybei nuosavybės teise priklausančių pastatų atitiktį energinio naudingumo reikalavimams. Analizėje išskiriamos šios pagrindinės pažangos:

- teisėkūros priemonių, padedančių siekti nacionalinių 2020 m. energijos vartojimo efektyvumo tikslų, gausa;
- gyventojų sąmoningumo didėjimas energijos suvartojimo srityje;
- pažangių technologijų diegimas, įmonių sertifikuotų kokybės vadybos sistemų pagal tarptautinius standartus diegimas, darbo našumo bei aplinkos taršos rodiklių gerinimas;
- Daugiabučių atnaujinimo (modernizavimo) programa, kurios dėka vyksta nuolatinis ilgalaikis šalies daugiabučių pastatų atnaujinimo procesas;
- mažėjančios energijos sąnaudos atskiruose ūkio sektoriuose;

Analizėje teigiama, kad dėl viešosios paskirties pastatų renovavimo nacionaliniu ir regioniniu lygiu įgyvendintos priemonės 2014 metais sutaupė 4,73 GWh, o įgyvendintos 2015 metais 1,19 GWh. Bendras sutaupymo efektas pagal šią priemonę nuo 2014 iki 2015 metų siektų 40,25 GW. [13]

Efektyvus energijos vartojimas pastatuose aktuali šių dienų tema, todėl siekiama rasti tokius ekologiškų pastatų vertinimo metodus, kuriuos būtų galima pritaikyti tarptautiniu mastu. Europoje labiausiai paplitusios pastatų sertifikavimo sistemos LEED (JAV) ir BREEAM (JK). Šios sistemos turi tam tikrų panašumų ir skirtumų, tačiau kiekviena šalis pasirenka, kuria vertinimo sistema vadovautis. Lietuvoje taikomas BREEAM metodas. Šis metodas pagrįstas ekonomine analize. BREEAM metodo svarbiausias kriterijus yra energija, toliau seka – vidaus aplinka ir komfortas, trečioje vietoje ekonominis atsiperkamumas ir investicijos. Šis tiriamasis projektas taip pat remsis pagrindiniais BREEAM kriterijais, energijos sąnaudų mažinimui atsižvelgiant į ekonominius skaičiavimus [14].

Pasaulinėje praktikoje yra atlikta nemažai tyrimų, dėl energijos vartojimo efektyvumo administraciniuose pastatuose. Didžioji dalis tyrimų, susijusių su pastato inžinieriais sprendimais, jų tobulinimais ir renovacijomis. Kita dalis tyrimų yra susiję su vartotojo įpročių tyrimais. 2015 metais A.Nilsson, K.Andersson ir C.J Bergstad atliko biuro darbuotojų elgsenos tyrimą energijos vartojimo aspektu. Tyrimo metu buvo siekiama nustatyti galimybes, mažinti biuro energijos sąnaudas, keičiant darbuotojų energijos vartojimo įpročius. Tyrime dalyvavo 93 tos pačios įmonės, trijų skirtingų padalinių darbuotojai. Skyriams atsitiktine tvarka buvo priskirtos energijos ir popieriaus taupymo metodinės programos:

1. Stebėjimo metodas;
2. Taupymo programa;
3. Taupymo programa + social identity manipulation.

Tyrimo trukmė – 4 savaitės. Prieš pradėdant tyrimą, normaliomis sąlygomis, neįtakojant darbuotojų įpročių ir elgsenos, buvo nustatytos atskirų padalinių spausdinimo popieriaus ir elektros energijos sąnaudos. Savaitę prieš tyrimą dalyviams buvo pateiktos anketos, kurias jie privalėjo atsakyti. Prasidėjus tyrimui, visoms tyrimo komandoms buvo išdalinta rekomendacinio pobūdžio informacija – taupymo priemonės. Rekomendacijoje buvo nurodomi tokie taupymo būdai kaip, išjungti šviesą patalpose, kai nėra asmenų, išjungti kompiuterius darbo dienos pabaigoje ar spausdinti tik būtiniausius dokumentus.

Pirmajai tyrimo grupei nebuvo suteikiamos jokios papildomos informacijos. Šios grupės veikla buvo tiesiog stebima. Antrajai ir trečiajai tyrimo grupėms buvo iškelti tikslai, tyrimo laikotarpiu sutaupyti 8% elektros energijos sąnaudų ir 15% spausdinamo popieriaus sąnaudų. Taip pat antrajai ir trečiajai tyrimo grupėms buvo teikiamos papildomos rekomendacijos, kuriose nurodoma, kokiais būdais pasiekti aukštesnių rezultatų. Šios dvi grupės tyrimo metu kiekvienos savaitės pabaigoje elektroniniu paštu buvo informuojamos apie pasiektus rezultatus.

Trečioji tyrimo grupė sulaukė papildomo dėmesio. Tyrimo pradžioje, kuomet buvo pateiktos anketos, šios grupės dalyvių papildomai parašyta įvardinti, ką jų skyriaus darbuotojai daro a) tikrai dažnai, b) tikrai retai, c) tikrai gerai, b) tikrai blogai. Kiekvieną savaitę siųsdami prieš tai minėtas rekomendacijas, tyrimo organizatoriai atsižvelgdavo į trečios grupės anketos atsakymus ir rekomendacijas sudarydavo pagal papildomus atsakymus.

Tyrimo rezultatai parodė, kad visos trys tyrimo dalyvavusios grupės sumažino elektros energijos ir spausdinamo popieriaus sąnaudas. Didžiausius rezultatus pasiekė Stebima grupė, kuri elektros energijos sąnaudas sumažino 12,9%, o spausdinamo popieriaus 8,3%. Kitos tyrimo grupės taip mažino sąnaudas, tačiau ne taip drastiškai. Tyrimo rezultatai parodė, kad energijos vartojimo

efektyvumas privalo būti užtikrinamas ne tik technologinėmis priemonėmis, bet racionalių jos vartojimu, kuris priklauso nuo vartotojų. [15]

2011 metais R. Kanapienė ir K. Čiurpinskius atliko analizę dėl skirtingų šilumnešių taikymo administraciniuose pastatuose. Analizėje teigiama, kad šiuolaikiniuose biurų pastatuose daugiausia energijos suvartojama šildymo ir vėdinimo sistemose. Šių sistemų įrengimo išlaidos biurų pastatuose sudaro 8–12% visų statybos ir remonto darbų. Eksploatavimo kaina sudaro 30–50% operacinių statinio išlaidų. Analizės tikslas buvo ištirti keturias skirtingas oro kondicionavimo sistemas. 1. Vandeninė ventiliatorių konvektorių oro kondicionavimo sistema; 2. vandeninė aktyviųjų šalčio sijų vėsinimo sistema; 3. Kintamojo šaldymo agento srautų sistema; 4. Orinė oro kondicionavimo sistema. Tyrimo objektu pasirinktas tipinis dviaukštis administracinis pastatas, pailgos formos, su bendru koridoriumi, stikliniu fasadu. Analizės metu buvo skaičiuojamos energijos ir eksploatacijos sąnaudos laikant, kad nagrinėjamos sistemos veiks šiltuoju laikotarpiu, gegužės – rugsėjo mėnesiais, 102 dienas po 10 valandų per parą, 5 dienas per savaitę.

Tyrimo rezultatai parodė, kad lyginant sistemas pagal sezoninį įrangos veikimo efektyvumo (ESEER) koeficientą, efektyviausia yra vandeninė sistema su aktyviosiomis šalčio sijomis. Naudingumo koeficientas 3,59. Mažiausias efektyvumo koeficientas yra 1,90 – orinės sistemos. Daugiausia išlaidų, pagal pradines investicijas, tenka freoninei sistemai įrengti, mažiausiai – orinei sistemai įrengti. Lyginant sistemas pagal išlaidas elektros energijai, mažiausiai sąnaudų tenka – vandeninei vėsinamųjų sijų sistemai, daugiausia išlaidų – tenka orinei sistemai. Analizės rezultatai parodė, kad ekonominiu požiūriu, iš visų keturių lyginamųjų sistemų, rekomenduojama rinktis vandeninę vėsinimo sistemą su ventiliatoriniais konvektoriais, kadangi šios sistemos atsipirkimo laikotarpis yra trumpiausias – 12 metų. Šio tyrimo rezultatai leido suprasti, kad vertinant administracinių pastatų energetinį efektyvumą, labai svarbu vertinti pastato vėdinimo sistemas, nes jos sudaro didžiąją dalį energijos sąnaudų. Vertinant taip pat labai svarbu atkreipti dėmesį, kokio tipo šilumnešio sistema yra taikoma. [16]

2018 metų balandžio mėnesį vykusiame Europos komisijos posėdyje, komisija balsavo ir priėmė galutinius sprendimus, dėl energijos vartojimo pastatuose. Nauji reikalavimai privers naudoti išmaniąsias technologijas pastatuose, taip dar labiau padidinant pastatų energetinį efektyvumą. Padės taupyti lėšas, skirtas pastatų administravimui, ir sukurs naujas darbo vietas pastatų renovacijos ir statybos sektoriuje. Vice prezidentas Maroš Šefčovič teigia, renovuojant pastatus, ir paverčiant juos protingais pastatais, mes siekiame kelių tikslų: mažinti sąskaitas už energijos vartojimą, didinti aplinkos apsaugą mažinant išmetamųjų teršalų kiekį [17].

2. ENERGIJOS TAUPYMO TEORINIAI SPRENDINIAI IR TYRIMO METODIKA

2.1. Energijos taupymo teoriniai sprendiniai

2.1.1. Energijos taupymas renovuojant pastato konstrukcines dalis

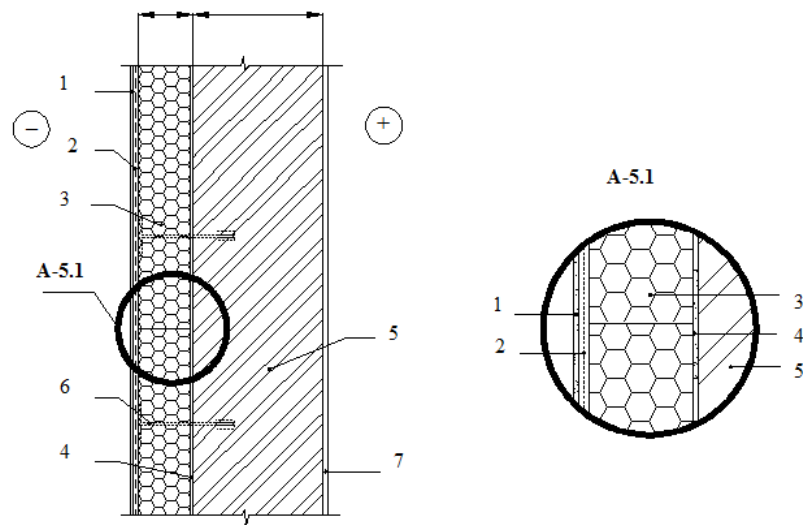
Kaip teigia V.Martinaitis, pastato energijos taupymo priemonės „gali būti skirstomos į tris grupes, konstrukcinės priemonės, energijos atupymo priemonės ir jautinės priemonės [...]“ [18].

Energijos taupymo priemonėmis rekonstruojant inžinerines pastato sistemas, susitaupo didelė dalis suvartojamos energijos. „Prie energijos taupymo priemonių priskiriama šilumos punkto keitimas, šildymo, vėdinimo oro kondicionavimo, karšto vandens sistemų, elektros tiekimo tinklų ir apšvietimo įrangos atnaujinimas“ [18]. Prie šių priemonių taip pat galima priskirti ir atsinaujinančių energijos šaltinių panaudojimą statinio eksploatacijoje.

Dalis statinio atnaujinimo priemonių, yra susijusios su statinio elementų atnaujinimu. Tai yra tokios priemonės, kurios skirtos pastato konstrukciniams elementams atnaujinti, bet tuo pačiu padeda taupyti šilumos energiją. „Įgyvendinus šias priemones labai pakinta pastato elementų šiluminių charakteristikų reikšmės.“ [18]. Prie tokių taupymo priemonių yra priskiriama stogo šiltinimas; išorinių atitvarų šiltinimas; rūsio perdangų šiltinimas; langų ir išorinių durų keitimas.

Statybos techniniame reglamente STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ yra nurodomos kelios atitvarų šiltinimo medžiagos, tai yra mineralinė vata ir polistireninis putplastis[19].

Statinių renovacijoje, išorinių atitvarų ir rūsio šiltinimui, dažniausiai naudojama medžiaga yra polistireninis putplastis. „Polistireniniame putplastyje oras uždarytas į 0,2-0,5 mm skersmens akeles, kurių sienelių storis siekia 0,001 mm. Oras, būdamas blogas šilumos laidininkas, iš akelių neišsiskaido, todėl polistireninis putplastis pasižymi geromis ir vienodomis per visą tarnavimo laikotarpį termoizoliacinėmis savybėmis. Polistireninio putplasčio gaminiams paprastai būdingas šilumos laidumo koeficiento vertė $\lambda = 0,030-0,045 \text{ W / m}\times\text{K}$. Juo šilumos laidumas mažesnis, tuo termoizoliacija geresnė.“[20]. Atitvarų šiltinimas, su polistireninio putplasčio termoizoliacine medžiaga, įrengimas pateiktas paveiksle 2.1. Atliekant pastato šiltinimo darbus polistireniniu putplasčiu arba mineraline vata, būtina išlaikyti gamintojo rekomendacijas bei vadovautis statybu techninio reglamento STR 2.01.10:2007 „Išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos“ nurodymais [21].



2.1 pav. Polistireninio putplasčio termoizoliacinės medžiagos įrengimas. 1 – baigiamasis išorinis apdailos sluoksnis; 2 – armuojantysis sluoksnis; 3 – polistireninis putplastis; 4 – klijų sluoksnis; 5 – laikanti siena; 6 – smeigė; 7 – vidinio sienos paviršiaus apdaila [21].

Vienas iš pastato konstrukcijų atnaujinimo metodų, kuris tuo pačiu ir padeda taupyti šilumos energiją, yra langų keitimas. Šie darbai pastate yra atliekami dėl kelių pagrindinių priežasčių:

- sumažinti šiluminės energijos pralaidumą iš pastato vidaus į išorę.
- pagerinti garso izoliaciją;
- dėl saugumo;
- Pagerinti estetinę pastato išvaizdą;

Būsto renovacijos asociacija yra pateikusi keturias pagrindines langų rūšis: aliuminio langai, plastikiniai langai, mediniai langai, aliuminio medienos langai. Aliuminio langai pasižymi patvarumu ir ilgaamžiškumu, tačiau turi prastas termoizoliacines savybes. Plastikiniai langai - ilgaamžiai, praktiški, tačiau neekologiški. Geriausiomis termoizoliacinėmis savybėmis pasižymi mediniai arba aliuminio mediniai langai, tačiau šie langai reikalauja daugiau priežiūros [22].

Didelė šilumos dalis yra prarandama per langus ($2,5- 3 \text{ W/m}^2$), dėl šios priežasties langų keitimas yra priskiriamas prie energijos taupymo priemonių. Šiuo metu rinkoje yra platus langų pasirinkimas, populiariausi Lietuvoje dviejų ir trijų stiklo paketų langai. Siekiant efektyviai vartoti šilumos energiją ir sumažinti nuostolius yra naudojami selektyvesniai stiklai. Selektivesniai stiklai – tai stiklai padengti metalu ir metalų oksido sluoksniu, sulaikančiu šilumą. Stiklo paketai su selektyvesniu stiklu išleidžia vidutiniškai $1,1 \text{ W/m}^2$ [23].

Nagrinęjant statinio ir jo pavienių elementų energetinį efektyvumą nustatya, kad mažiausias šilumos nuostolis per langus pasiekiamas, kai yra naudojami selektyviniai langai su argono dujų

užpildu stiklo pakete. Ši technologija leidžia papildomai 20 % sumažinti šilumos nuostolius per langus [23].

2.1.2 Energijos taupymo galimybės panaudojant atsinaujinančius energijos išteklius

Atsinaujinančius energijos išteklius AEI) statiniuose yra naudojami dviem būdais: „pasyviuoju – kai saulės, vėjo energija panaudojama tiesiogiai dėl fizikinių procesų ir aktyvusis – kai saulės, vėjo, biomasės, žemės gelmių energija reikalinga speciali ęranga [..]" [24].

Pasyvusis saulės energijos naudojimas – tai būdas, kai tinkamai suprojektuotas pastatas sugeria ir sulaiko patalpų viduje saulės spindulius, patenkančius pro pietinius langus ar įstiklintas duris. Vėjo energijos pasyviojo naudojimo pastate pavyzdys – vėjo turbina, skirta oro traukai pagerinti vėdinimo sistemoje. Įrengti pasyviąsias sistemas reikalingi tikslūs skaičiavimai, kartais – pradinės investicijos, (pritaikyti pastato fasadą ir užberti gruntu, įrengti saulės sieną ar vėjo turbiną), bet jų eksploatacija yra nemokama.

Aktyviosiose sistemose naudojami sudėtingesni įrenginiai, įvairūs prietaisai (pavyzdžiui, saulės kolektorių sistema, foto elementai, vėjo generatoriai). Todėl investicija į aktyviąsias sistemas yra didesnė. Aktyviosios sistemos skirtos šiluminei arba elektros energijai gaminti.

Lietuvos Respublikos Ūkio ministerijos išleistame leidinyje „Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas" [24] yra įvardinti šie pagrindiniai AEI: saulės architektūra, saulės kolektoriai, šilumos siurbliai, biokuras, fotovoltinės baterijos, vėjo jėgainės, tarpusavyje susiję kompleksiniai sprendimai.

Saulės architektūra

Pagal šiuolaikinę sampratą, saulės architektūra susieja energijos naudojimo veiksmingumą ir pasyvųjį bei aktyvųjį saulės energijos naudojimo būdus. Saulės architektūros principais suprojektuotas pastatas sugeria ir sulaiko patalpų viduje saulės spindulius, patenkančius pro pietinius langus ar įstiklintas duris. Gerai apšiltintuose pastatuose saulės energija, gaunama per skaidrias atitvaras, orientuotas į pietus, gali kompensuoti didelę šilumos poreikių dalį. Naudoti saulės energiją tiesioginiu būdu efektyvu, jei atsižvelgiama į tam tikras sąlygas:

1. Optimali pastato orientacija – išilgai ašies rytai–vakarai su galimu 30° nukrypimu nuo jos;
2. 50–70 % pastato langų ir kitų skaidrių atitvarų projektuojama pietinėje namo pusėje, o šiaurinėje – ne daugiau nei 10 %;
3. Pastatas turi būti gerai apšiltintas ir sandarus;
4. Vidinėms pertvaroms ir grindims reikalingos geros akumuliuojamosios savybės;

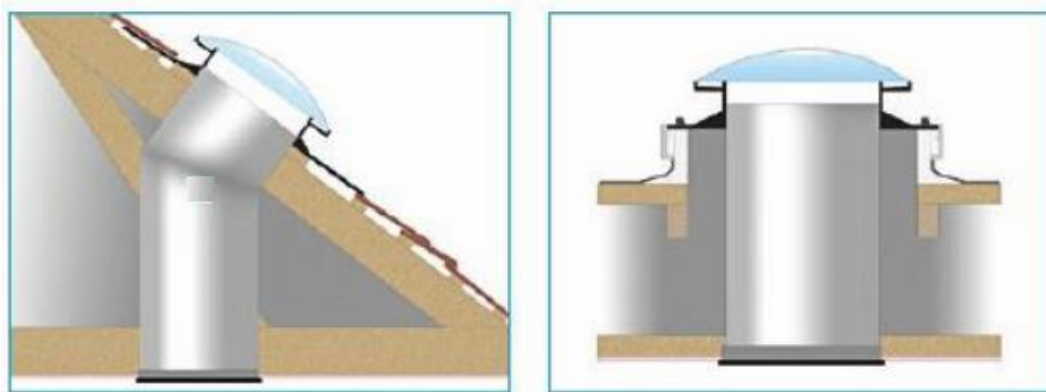
5. Būtni šešėlių sudarantys pastato elementai ar kitos priemonės nuo perkaitimo vasarą (tam tikru atstumu pasodinti lapuočiai, žaliuzės, stogeliai ir kt.)

Saulės šilumos akumuliacija

Tai yra statinio projektavimo principas, kuomet statinys yra projektuojamas taip, kad išlaikytų patekusią saulės energiją jo viduje, todėl svarbus veiksnys yra šilumą akumuliuojanti masė. Energija yra perduodama šilumos laidumo, konvekcijos, spinduliavimo būdu arba šiais trimis būdais kartu. Šilumą akumuliuojantys elementai patalpose pakeičia šilumos pasiskirstymą: sumažėja temperatūros svyravimai, nes pirmiausia šiluma sukaupiama, ir tik atvėsus patalpų orui išspinduliuojama. Todėl efektyviau naudojama patekusi į pastatą saulės energija. Kai saulė tiesiogiai apšviečia pastato vidų, šiluma kaupiasi masyviose sienose, grindyse ar kituose elementuose, todėl temperatūra namo viduje nepakyla per daug. Kai saulė neapšviečia patalpų ir oro temperatūra krinta, masyvūs elementai tampa šilumos šaltiniais [24].

Šviesos vamzdžiai

Šviesos vamzdžiais yra transportuojama dienos šviesa, ją koncentruoja veidrodžiai ir lęšiai. Ji yra perduodama giliau į pastatą vamzdžiais, kurių paviršius gerai atspindi šviesą. Vamzdžio gale yra emiteris, paskleidžiantis ir išskaidantis šviesą iki įprastos kokybės. Šviesos vamzdžiai naudojami sukurti dienos apšvietimą belangėse patalpose. Apniūkusiomis dienomis šviesos srautas gali būti nepakankamas, taigi būtinas dirbtinis apšvietimas. Šviesos vamzdžiai pritaikomi dideliuose prekybos centrų pastatuose, angaruose ir kitur [24]. Šviesos vamzdžio vizualizacija pateikta 2.2 paveiksle .



2.2 pav. Šviesos vamzdis [25].

Saulės kolektoriai

Šiose sistemose saulės energija absorbuojama kolektoriuose ir verčiama šiluma. Gauta šiluma gali būti naudojama šildymui arba karšto vandens ruošimui. Tokią sistemą sudaro uždara cirkuliacinė grandinė, talpa šilumai akumuliuoti ir papildomas šildytuvas (elektrinis arba dujinis). Yra keletas

saulės kolektorių tipų, dažniausiai naudojami plokšti vakuuminiai saulės kolektoriai. Sistemoje cirkuliuoja vanduo arba specialus neužšalantis skystis.

Jei naudojama sistema tiekianti tiek šilumą, tiek karštą vandenį, akumuliacinė talpa jungiama prie pastato šilumos tiekimo sistemos. Kai saulės energijos nepakanka patenkinti šilumos poreikių, naudojamas papildomas kaitinimo elementas užtikrinantis nuolatinį karšto vandens tiekimą. Saulės šilumos sistemą galima suderinti su kitomis sistemomis, tokiomis kaip centralizuotas šildymas, biokuro sistemos, šilumos siurbliai ir pan. Saulės kolektoriai gali būti integruojami tiesiai į pastato stogą ar kitus jo išorės elementus [24].

Šilumos siurbliai

Šilumos siurblio paskirtis – gaminti šilumą patalpoms ir karštam vandeniui ruošti. Šilumos siurbliai yra kelių modifikacijų: „vanduo–vanduo“, „glikolis–vanduo“ ir „oras–vanduo“. Pirmųjų dviejų modifikacijų šilumos siurbliai įprastai vadinami geoterminiais, nes šilumą ima iš žemės.

Šilumos siurblio aukšto slėgio kompresorius, uždaru kontūru varinėja dujas (freonus). Kiekviename šilumos siurblyje yra du šilumokaičiai, o tarp jų – kompresorius ir išsiplėtimo vožtuvas. Šiltasis šilumokaitis – kondensatorius – atiduoda šilumą kaitinamam kontūrai, kuris šildo vandenį. Šaltasis šilumokaitis – garintuvas – atiduoda (išneša) šaltį į lauką. Kompresorius suspaudžia kontūre esantį freoną, kuris tampa dujinės būsenos, o dėl didelio suspaudimo jis įkaista. Įkaitusios dujos keliauja per šilumokaitį, kuriam atiduoda visą šilumą. Atidavusios šilumą dujos ima skystėti, o pasiekus išsiplėtimo vožtuvą, kuris sumažina dujų slėgį, šis procesas labai suintensyvėja: freonas ima sparčiai vėsti ir virsta skysčiu. Garintuve freonas turi būti pašildomas tam, kad imtų garuoti, nes kompresorius turi suspausti freono dujas, o ne skystį. Šiam pašildymui reikalinga energija imama iš žemės (grunto), vandens arba oro. Pagrindinis šilumos siurblio rodiklis yra efektyvumo koeficientas (angl. coefficient of performance, toliau COP). Šis rodiklis nusako, kiek iš vienos kilovatvalandės elektros energijos, šilumos siurblys pagamina šilumos energijos. Šiuo metu yra paplitę šilumos siurbliai, kurių COP gali siekti nuo 3 iki 5 [24].

Fotovoltinės sistemos

Foto elektros moduluose (saulės baterijoje) saulės energija yra verčiama į elektrą. Tipinio modulio, kurio plotas tarp 0,6–1,5 m galia yra apie 100W. Apie 10–15% saulės energijos patekusios į foto modulį yra paverčiama į elektrą. Foto elektros moduliai gamina nuolatinę srovę, kuri turi būti konvertuojama į kintamąją srovę. Pagrindinė saulės energijos dalis paverčiama į šilumą, tačiau šylant saulės elementui mažėja jo efektyvumas. Aušinant baterijos elementus galima padidinti jų veikimo efektyvumą ir gauti šiluminę energiją. Foto elektros elementai taip pat gali būti integruojami į pastato išorės dizainą [24].

Mažosios vėjo jėgainės.

Mažosios vėjo jėgainės (toliau MVE) dažniausia naudojamos, kaip autonominės elektrinės, individualaus namo ar biuro buitiniams poreikiams tenkinti. MVE pavyzdys pateikiamas paveiksle 2.3. MVE laikomos tokios elektros energiją generuojančiomis jėgainėmis, kurių galia ne didesnė negu 100 kW. Jei yra galimybė ir ekonomiškai tikslinga, mažosios VE ir mikro elektrinės jungiamos į energetikos sistemos elektros tinklą, tuomet joms nebūtinai reikalingas energijos kaupiklis. Šiuo metu tarp MVE populiariausios yra vertikalios ašies su buriniu vėjaračiu [14]. Pagrindiniai šio tipo MVE privalumai:

- sąlyginai nedideli vėjaračio gabaritai, leidžiantys montuoti jėgaines ant statinių stogų;
- šios elektrinės pagamina 50% daugiau energijos, negu MVE generatorius su tokio paties ploto horizontalios ašies vėjaračiu;
- jos pradeda generuoti energiją, esant mažam vėjo greičiui (2–3m/s);
- natūralus burinio vėjaračio sukimosi greitis yra kur kas greitesnis, negu horizontalios ašies vėjaračio, todėl parinkus lėtaeigį generatorių, išvengiama būtinybės naudoti brangius multiplikatorius;
- nėra reikalo mechaniškai stabilizuoti ar stabdyti vėjaračio esant dideliems vėjo greičiams;



2.3 pav. Mažosios vėjo jėgainės [25].

MVE taip pat yra naudojamos hibridinėse vandens šildymo sistemose. Ši technologija yra gerai žinoma, tačiau retai naudojama, nes dėl nedidelių tradicinio kuro kainų šiluminė energija buvo pigi. Padėtis kuro rinkoje greitai keičiasi ir šiuo metu vėjo energija vandeniui šildyti gali būti naudojama gana efektyviai. Hibridinės vandens šildymo sistemos apjungia dvi technologijas, tai yra saulės

kolektorius ir MVE. Sujungus šias dvi technologijas į vieną hibridinę sistemą, padidėja karšto vandens tiekimo patikimumas per visus metus [24].

2.2 Tyrimo metodikos pagrindimas

2.2.1 Objekto inžinerinių sistemų apžiūra

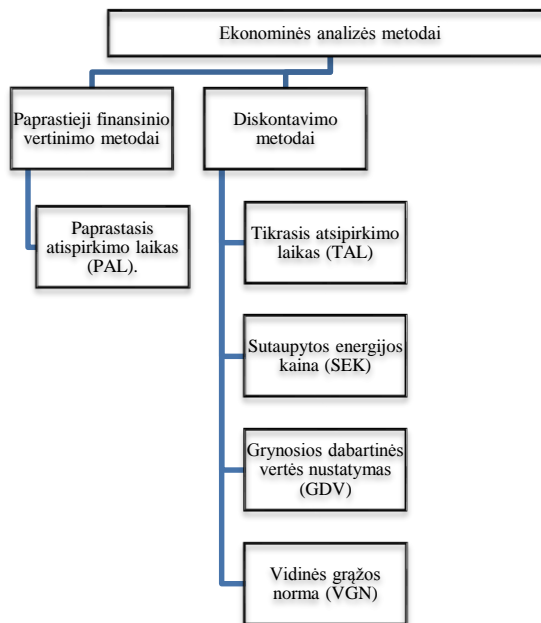
Didėjantys energijos poreikiai ir įsipareigojimai Europos Komisijai, bei jos keliami 2020 metų tikslai, verčia ieškoti energijos taupymo priemonių, kurios padėtų efektyviai siekti keliamų tikslų. Darbe atliekama administracinio pastato inžinerinių tinklų bei energijos poreikių analizė. Nustatomos galimos energijos taupymo priemonės, vertinamas sutaupytos energijos kiekis, apskaičiuojamas atsipirkimo laikas, sutaupytos energijos kaina, bei kiti ekonominiai rodikliai. Darbas atliekamas remiantis „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika“ [27]. Ši metodika yra patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 metų. balandžio 29d. įsakymu Nr. 4-184.Tyrimas atliekamas keliais etapais.

Pirmasis etapas - statinio inžinerinių sistemų apžiūra, objektą apibūdinančių įvesties duomenų surinkimas. Apžiūros metu yra nustatomos statinio inžinerinės sistemos, kurios yra nagrinėjamos tiek, kiek jos yra susijusios su energijos ir šalto vandens vartojimu pastate. Aprašomas pastato šildymo sistemos tipas, įvertinama esama įranga, šilumnešio vamzdynų izoliacijos būklė. Nustatomas karšto vandens ruošimo būdas.

Antrasis etapas – energijos, šalto vandens sąnaudų ir išlaidų analizė. Sudaroma objekto energijos ir šalto vandens faktinių sąnaudų ir išlaidų rezultatų suvestinė per 2016 – 2017 metus. Šilumos energijos faktinės sąnaudos patalpų šildymui perskaičiuojamos norminėmis sąnaudomis šildymo sezonui. Objekto šilumos energijos faktinės sąnaudos paskirstomos proporcingai pastato šildomų patalpų bendram plotui, finansinės išlaidos suvestinėje nurodomos su pridėtinės vertės mokesčiu. Energijos ir šalto vandens sąnaudų ir išlaidų duomenys, ir atliktų skaičiavimų rezultatai, yra pateikiami lentelėse ir grafinėse diagramose.

Trečiasis etapas - energijos taupymo priemonių parinkimas ir galimų sutaupymų nustatymas, taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas. Remiantis objekto apžiūros rezultatais, parenkamos organizacinės techninės priemonės energijos sąnaudoms mažinti. Šių priemonių galimų sutaupymų nustatymas pagrindžiamas skaičiavimais. Skaičiavimo rezultatai išreiškiami energijos vienetais per atitinkamą laikotarpį (MWh/metus, kWh/metus, ir t. t.). Apskaičiuojant energijos ir šalto vandens taupymo priemonių investicijas, vadovaujamosi energijos taupymo priemonių rinkos kainomis ir sustambintais statybos darbų kainų apskaičiavimo rodikliais.

Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo vertinimo metu nustatoma, ar taupymo priemonė ir jo rezultatai yra finansiškai patrauklūs. Skaičiavimai atliekami naudojant pagrindinius ir dažniausiai metodologinėje literatūroje pateikiamus bei praktiškai taikomus ekonominio vertinimo metodus. Šie metodai skirstomi į paprastuosius ir diskontavimo. Ekonominės analizės metodai pateikti paveiksle 2.4.



2.4 pav. Ekonominės analizės metodai. [Sudaryta autoriaus].

2.2.2 Tyrimo skaičiavimo metodika

Balanso sudarymas

Pagal turimus duomenis sudaroma tiriamojo objekto atskirų energijos faktinių sąnaudų ir išlaidų rezultatų suvestinė, suvestinėje išlaidos nurodomos su pridėtinės vertės mokesčiu. Visos išlaidos ir sąnaudos pateikiamos lentelėse bei grafinės diagramose.

Tiriamame objekte nėra įrengta apskaitos prietaisų atskiruose objekto dalyse, ar atskiroms įrenginių grupėms. Statinio elektros energijos balansas sudaromas paskirstant faktines sąnaudas proporcingai pagal atskirų pastate įrengtų elektros įrenginių galingumą, išnaudojimo koeficientą ir darbo laiką.

Šilumos energijos sąnaudų paskirstymas, neesant įrengtų apskaitos prietaisų atskiruose objekto pastatuose, yra proporcingas pastatų šildomų patalpų bendram plotui.

Faktinių energijos sąnaudų perskaičiavimas į norminius

Pastato energijos sąnaudų normalizavimu vadinamas energijos sąnaudų perskaičiavimas norminėms sąlygoms, kai patalpų ir lauko temperatūros yra tokios, kaip nustatyta tai reglamentuojančiuose dokumentuose. Tiriamajame darbe faktinės energijos sąnaudos perskaičiuojamos pagal (2.1) formulę, kai yra žinoma paskutinių kalendorinių metų šildymo sezono trukmė, išorės ir pastato vidaus patalpų oro vidutinė temperatūra [27].

$$Q_{f.s.n.} = Q_{f.s.} \times \frac{(\theta_{i.n.} - \theta_{e.n.}) \times z_n}{(\theta_{i.f.} - \theta_{e.f.}) \times z_f.} \quad (2.1)$$

čia:

$Q_{f.s.n.}$ – pastato faktinės šilumos energijos sąnaudos patalpų šildymui, perskaičiuotos norminiam šildymo sezonui, MWh;

$Q_{f.s.}$ – paskutinių kalendorinių metų šildymo sezono faktinės šilumos energijos sąnaudos patalpų šildymui, MWh;

$\theta_{i.n.}$ – pakoreguota pagal Metodikos 33 punkto reikalavimus pastato vidaus patalpų oro norminė temperatūra, C;

z_n – norminio šildymo sezono trukmė, paromis;

$\theta_{e.n.}$ – išorės oro norminės temperatūros vidutinis dydis audituojamam laikotarpiui, C;

$\theta_{i.f.}$ – vidaus patalpų faktinė vidutinė temperatūra, C;

$\theta_{e.f.}$ – išorės oro faktinė vidutinė temperatūra, C;

z_f – audituojamo šildymo sezono faktinė trukmė, paromis;

Paprastasis atsipirkimo laikas

Planuojamų investicijų energijos ir taupymo priemonėms įdiegti paprastasis atsipirkimo laikas (PAL), kuris nustatomas pagal (2.2) formulę. Šis rodiklis nustatomas kaip metų skaičius, per kuriuos dėl energijos taupymo priemonių sutaupyta lėšos turi padengti pradines investicijas. PAL yra vienas labiausiai suprantamų ir dažniausiai taikomų investicijų vertinimo rodiklis [28].

$$PAL = \frac{I}{S} \quad (2.2)$$

čia

I – planuojamos investicijos energijos ir šalto vandens taupymo priemonėms įdiegti, Eurais;

S – planuojami metiniai sutaupymai įdiegus numatytas energijos taupymo priemones, Eurais/metus; Atsipirkimo laikotarpis vertinamas remiantis Europos Sąjungos (ES) 2012/27/ES „Energijos vartojimo efektyvumo“ direktyva. Investicijų į energijos efektyvumą didinančioms priemonėms atsipirkimo laikas turi būti ne ilgesnis negu 20 metų [29].

Tikrasis atsipirkimo laikas

Planuojamų investicijų energijos ir taupymo priemonėms įdiegti tikrasis atsipirkimo laikas (TAL) nustatomas pagal (2.4) formulę:

$$TAL = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_0}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} \quad (2.4)$$

čia:

TAL – metais;

I_0 – investicijos, planuojamos energijos ar šalto vandens taupymo priemonėms įdiegti, pirmųjų metų verte, eurais;

ΔS – planuojami kasmetiniai sutaupymai, po planuojamų energijos ar šalto vandens taupymo priemonių įdiegimo, pirmųjų metų vertė, eurai/metus;

d – diskonto norma, įvertinus planuojamą energijos ar šalto vandens brangimą, išreikšta vieneto dalimis per metus (toliau vnt. d./metus);

Atsipirkimo laikotarpis vertinamas remiantis Europos Sąjungos (ES) 2012/27/ES „Energijos vartojimo efektyvumo“ direktyva. Investicijų į energijos efektyvumą didinančioms priemonėms, atsipirkimo laikas turi būti ne ilgesnis negu 20 metų [29].

Sutaupytos energijos kaina

Energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo vertinimui naudojamas sutaupytos energijos kainos rodiklis. Šis kriterijus apima priemonių gyvavimo laiką ir pinigų skolinimosi kainą. Sutaupytos energijos kaina yra skaičiuojama pagal (2.5) formulę [27].

$$SEK = \frac{I}{Q_s} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} \quad (2.5)$$

čia:

I – energijos taupymo priemonės pradinė investicija;

Q_s – sutaupytos energijos kiekis per metus, MWh;

n- priemonės gyvavimo laikas, metais;

d – diskonto norma, vieneto dalimis;

SEK rodiklis skaičiuojamas paprasčiau negu GDV arba VGN, jo interpretavimas taip pat yra šiek tiek paprastesnis. SEK rodiklis parodo, kas pigiau – taupyti energiją investuojant į taupymo priemones, ar ją vartoti. Kaip vienas iš įvardijamų SEK privalų yra, kad jo reikšmė nepriklauso nuo energijos kainos. Jeigu energijos taupymo priemonės SEK reikšmė yra gauta aukštesnė nei esama energijos kaina, bet žemesnė negu prognozuojama kaina ateityje, tuomet energijos taupymo priemonę įgyvendinti verta. SEK rodiklio ir faktinės energijos kainos palyginimas rodo ekonominę energijos taupymo priemonės priimtinumą. SEK rodiklis tiriamajame projekte yra vertinamas pagal šias taisykles:

- Jeigu energijos taupymo priemonės SEK rodiklis yra mažesnis už faktinę energijos kainą, tai energijos taupymo priemonė yra efektyvi;
- Jeigu energijos taupymo priemonės SEK rodiklis yra didesnis už faktinę energijos kainą, tai energijos taupymo priemonė yra neefektyvi;

Grynoji dabartinė vertė

Siekiant objektyvaus energijos taupymo priemonių vertinimo, tiriamajame projekte pasirenkami fundamentalūs ekonominio efektyvumo vertinimo metodai, grynoji dabartinė vertė (GDV) ir vidinė gražos norma (VGN). Šie kriterijai apima investicijų nulemtą naudą per tam tikrą laikotarpį. Siekiant palyginti skirtingų taupymo priemonių ekonominį efektyvumą, būtina numatyti vienodą vertinamąjį laikotarpį. Pasirinktų energijos taupymo priemonių gyvavimo laikotarpio skirtumas įvertinamas papildant pinigų srautus papildomomis reinvesticijomis ar investicijomis. Dėl šios priežasties taikant GDV ir VGN kriterijus visiškai išsprendžiama problema, susijusi su energijos taupymo priemonių gyvavimo laiku. [18]

Sudarant taupymo priemonės pinigų srautus yra vertinamos visos investicinės sąnaudos (CAPEX) ir operacinės sąnaudos (OPEX) išreikštos Eurais. CAPEX sąnaudas sudaro pinigų srautai, skirti energijos taupymo priemonės įsigijimui, diegimui, derinimui, papildomos instaliacinės medžiagos. OPEX sąnaudas sudaro taupymo priemonės periodiniai patikrinimai, derinimai ir kiti eksploataciniai darbai per energijos taupymo priemonės skaičiuojamąjį gyvavimo periodą. Taip pat į OPEX sąnaudas yra įtraukiama priemonės reinvesticija, jeigu priemonės gyvavimo trukmė trumpesnė negu 20 metų.

GDV ir VGN kriterijai apskaičiuojami remiantis diskontuotais pinigų srautais, taikant palūkanų normą, kuri paprastai prilyginama rinkos palūkanų normai. Lyginant skirtingų energijos taupymo

priemonių ekonominių efektyvumą, tyrime naudojama vienoda diskonto norma visoms energijos taupymo priemonėms (0,06%).

$$GDV = DV_S - I - \sum_{t=0}^N DV_n(RI) + DV_N(LV); \quad (2.6)$$

čia:

GDV – Grynoji dabartinė vertė;

I – energijos taupymo priemonės pradinė investicija;

$DV_n(RI)$ – energijos taupymo priemonės reinvesticijų dabartinė vertė, Eur;

$DV_N(LV)$ – energijos taupymo priemonės likutinė vertė vertinamojo laikotarpio N pabaigoje dabartinė vertė, Eur.

Tyrimo metu apskaičiuotos GDV bus vertinamas pagal šias taisykles:

- Jeigu energijos taupymo priemonės GDV yra didesnė negu 0, priemonė yra ekonomiškai efektyvi;
- Jeigu energijos taupymo priemonės GDV yra mažesnė negu 0, priemonė yra ekonomiškai neefektyvi;
- Lyginant kelias energijos taupymo priemones, priimtinausia yra ta priemonė, kurios GDV per vienodą priemonių gyvavimo laikotarpį yra didžiausias;

Vidinės gražos norma

Vidinė gražos norma (VGN) yra diskonto norma, kuriai esant inovacinio sprendimo grynoji dabartinė vertė lygi 0, arba būsima grynujų pinigų srautų dabartinė vertė lygi dabartinei investicijų sumai. „jeigu energijos taupymo priemonių ar priemonių paketo VGN yra aukštesnė už minimalią reikalaujamą pelningumo normą (paprastai ji prilyginama palūkanų normai, gali būti apytiksliai apskaičiuota iš rinkos palūkanų normos atėmus prognozuojamą bendros infliacijos normą), priemonė ar priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus [..]" [18]. VGN apskaičiuojama pagal 2.7 formulę:

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) * \frac{NPV}{NPV_1 - NPV_2}; \quad (2.7)$$

čia:

N – nusidėvėjimas (amortizacija), Eur;

$V1$ – pradinė turto vertė, Eur;

$V2$ – likvidacinė turto vertė, Eur;

T – turto naudojimo laikas, metais.

Jautrumo analizė

Atlikus taupymo priemonių ekonominio efektyvumo analizę, bus atliekama jautrumo analizė, keičiant diskonto normas ir stebint kaip nuo to keičiasi TAL GDV rodikliai. Jautrumo analizės tyrimo duomenys: diskonto norma 3%, šildymo kaina nekinta; diskonto norma 9%, šildymo kaina nekinta;

3. OBJEKTO INŽINERINIŲ SISTEMŲ APŽIŪROS REZULTATAI

3.1. Tiriamojo pastato aprašas

Tiriamasis objektas – keturių aukštų administracinės paskirties pastatas su rūsiu Vilniaus mieste (pastato valdytojo pageidavimu tikslus pastato adresas nenurodomas). Administracinės paskirties pastatas stačiakampio formos, plotis - 18 metrų, ilgis – 78 metrai, aukštis - 12 metrų. Pastato naudingasis plotas 5488 m², šildomas plotas 3520,28 m². Pastatas statytas 1970 –1980 metų laikotarpiu, išorinės ir vidinės pastato sienos – mūrinės, horizontaliosios pastato perdangų konstrukcijos iš standartinių gelžbetonio plokščių. Statinys renovuotas keliais etapais, 2007 metais renovuotos išorinės pastato sienos padengiant termoizoliaciniu polietileniniu putplasčiu ir baigiamuoju išoriniu apdailos sluoksniu. Pertvarkant vidines erdves panaudotos gipskartonio konstrukcinės pertvaros. Renovuojant pastatą, pakeisti langai, sumontuoti plastikiniai, dviejų stiklo paketų (112 vnt.). Tiriamajame objekte įrengta 351 darbo vieta. Vėlesni renovacijos etapai aprašomi sekančiuose tiriamojo projekto dalyse. Pastatas sertifikuotas, jam yra išduotas pastato energetinio naudingumo sertifikatas, kuriame nurodoma, jog pastatas priskiriamas C energetinio naudingumo klasei (1 Priedas).

3.1.1 Tiriamojo pastato šildymo sistema

Tiriamojo objekto šildymo sistemos apžiūros metu nustatyta, kad pastatas šiluma aprūpinamas iš AB „Vilniaus šilumos tinklai“ per centralizuotus šilumos tinklus (CŠT). Pastate įrengtas vienas šilumos punktas. Pastato šilumos punktas renovuotas 2014 metais pagal nepriklausomą šilumos tinklų schemą. Įrengti du plokšteliniai šilumokaičiai po vieną karštam vandeniui ruošti bei šildymui. Karštam vandeniui ruošti įrengtas 72 kW galios šilumokaitis, pastato šildymui įrengtas 380 kW galios plokštelinis šilumokaitis. Šildymo sistemos apkrova reguliuojama, atsižvelgiant į išorės lauko temperatūrą, pagal administratoriaus nustatytą temperatūrinį grafiką. Karšto vandens sistemos temperatūra reguliuojama elektriniu reguliavimo vožtuvu pagal karšto vandens temperatūrą. Remiantis atnaujintu Vilniaus miesto šilumos ūkio specialiuoju planu, administracinis pastatas stovi centralizuoto šilumos tiekimo zonoje. Šioje zonoje draudžiama įrenginėti bet kokio tipo katilines [30].

Pastato bendrosios patalpos, darbo kabinetai, konferencijų salės, šildomos plieniniais radiatoriais. Suminis tiriamajame objekte įrengtų plieninių radiatorių kiekis yra 157 vnt, keli

pavyzdžiai pateikti paveiksle 3.1. Šie radiatoriai buvo pakeisti 2014 metais, kartu su renovuojamu šilumos punktu.



3.1 pav. Tiriomojo objekto šildymo sistemos radiatoriai.

Atliekant pastato šildymo sistemos apžiūrą buvo nustatyta, kad šildymo sistemos radiatoriai neturi įrengtų termostatinų ventilių, šie reguliatoriai padėtų taupyti šilumos energiją, taip pat padėtų palaikyti komfortišką darbuotojui temperatūrą darbo vietoje. Termostatinų vožtuvų įrengimas pasirenkamas kaip viena iš energiją taupančių priemonių tiriamajam objektui, šios priemonės ekonominis naudingumas skaičiuojamas tolimesniuose tyrimo etapuose.

Atliekant objekto apžiūrą taip pat nustatyta, kad šildymo sistemos radiatoriai neturi įrengtų šilumą atspindinčių ekranų. Tokias energiją taupančias priemones skatina naudoti Nacionalinė pastatų administravimo asociacija. Kaip teigia specialistai, visuose kabinetuose įrengus šilumą atspindinčius ekranus, oro temperatūrą galima pakelti 1-2°C, arba sutaupyti 5 – 10 proc. šilumos sąnaudų [31]. Dėl šių priežasčių, tiriamajame projekte šilumą atspindinčių ekranų įrengimas pasirenkamas kaip energijos taupymo priemonė. Šios priemonės ekonominis naudingumas skaičiuojamas tolimesniuose tyrimo etapuose.

Dar viena pastebėta problema nagrinėjamame pastate yra šildymo sistemos stovų izoliavimas. Pastate įrengta 25 šildymo sistemos stovai, preliminarus vieno stovo aukštis – 13 metrų, skersmuo – DN32. Visi šildymo sistemos stovai neturi jokių termoizoliacinių padengimų, dėl šios priežasties yra patiriami šilumos nuostoliai. Vamzdynų izoliavimas pūsto polietileno kevalais ženkliai sumažintų šilumos nuostolius. Vamzdynų izoliavimas pūsto polietileno kevalais pasirenkamas kaip energijos

taupymo priemonė. Šios priemonės ekonominio naudingumo tyrimas atliekamas tolimesniuose tyrimo projekto etapuose.

Analizuojant objekto energijos sąnaudas, bei patalpų oro temperatūrą, pastebėta, kad oro temperatūra kabinetuose pasiskirsto nevienodai. Patalpų vidaus temperatūra taip svyruoja skirtingais šildymo sezono mėnesiais, (Duomenys pateikti 2 priede). Pateikti duomenys atspindi vieną bėdą – netolygų šilumnešio pasiskirstymą po visą pastato šildymo sistemą. Norint pasiekti vienodą temperatūrą visoje šildymo sistemoje, reikia nustatyti reikiamą šilumnešio srautą kiekviename šildymo įrenginyje ir kiekvienoje sistemos dalyje. Šiai funkcijai atlikti naudojami balansiniai vožtuvai. Šios priemonės ekonominio naudingumo tyrimas atliekamas tolimesniuose tyrimo projekto etapuose.

3.1.2 Tiriamojo pastato elektros energijos sistema

Tiriamajam objektui elektros energija yra tiekama iš gretimai esančio administracinio pastato. Visumoje šie pastatai sudaro administracinių pastatų kompleksą, kurio maksimali leistinoji elektros galia 700kW. Tyrimo metu atliekama tik mus dominančio administracinio pastato apžiūra.

Tiriamojo administracinio pastato elektros skydinėje įrengtas elektros energijos apskaitos įrenginys bendras visam pastatui. Elektros energijos apskaita, atskiroms elektros energijos vartotojų grupėms, nėra įrengta, dėl šios priežasties nėra galimybės tiksliai nustatyti, kiek elektros energijos vartoja atskiri elektros energijos prietaisai ar jų grupės. Dėl šios priežasties elektros energijos balansas bus sudaromas, remiantis 2008 metų balandžio 29 d. Lietuvos Respublikos ūkio ministro įsakymu Nr. 4-184. Įsakyme nurodyta, kad „nesant įrengtų apskaitos prietaisų atskiruose objekto pastatuose, objekto elektros energijos faktinės sąnaudos paskirstomos pastatams proporcingai elektros energijos sąnaudoms, apskaičiuotoms pagal atskiruose objekto pastatuose įrengtų elektros įrenginių galingumą, išnaudojimo koeficientą ir darbo laiką" [21].

Elektros energijos inžinerinių sistemų apžiūros metu nustatytos trys pagrindinės elektros energiją vartojančios įrenginių grupės:

1. Patalpų apšvietimo įranga;
2. Patalpų kondicionavimo įranga;
3. Biuro darbo vietų įrenginiai;

Administraciniame pastate įrengta apytiksliai 800 vnt. apšvietimo įrenginių. Darbo vietose ir koridoriuose vyrauja „amstrong“ tipo pakabinami 84W galios liuminescenciniai šviestuvai, pavyzdžiai pateikiami 3.2. paveiksle.



3.2 pav. Tiriamojo objekto patalpų apšvietimo įrenginiai

Bendras šių šviestuvų kiekis pastate yra 761 vnt. Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2002 m. gegužės 10 įsakyme Nr. 163 „Dėl buitinių prietaisų energijos ir kitų išteklių suvartojimo ženklavimo ir standartinės informacijos apie šiuos prietaisus pakeitimo techninis reglamentas" numatyta mažinti liuminescencinių šviestuvų suvartojamos energijos kiekį [32]. Dėl šių priežasčių tolimesniuose tyrimo etapuose bus atliekamas ekonominio naudingumo tyrimas šių šviestuvų keitimui į LED technologijos šviestuvus. Būtinėse ir sanitarinėse patalpose įrengti LED tipo šviestuvai su patalpos tūrio davikliais, kurie skirti valdyti apšvietimą.

Biuro darbuotojų įranga yra sekanti elektros energijos vartotojų grupė, kuri nustatyta tiriamojoje darbo metu. Administraciniame pastate dirba 260 – 270 biuro darbuotojų (skaičius nuolatos kinta). Šių darbuotojų pagrindiniai darbo įrenginiai – kompiuteriai ir papildomi monitoriai. Apžiūros metu nustatyta, didžioji dauguma kompiuterių yra nešiojami, 2016 -2017 metų gamybos. Bendras biuro įrenginių kiekis pateiktas 3.1 lentelėje. Kadangi tiriamajame objekte nėra elektros energijos apskaitos atskiriems įrenginiams ar jų grupėms, todėl nėra galimybės tiksliai nustatyti šių įrenginių energijos sąnaudų bendrame pastato energijos balanse.

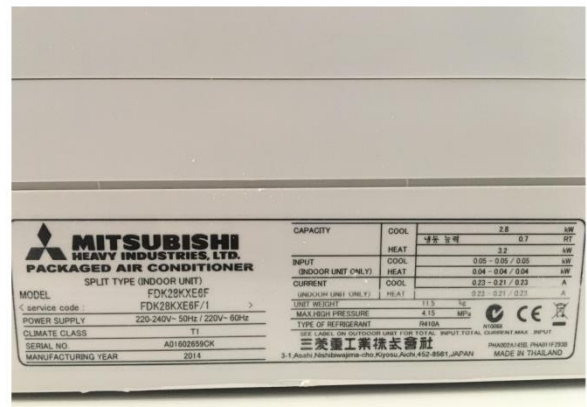
3.1 lentelė. Biuro įrenginių sąrašas.

	Įrenginio pavadinimas	Kiekis (vnt)	Įrenginio elektrinė galia (W)
--	-----------------------	--------------	-------------------------------

Biuro įranga			
1.	Kompiuterinės darbo vietos	255	130
2.	Daugiafunkciniai spausdinimo aparatai	8	200
3.	Lazeriniai spausdintuvai	6	130
4.	Dokumentų naikiklis	8	
5.	Kompiuterinio tinklo įranga	-	-
6.	Konferencijų įranga	4	1000
Buitinė įranga			
7.	Šaldytuvas	4	150
8.	Mikrobangų krosnelė	4	800
9.	Elektrinis virduklis	8	1700
10.	Indaplovė	1	2100
11.	Kavos aparatai	8	1800

Kadangi tiriamajame objekte nėra elektros energijos apskaitos atskiriems įrenginiams ar jų grupėms, todėl nėra galimybės tiksliai nustatyti šių įrenginių energijos sąnaudų bendrame pastato energijos balanse.

Sekanti elektros energiją vartojančių įrenginių grupė yra kondicionieriai. Tiriamajame objekte įrengta 81 vnt. „Split“ tipo kondicionierių (pavyzdys pateiktas 3.3 paveiksle).



3.3 pav. Tiriamojo objekto patalpų oro šaldymui naudojamas kondicionierius.

Šie kondicionieriai palaiko oro šildymo ir šaldymo funkciją, tačiau yra naudojami tik šaldymui, dėl to turi didelę įtaką elektros energijos sąnaudoms šiltuoju periodu. Kadangi šie kondicionieriai įrengti 2015 metais, jų atnaujinimo, renovavimo ar kitokio pakeitimo tyrimas buvo atsisakytas dėl ekonominių paskatų.

Tiriamąjį objekto inžinerinių sistemų apžiūros išvados:

Inžinerinių sistemų apžiūros metu nustatyta, kad tolimesniuose tiriamojo projekto etapuose bus nagrinėjamos šių energijos taupymo priemonių ekonominis naudingumas:

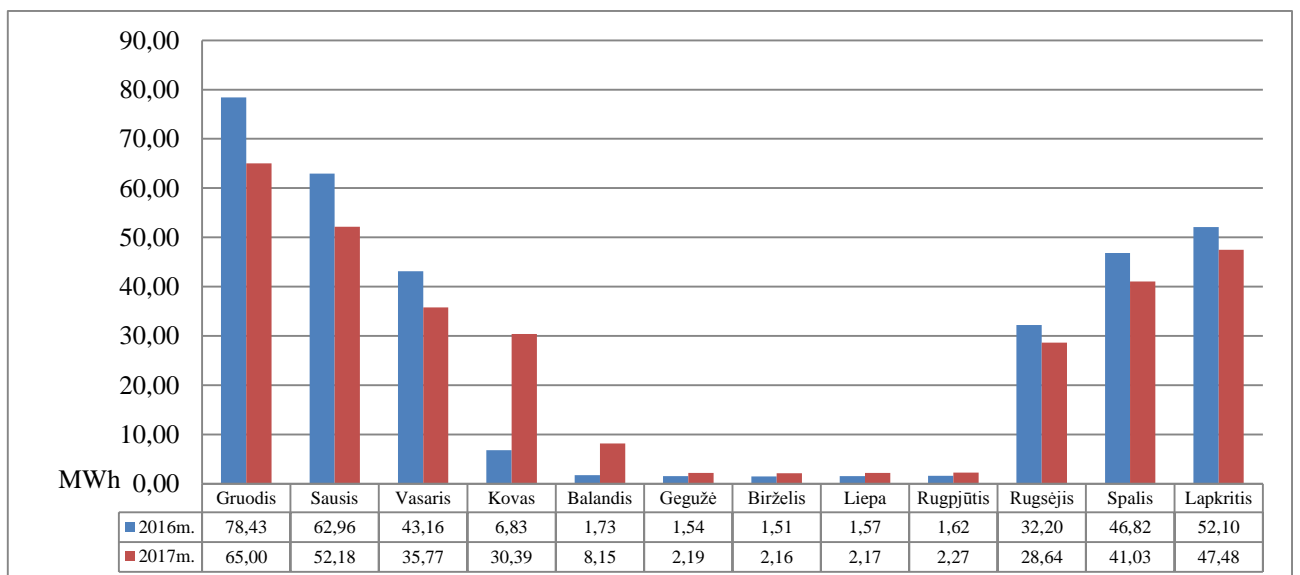
1. Termostatinių vožtuvų radiatoriams įrengimas;
2. Šilumą atspindinčių ekranų įrengimas;
3. Vamzdynų izoliavimas pūsto polietileno kevalais;
4. Balansinių šildymo sistemos vožtuvų įrengimas;
5. Liuminescencinių šviestuvų keitimas LED technologijos šviestuvais.

3.2 Energijos vartojimo įvesties duomenys.

3.2.1 Administracinio pastato šilumos energijos sąnaudų rodikliai.

Tyrimo metu nustatytas bendras mėnesinis tiriamojo objekto šiluminės energijos poreikis 2016 – 2017 metais. Duomenys pateikti 3.4 paveiksle. Nustatyta, kad nešildomo sezono metu šilumos suvartojimas smarkiai sumažėja. Šiluma naudojama tik karšto vandens recirkuliacijai ir buitiniams reikmėms. Tikslus sąnaudų išskaidymas pateikimas 3.5 paveiksle.

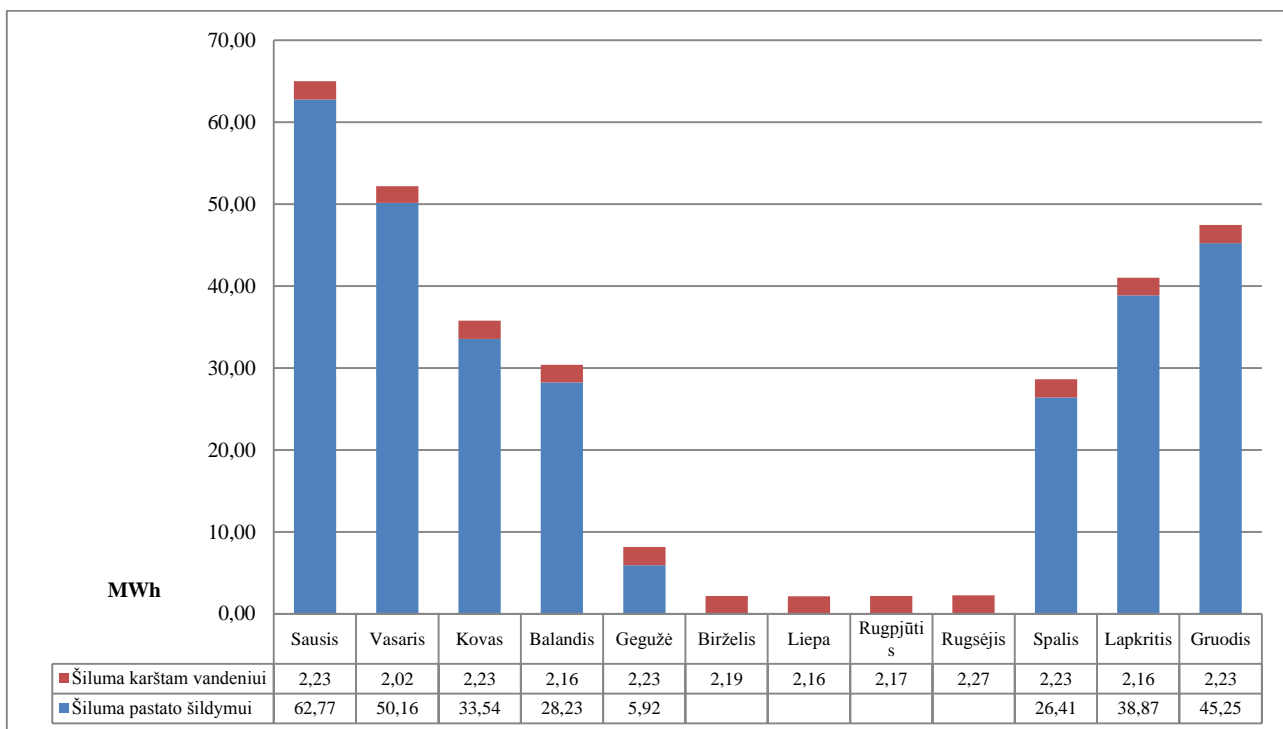
Bendras metinis šilumos suvartojimas 2016 metais – 330,47 MWh, 2017 metais – 317,43MWh. Pastato santykinis šilumos suvartojimo rodiklis 2016 metais – 93,87 kWh/m²/metus , 2017 metais – 90,17 kWh/m²/metus. Remiantis Energetikos ministro įsakymu Nr. 1 –67 „Dėl energijos vartojimo veiksmų plano patvirtinimo“, pastatui gali būti priskiriamas B energetinio naudingumo klasė.



3.4 pav. Bendros šilumos energijos sąnaudos 2016 – 2017 metais.

3.5 paveiksle pateikti 2017 metų duomenys. Nustatyta, kad nešildomo sezono metu šilumos suvartojimas smarkiai sumažėja. Šiluma naudojama tik karšto vandens recirkuliacijai ir buitiniams

reikmėms. Karšto vandens sistema suvartoja apie 8,28 % (26,30 MWh) viso šilumos kiekio. Šildymo sistemos šilumos poreikis 291,13 MWh/metus. Pastato patalpų šildymo reikmėms santykinis šilumos suvartojimo rodiklis – 82,7 kWh/m²/metus.



3.5 pav. 2017 metų šilumos energijos sąnaudos.

Šilumos suvartojimo rodikliai 2016 – 2017 metais pateikti 3.2 lentelėje.

3.2 Lentelė. Šilumos suvartojimo rodikliai 2016 – 2017 metais.

Metai	2016	2017
Suvargota šilumos pastatui šildyti, MWh/ metai	330,47	317,43
Suvargota šilumos bendro šildymo 1 plotui šildyti, kWh/ m ² / metus	93,87	90,17
Suvargota šilumos dienolaipsniui, kWh/ DL	86,70	82,70139
Suvargotos šilumos bendro šildomo ploto 1m ² šildyti, dienolaipsniui, kWh/m ² DL	24,63	25,10
Suvargota šilumos buitinio karšto vandens ruošimui MWh/metai	19,01	26,30

Remiantis tiriamojo projekto metodinėje dalyje aprašyta formule 2.1, pastato šildymui tenkantis energijos kiekis yra perskaičiuojamas norminiais šildymo kiekiais. Šie kiekiai priimami

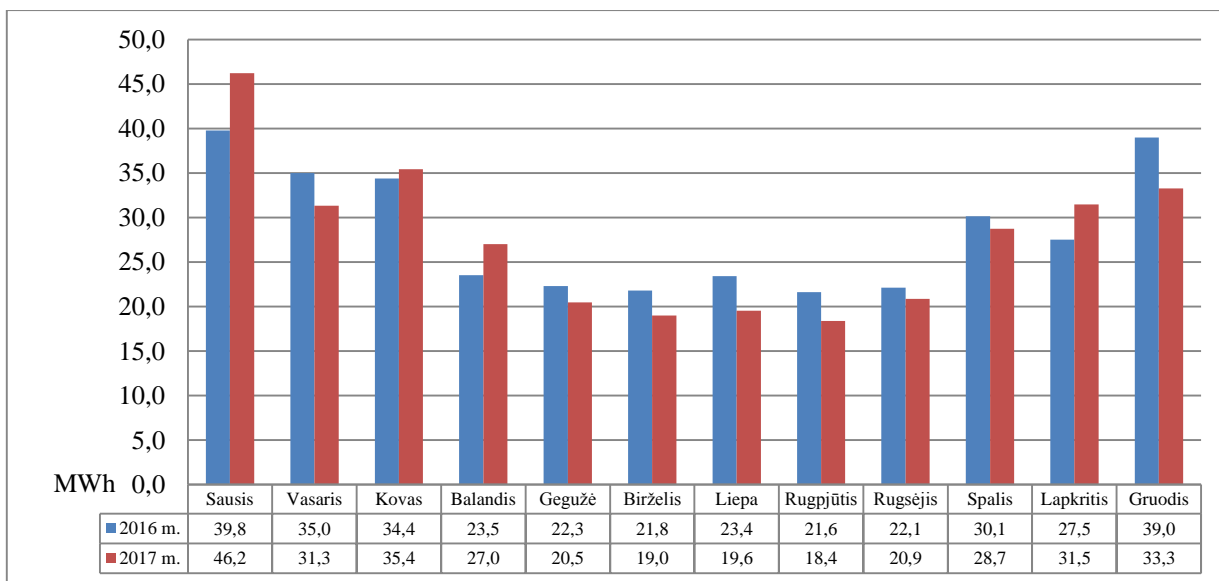
kaip įvesties duomenys, atliekant investicijų į energiją taupančias priemones, ekonominiame vertinime. Norminiai šildymo kiekiai pateikti 3.3 lentelėje

3.3 lentelė. Tiriamojo objekto šilumos energijos sąnaudos norminiais kiekiais.

Mėnuo	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
Norminis šildymo kiekis pastatui, MWh	67,18	56,69	41,97	28,04	6,24	0,00	0,00	0,00	0,00	27,00	43,65	53,41

3.2.2 Administracinio pastato elektros energijos sąnaudų rodikliai.

Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos 2016 - 2017 metais pateikiamos 3.6 paveiksle.



3.6 pav. Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos 2016 – 2017 metais.

Bendras elektros energijos poreikis tiriamajame objekte 2016 metais - 340.60 MWh, santykinis elektros energijos suvartojimo rodiklis 96,75 kWh/m²/metus. 2017 metais bendras elektros energijos poreikis tiriamajame objekte 331.76 MWh, santykinis elektros energijos suvartojimo rodiklis 94,24 kWh/m². Elektros energijos sąnaudų palyginimas pateiktas 3.4 lentelėje

3.4 lentelė. Elektros energijos sąnaudų rodikliai.

	2016 m.	2017 m.

Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos per metus, (MWh);	340,60	331,76
Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos 1 m ² bendro šildomo ploto per metus;	96,75	94,24
Suvaltos elektros energijos sąnaudos, Eur/m	30654,00	29858,76
Elektros energijos sąnaudos, Eur/m ² /m	8,71	8,48

Sudarant tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudų balansą, naudojami 2017 metų duomenys, vertinamos dvi elektros įrenginių grupės:

1. Apšvietimo įrenginiai;
2. Likusieji elektros energijos vartotojai;

Toks sprendimas priimamas remiantis pastato apžiūros išvadomis. Tiriamasis pastatas neturi atskirų elektros energijos vartotojų apskaitos prietaisų, tiriamajame darbe pasirinkta tik viena, elektros energiją taupanti priemonė – LED technologijos apšvietimas.

Sudarant tiriamojo objekto elektros energijos balansą priimama, kad pastate apšvietimas veikia tokiu režimu (tikslūs duomenys pateikti 2 priede.):

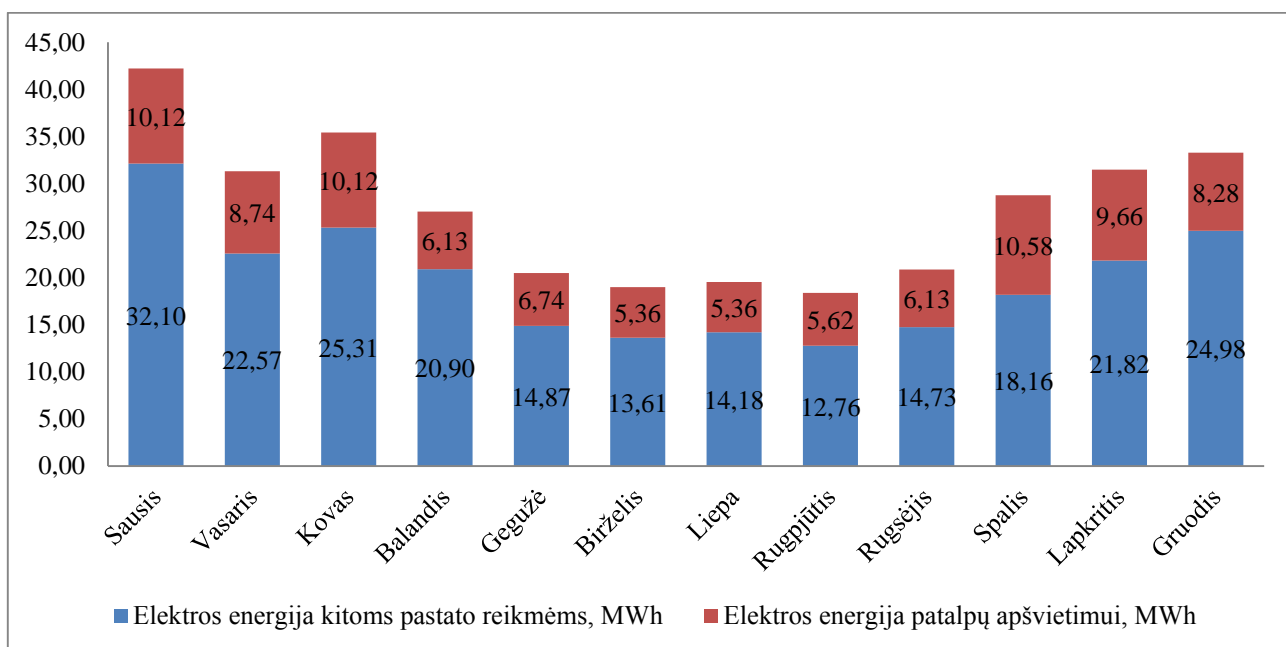
- Šaltuoju laikotarpiu koridoriuose ir bendro naudojimo zonose apšvietimas veikia 12val./dieną, visomis darbo dienomis;
- Šiltuoju laikotarpiu koridoriuose ir bendro naudojimo zonose apšvietimas veikia 8 val./dieną, visomis darbo dienomis;
- Šaltuoju laikotarpiu kabinetuose apšvietimas veikia 6val./dieną, visomis darbo dienomis.
- Šiltuoju laikotarpiu kabinetuose apšvietimas veikia 3 – 4val./ dieną, visomis darbo dienomis.

Remiantis šiais duomenis, apskaičiuojamos preliminarios 2017 metų elektros energijos sąnaudos tiriamojo objekto apšvietimui. Sausio mėnesio elektros energijos kiekis patalpų apšvietimui apskaičiuojamas 3 priede. Kitų mėnesių elektros energijos sąnaudos, patalpų apšvietimui pateikiamos 3.5 lentelėje.

3.5 lentelė. Preliminarios elektros energijos sąnaudos patalpų apšvietimui.

Mėnuo	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis,	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
Elektros energija patalpų apšvietimui, MWh (2017 m.)	10,12	8,74	10,12	6,13	6,74	5,36	5,36	5,62	6,13	10,58	9,66	8,28

Nustačius preliminarias elektros energijos sąnaudas tiriamojo objekto apšvietimui, sudaromas bendras elektros energijos sąnaudų balansas, jis pateikiamas paveiksle 3.7. Remiantis šiuo elektros energijos balansu, tolimesniuose tyrimo etapuose bus atliekamas LED šviestuvų ekonominio efektyvumo vertinimas.



3.7 pav. Tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudų balanso grafikas.

3.3 Energijos taupymo priemonių investicijų efektyvumo ir ekonominių rodiklių vertinimas

3.3.1 Energijos taupymo priemonių efektyvumo vertinimas

Išanalizavus tiriamojo objekto inžinerinių sistemų esamą situaciją, atliekamas investicijų vertinimas. Apžiūros metu parinktomis taupymo priemonėms apskaičiuojamas investicijų dydis. Skaičiavimai atliekami remiantis taupymo priemonių rinkos kainomis, taupymo priemonių montavimo ir derinimo kainomis. Taip pat įtraukiamos taupymo priemonės eksploataavimo sąnaudos. Preliminarūs investicijų dydžiai taupymo priemonėms įrengti pateikiami 3.6 lentelėje

3.6 lentelė. Pradinių investicijų dydis energijos taupymo paketams.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Taupymo priemonės kaina, Eur	3.925,00	262,19	325,00	1.250,00	26635,00
Montavimo ir derinimo kaina, Eur	2.355,00	785,00	2.600,00	1.250,00	3805,00
Pradinė investicija, Eur	6280,00	1047,19	2925,00	2500,00	30440,00
Eksploatacinės sąnaudos, Eur	950,00	950,00	400,00	900,00	3200,00
Diskonto norma, %	6%	6%	6%	6%	6%

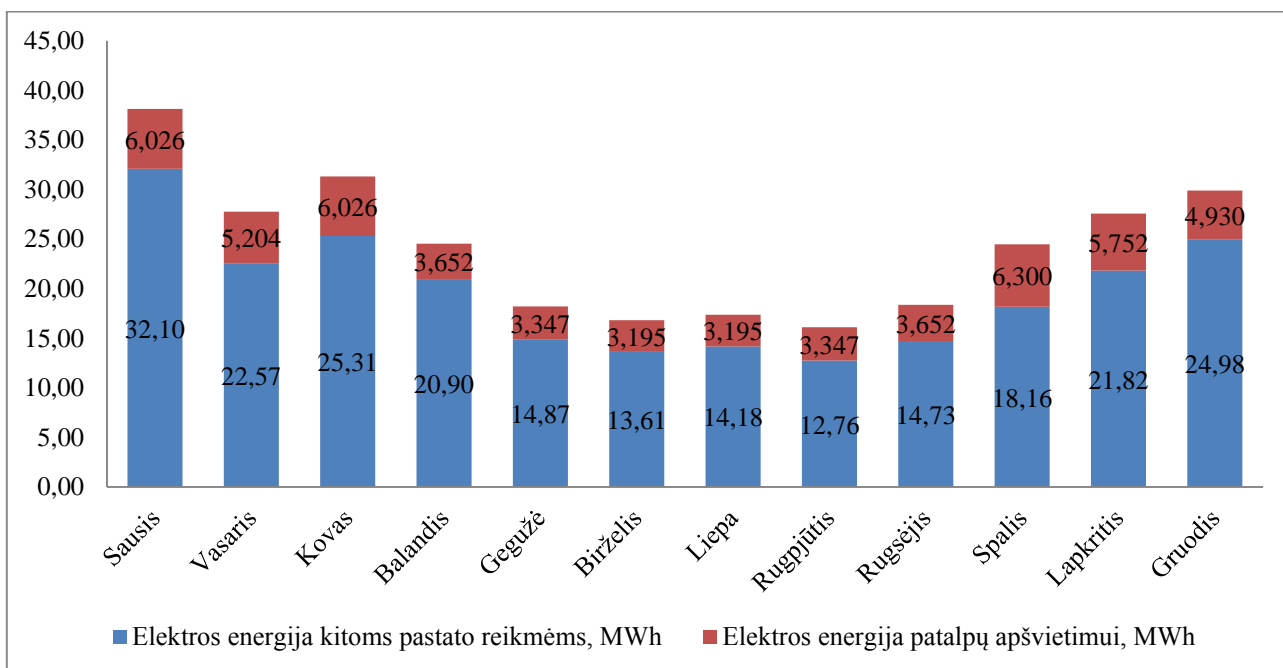
Atlikus pradinių investicijų skaičiavimus nustatyta, kad didžiausių investicijų reikalauja liuminescencinių šviestuvų keitimas - 30440 Eur (žr. 3.6 lentelę). Šildymo sistemos efektyvumui didinti didžiausios investicijos nustatytos termostatinių vožtuvų įrengimui – 6280 Eur. Kainos nurodomos be PVM. Reiktų pabrėžti, kad skirtingų energijos priemonių gyvavimo laikas yra skirtingas, taip pat laikui bėgant gali tekti priemones remontuoti, atlikti derinimo darbus, ar pakeisti naujomis, tai yra projekto reinvesticinės sąnaudos. 3.6 lentelėje šios sąnaudos įvardijamos kaip eksploatacinės sąnaudos. Šios sąnaudos neįtrauktos į pradinių investicijų sumą, tačiau yra vertinamos skaičiuojant projekto ekonominius rodiklius.

Sekančiame tiriamojo darbo etape skaičiuojami preliminarūs sutaupyti energijos kiekiai. Šie kiekiai nulemia energijos taupymo priemonės ekonominius rodiklius. Skaičiavimai atliekami remiantis tiriamojo pastato 2017 metų šilumos energijos norminėmis sąnaudomis, (žr. 3.5 lentelę) ir 2017 metų elektros energijos sąnaudomis, skirtoms patalpų apšvietimui (3.7 paveikslas). Skaičiavimų rezultatai pateikti 3.7 lentelėje. Nustatyta, kad didžiausi šilumos energijos sutaupymai galimi panaudojant vamzdynų izoliavimą, šiuo būdu taupant energiją galimi sutaupymai tiriamajame objekte 22,69 MWh/metus arba 967,58 Eur/metus. Liuminescencinių šviestuvų keitimas taip pat stipriai sumažintų elektros energijos sąnaudas, tačiau, kaip nurodyta 3.6 lentelėje, ši energijos taupymo priemonė yra pati brangiausia

3.7 lentelė. Sutaupyti energijos kiekiai.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Numatomas energijos taupymas, %	5%	3%	7%	6%	40%
Sutaupytos energijos kiekis, MWh/metai	16,21	9,73	22,69	19,45	37,14
Sutaupytos energijos sąnaudos, Eur/metai	691,13	414,68	967,58	829,35	3343,14

Remiantis 3.2.2 skyriuje sudarytu elektros energijos balansu, nustatomos preliminarios tiriamojo objekto elektros energijos sąnaudos, panaudojant LED technologijos šviestuvus. Gauti rezultatai pateikiami 3.8 paveiksle.



3.8 pav. Elektros energijos sąnaudos panaudojant LED šviestuvus.

Nustatyta, kad panaudojus LED technologijos šviestuvus, sutaupoma apie 40% elektros energijos sąnaudų, skirtų patalpų apšvietimui. Bendrai sunaudotos elektros energijos sąnaudos tiriamajame objekte sumažėtų vidutiniškai 11,43% per metus ir leistų sutaupyti apie 3343 Eur/metus.

3.3.2 Energijos taupymo priemonių ekonominių rodiklių vertinimas

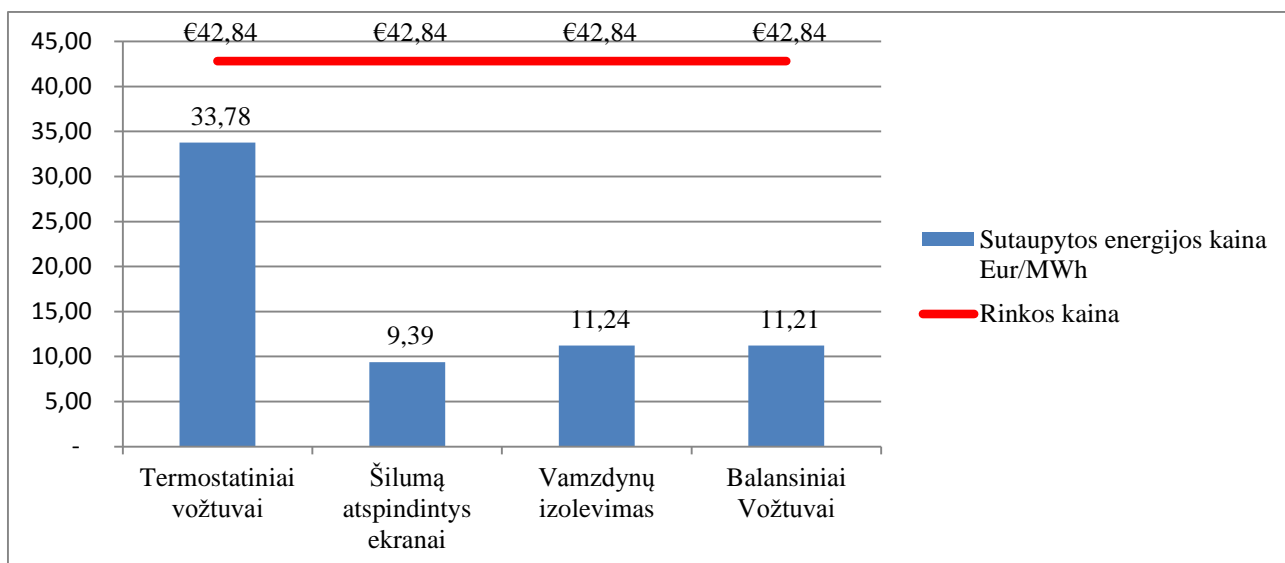
Sprendimui priimti dėl energijos taupymo priemonių įrengimo tiriamajame objekte, taikomos energijos taupymo priemonių ekonominio efektyvumo įvertinimas, paremtas tiriamojo objekto apžiūros išvadomis. Siekiant įvertinti energijos taupymo priemonių efektyvumą, suformuoti tikslią rekomendaciją pastato valdytojui, kaip pagrindinis kriterijus yra vertinamas SEK. Skaičiavimai atliekami remiantis metodinėje dalyje aprašyta formule (2.5), naudojantis excel programa. Skaičiuojant vertinama 6% diskonto norma, priemonių gyvavimo laikotarpis 20 metų. Gauti rezultatai pateikiami 3.8 lentelėje

3.8 lentelė. Parinktų energijos taupymo priemonių SEK.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Sutaupyta energijos kaina (SEK), Eur/MWh.	33,78	9,39	11,24	11,21	71,44

SEK rodiklis nurodo diegiamos energijos taupymo priemonės 1MWh kainą. Vertinat šį rodiklį, palankesnis variantas yra tas, kurio sutaupyta energijos kaina yra mažiausia. Tiriamojo objekto šilumos energijos taupymo priemonių palankiausias SEK rodiklis gaunamas, panaudojant šilumą atspindinčius ekranus, 9,39Eur/MWh. LED apšvietimo taupymo priemonės SEK lygi 71,44Eur/MWh. Ši energijos taupymo priemonė nėra lyginama su šilumos energijos taupymo priemonėmis.

Kita SEK rodiklio vertinimo taisyklė nusako, kad šis rodiklis negali viršyti šilumos arba elektros energijos rinkos kainos. Šilumos energijos vidutinė kaina 2017 metais Vilniaus mieste buvo 42,84 Eur/MWh. Elektros energijos kaina 2017 metais 0,09 Eur/kWh. 3.9 paveiksle pateikiamas rinkos kainos palyginimas su SEK rodikliu. Nustatoma, kad rinkos kainos neperžengia nei viena energijos taupymo priemonė, tačiau termostatinių vožtuvų keitimas yra gerokai brangesnis už kitas taupymo priemones, šios priemonės SEK yra labai arti rinkos kainos.



3.9 pav. SEK rodiklio palyginimas su rinkos kaina.

Kitas svarbus investicijų rodiklis, tai paprastasis atsipirkimo laikas (PAL) ir tikrasis atsipirkimo laikas (TAL). Šių rodiklių skaičiavimas ir vertinimas aprašomas tiriamojo projekto metodinėje dalyje. Energijos taupymo priemonių TAL ir PAL rodikliai pateikti 3.9 lentelėje.

3.9 lentelė. Apskaičiuoti energijos taupymo priemonių TAL ir PAL rodikliai.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Paprastasis atsipirkimo laikas (PAL), metais	9,09	2,53	3,02	3,01	9,11
Tikrasis atsipirkimo laikas (TAL), metais	13,52	2,82	3,43	3,42	13,56

Remiantis energijos taupymo priemonių efektyvumu (žr. 3.7 lentelę) ir investicijų dydžiu nustatyta, kad visos taupymo priemonės patenka į 20 metų atsipirkimo intervalą. Šių priemonių atsipirkimo laikotarpis atitinka tariamajame projekte keliamus tikslus (PAL, TAL <20), tuo pačiu galima teigti, kad priemonės atitinka ir direktyvoje keliamus tikslus dėl atsipirkimo laiko. Ilgiausias atsipirkimo laikas nustatytas šioms investicijoms:

- Termostatinių vožtuvų įrengimas, PAL – 9,09, TAL – 13,52 ;
- LED šviestuvų įdiegimas, PAL – 9,11, TAL – 13,56;

Svarbu paminėti, kad tokie rezultatai gaunami dėl sąlyginai didelių pradinių investicijų (žr. 3.6 lentelę). Greičiausiai atsiperka šilumą atspindintys ekranai, šios priemonės PAL –2,53, TAL –2,82. Vertinant energijos taupymo priemonių atsipirkimo laikus, tikslesni duomenys gaunami skaičiuojant TAL rodiklį, kadangi skaičiuojant šį rodiklį yra vertinama pinigų skolinimosi kaina – diskonto norma.

Skaičiuojant energijos taupymo priemonių GDV ir VGN rodiklius, tikimasi patikslinti taupymo priemonių ekonominius rezultatus. GDV ir VGN vertinimas atliekamas vadovaujantis tiriamojo projekto metodinėje dalyje numatytais taisyklėmis. 20 metų laikotarpio $GDV > 0$, kitu atveju taupymo priemonė skaitoma neefektyvi. Vertinant energijos taupymo priemones pagal VGN rodiklį, gauti rezultatai turi būti didesni už minimalią pelningumo normą, šio tiriamojo projekto atveju reikalaujama, kad VGN rodikliai būtų didesni už diskonto normą ($VGN > 0,06$), kitu atveju energijos taupymo priemonė ekonomiškai nenaudinga. Patraukliausios energijos taupymo priemonės laikomos tos, kurių GDV ir VGN rodikliai didžiausi. Skaičiavimai atliekami remiantis metodinėje dalyje nurodytomis formulėmis 2.7 ir 2.8. Gauti rezultatai pateikiami 3.10 lentelėje.

3.10 lentelė. Apskaičiuoti energijos taupymo priemonių GDV ir VGN rodikliai.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Grynoji dabartinė vertė (GDV), Eur	1120,82	3505,63	7969,54	6332,37	4705,50
Vidinė gražos norma (VGN), %	8%	65%	33%	31%	8%

Vertinant šiuos rodiklius nustatyta, kad visos taupymo priemonės atitinka prieš tai minėtus reikalavimus. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad didžiausią GDV rodiklį pasiekia vamzdynų izoliavimas, taupymo priemonės GDV - 7969,54 Eur. Šios energiją taupančios priemonės VGN taip pat yra vienas didžiausių (33%) lyginant su kitomis priemonėmis. Prasčiausiai vertinama energijos taupymo priemonė – termostatinių vožtuvų įdiegimas. Šios priemonės GDV – 1120,82 Eur, VGN – 8%.

Taigi, vertinant energijos taupymo priemones pagal ekonominius rodiklius nustatyta, kad geriausi rezultatai pasiekiami taikant šilumą atspindinčius ekranus ir vamzdynų izoliavimą. Suvestiniai rezultatai pateikiami 3.11 lentelėje „+“ pažymint geriausią rezultatą atskiruose rodikliuose pasiekusią energijos taupymo priemonę.

3.11 lentelė. Ekonominių rodiklių suvestiniai duomenys.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
Mažiausiai investicijų reikalaujanti taupymo priemonė		+			
Didžiausias sutaupytos energijos kiekis			+		Nevertinama
Mažiausia sutaupytos energijos kaina		+			
Paprastasis atsipirkimo laikas, metais		+			
Tikrasis atsipirkimo laikas		+			
Grynoji dabartinė vertė			+		
Vidinė gražos norma		+			

3.4 Jautrumo analizė

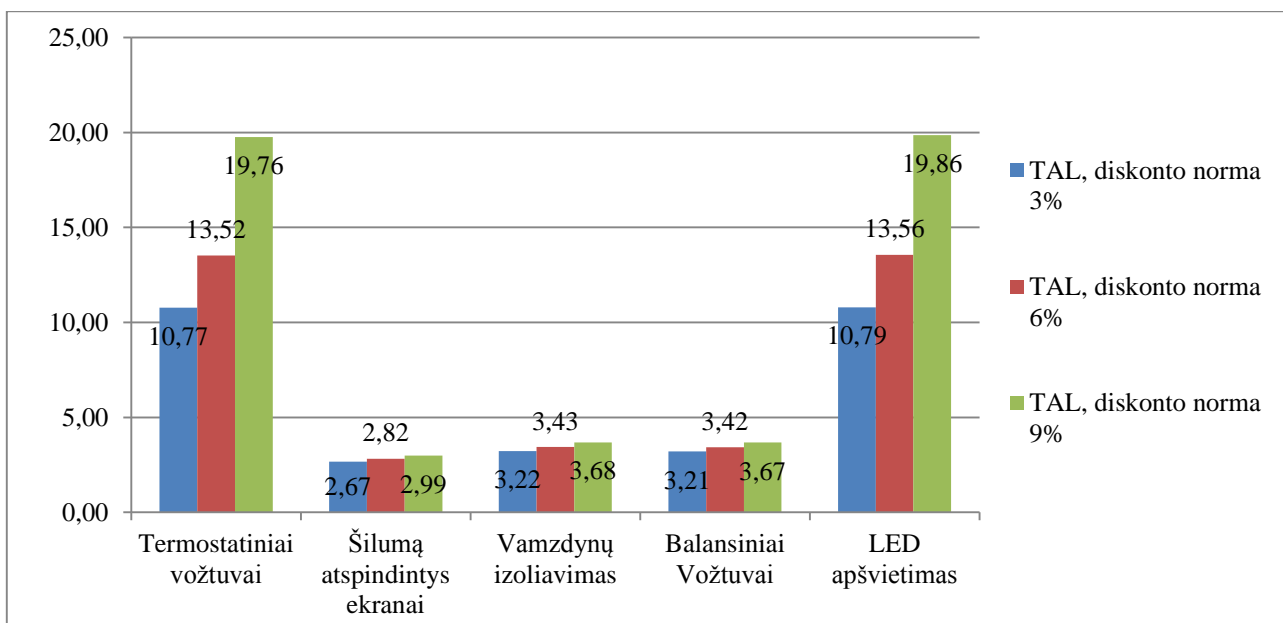
Tiriamąjį projektą metu apskaičiuotiems ekonominiams efektyvumo rodikliams, didelę įtaką daro pinigų skolinimosi kaina. Kaip buvo nustatyta apžvalginėje dalyje, šalies ekonomika auga. Dėl šių priežasčių šis rodiklis taip pat gali kisti. Vertinant šią riziką tiriamajame projekte perskaičiuojami TAL ir GDV rodikliai, kai diskonto norma nustatoma 3% arba 9%. Gauti rezultatai pateikiami 3.12 lentelėje.

3.12 lentelė. TAL ir GDV vertės, keičiant diskonto normą.

	Termostatiniai vožtuvai	Šilumą atspindintys ekranai	Vamzdynų izoliavimas	Balansiniai Vožtuvai	LED apšvietimas
3 % diskonto norma					
Tikrasis atsipirkimo laikas	10,77	2,67	3,22	3,21	10,79
Grynoji dabartinė vertė	3306,87	4841,90	11189,85	8948,70	16097,42
6 % diskonto norma					
Tikrasis atsipirkimo laikas	13,52	2,82	3,43	3,42	13,56
Grynoji dabartinė vertė	1120,82	3505,63	7969,54	6332,37	4705,50
9 % diskonto norma					
	19,76	2,99	3,68	3,67	19,86

Tikrasis atsipirkimo laikas					
Grynoji dabartinė vertė	-381,59	2585,66	5755,02	4536,57	-3122,03

Atlikus skaičiavimus nustatyta kad, sumažinus diskonto normą iki 3% TAL rodiklis mažėja visose energijos taupymo priemonėse. TAL rodiklių pokytis keičiant diskonto normą pateiktas 3.10 paveiksle. Diskonto normos sumažinimas iki 3% didžiausią įtaką turėjo taupymo priemonėms, kurių pradinės investicijos didžiausios (žr. 3.6 lentelę), termostatinų vožtuvų, ir LED apšvietimo įrengimui. Šių taupymo priemonių atsipirkimo laikas sumažėjo 20%. Mažiausią įtaką turėjo šilumą atspindinčių ekranų įrengimui ir vamzdinių izoliavimui, atitinkamai 5% ir 6%. Diskonto normą padidinus iki 9%, rezultatai stipriai pasikeitė. Termostatinų vožtuvų ir LED šviestuvų TAL rodiklis pasiekė 20 metų atsipirkimo laikotarpį. Remiantis tiriamajame projekte keltais tikslais (TAL<20), šių taupymo priemonių vertėtų atsisakyti. Kitų taupymo priemonių TAL rodiklis padidėjo vidutiniškai 12%, šis pokytis reikšminės įtakos investicijų atsipirkimui neturėjo.

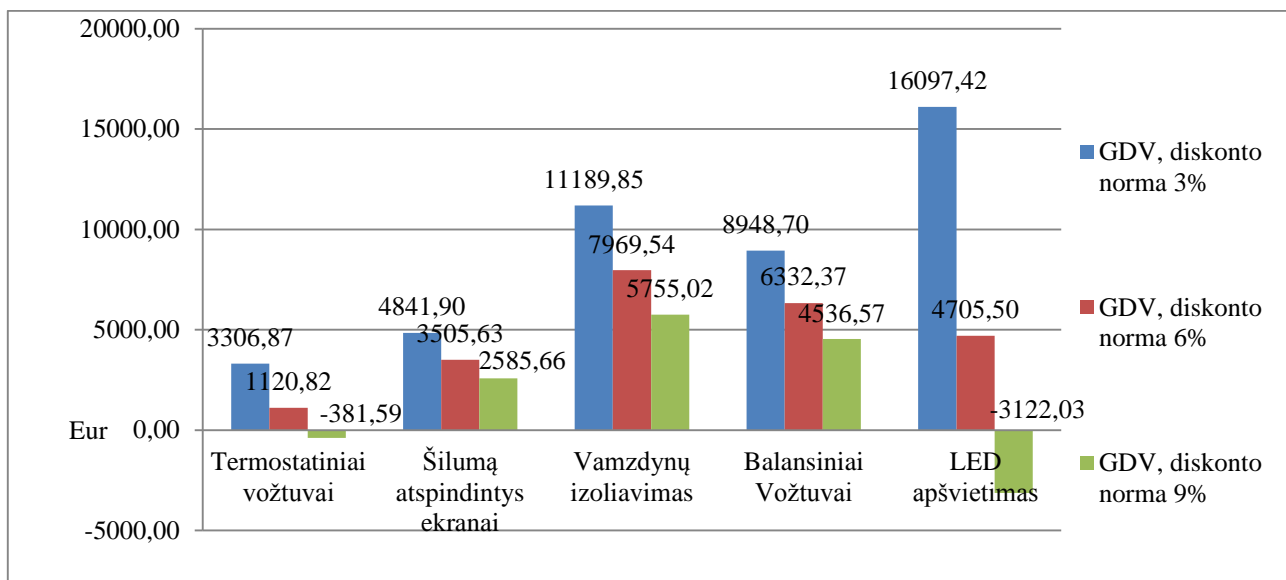


3.10 pav. Diskonto normos įtaka TAL rodikliui.

Diskonto normos keitimas GDV rodikliui pateikiamas 3.11 paveiksle. Atlikus skaičiavimus nustatyta, kad diskonto normą sumažinus iki 3%, GDV vertė labiausiai padidėjo LED šviestuvų įrengimui, nuo 4705,50 Eur (kai diskonto norma 6%) iki 16097,42 Eur (kai diskonto norma 3%). Mažiausias GDV augimas nustatytas šilumą atspindinčių ekranų įrengimui, nuo 3505,63 Eur (kai diskonto norma 6%) iki 4841,90 Eur (kai diskonto norma 3%).

Atliekant GDV rodiklio skaičiavimus su 9% diskonto norma nustatyta, kad dviejų brangiausių investicijų GDV vertės gaunamos su neigiamu rezultatu. Termostatinų vožtuvų įrengimas -381,59,

LED šviestuvų įrengimas -3122,03 Eur. Remiantis metodinėje dalyje aprašytais GDV rodiklio vertinimais (GDV>0), šios investicijos yra ekonomiškai neefektyvios. Kitoms energiją taupančioms priemonėms diskonto normos padidinimas mažino GDV rodiklį vidutiniškai 38%, neigiama vertė nebuvo pasiekta.



3.11 pav. Diskonto normos įtaka GDV rodikliui.

IŠVADOS

1. Tiriamojo projekto analizės metu nustatytos Lietuvos galutinės energijos tendencijos. Remiantis statistikos departamento duomenimis, pagrindinių kuro ir energijos išteklių poreikis Lietuvoje nuo 2012 iki 2016 metų augo 4,22%, atitinkamai nuo 4903 tūks.tne iki 5110,7 tūks.tne. Literatūros šaltiniuose teigiama, kad besivystanti šalies ekonomika turi įtakos energijos sąnaudoms. Padidėjus šalies BVP 1%, elektros energijos sąnaudos paslaugų sektoriuje padidėja 0,5%, kitos sąnaudos padidėtų 0,2 %. Išanalizavus Lietuvos ekonomikos prognozes, nustatytas pastovus ekonomikos augimas, o energijos vartojimas vienam BPV produkto vienetui sukurti yra 1,88 karto didesnis negu Europos Sąjungos vidurkis. Nustačius šiuos faktus galima teigti, kad auganti ekonomika didins galutinės energijos suvartojimą šalyje.

Analizuojant Europos Sąjungos ir Lietuvos galutinės energijos vartojimo tendencijas nustatyta, kad Lietuva priskiriama prie šalių, kurios nemažina energijos vartojimo taip, kad pasiektų 2020 metų tikslų. Analizės metu nustatyta, kad galutinės ES energijos vartojimas mažėjo pramonės sektoriuje -16 %, gyvenamųjų namų -11%, transporto sektoriuje -3%, paslaugų sektoriaus galutinės energijos sąnaudos padidėjo +2%. Įtaką energijos mažėjimui turėjo šiltesnės žiemos. Energijos sąnaudos ES gyvenamųjų namų ūkiuose 2005-2015 metais sumažėjo 11%, didžiausią įtaką turėjo išaugęs energijos vartojimo efektyvumas, -67Mtne. Lietuva priskiriama prie prasčiausių rezultatų rodančių valstybių, +10% ir lyginama su tokiomis valstybėmis, kaip Bulgarija ir Rumunija. Transporto sektoriuje ES šalių galutinis suvartojimas sumažėjo -3%, tačiau Lietuva priskiriama prie valstybių, kurios šį rodiklį gerokai padidino +20%.

2. Tiriamajame projekte apžvelgtos tradicinės ir netradicinės energiją taupančios priemonės. Prie tradicinių priemonių priskiriamos fasado šiltinimo sistemos, langų keitimas. Kaip netradicinės energijos taupymo priemonės administraciniuose pastatuose gali būti laikomos mažosios vėjo jėgainės, arba šviesos vamzdžiai.

3. Išnagrinėti, energiją taupančių technologijų, ekonominio vertinimo metodai. Pagrindinis vertinimo rodiklis – sutaupyta energijos kaina (SEK), taip pat yra vertinama paprastasis atsipirkimo laikas (PAL), tikrasis atsipirkimo laikas (TAL), grynoji dabartinė vertė(GDV), vidinė grąžos norma (VGN). Šie rodikliai naudoti atliekant skaičiavimus tiriamajame projekte.

4. Tiriamajame projekte išanalizuotas administracinis pastatas, apžvelgiant jo techninius duomenis. Pastato apžiūros metu nustatytos šios energijos taupymo galimybės:

- Termostatinių vožtuvų įrengimas;
- Šilumą atspindinčių ekranų įrengimas;

- Šildymo sistemos stovų izoliavimas;
- Šildymo sistemos balansinių vožtuvų įrengimas;
- Liumeniscensinių švietuvų keitimas LED technologijos šviestuvais.

5. Atlikus pradinių investicijų skaičiavimus nustatyta, kad didžiausių investicijų reikalauja liuminescencinių šviestuvų keitimas – 30440 Eur. Šildymo sistemos efektyvumui didinti didžiausios investicijos nustatytos termostatinių vožtuvų įrengimui – 6280 Eur. Apskaičiuota sutaupytos energijos kaina. Geriausias rezultatas 9,39 Eur/MWh (šilumą atspindintys ekranai). Prasčiausias rezultatas - termostatinių vožtuvų įrengimas (33,78Eur/MWh). Nei viena energiją taupanti priemonė neviršijo energijos rinkos kainos. Atlikus ekonominių rodiklių skaičiavimus nustatyta, visos energiją taupančios priemonės atsiperka greičiau nei per 20 metų. Greičiausiai atsiperka šilumą atspindintys ekranai (PAL – 2,53 metų, TAL - 2,83 metai), pagrindinė to priežastis, sąlyginai maža pradinė investicija. Ilgiausias atsipirkimo laikas nustatytas LED šviestuvų diegimui - 9,11 metai. Apskaičiavus taupymo priemonių GDV rodiklius nustatyta, kad didžiausias rodiklis pasiekiamas pritaikius šildymo sistemos vamzdynų izoliavimą, šios energiją taupančios priemonės VGN taip pat yra didžiausias - 33%.

6. Jautrumo analizės metu nustatyta, kad 3% diskonto norma, didžiausią įtaką turi taupymo priemonėms, kurių pradinės investicijos yra didžiausios, jų atsipirkimo laikas trumpėjo apytiksliai 20%. Diskonto norma padidinus iki 9 % nustatyta, kad termostatinių vožtuvų ir LED šviestuvų įrengimas neatsiperka per 20 metų laikotarpį, dėl to šios priemonės būtų ekonomiškai neefektyvios. Nustatyta, kad šių priemonių GDV rodiklis prie 9% taip pat neigiamas.

INFORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. *Ekonomikos terminų žodynas*. Vainienė, Rūta, 1968. Vilnius. ISBN: 9986164184
2. *Oficialus statistikos portalas: Statistinių rodiklių analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 sausio 5 d.] Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/0af002e075c811e7827cd63159af616c>
3. *Oficialus AB „Lietuvos Bankas“ portalo. Ekonomikos prognozės*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 spalio 5 d.] Prieiga per internetą: <https://www.lb.lt/lt/lt/naujausios-ekonomikos-prognozes>
4. Lietuvos respublikos energetikos ministerija. *Energijos mažinimo tikslai*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 spalio 15 d.] Prieiga per internetą: <https://enmin.lrv.lt/lt/naujienos/lietuva-energijos-vartojima-mazins-iki-es-vidurkio>
5. Lietuvos Respublikos seimas: *Lietuvos Respublikos energijos mažinimo įstatymas*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 spalio 18 d.] Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/946da260a67b11e69ad4c8713b612d0f>
6. *Oficialus statistikos portalas: Statistinių rodiklių analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 lapkričio 8 d.] Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize#/>
7. *Oficialus statistikos portalas: Statistinių rodiklių analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 lapkričio 8 d.] Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?articleId=2594571>
8. Lietuvos Respublikos vyriausybė. *Nutarimas dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 lapkričio 15 d.] Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.463278?jfwid=rivwzvpyvg>
9. *Verslo įtaka energijos suvartojimui* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 lapkričio 6 d.] Prieiga per internetą: <https://sc.bns.lt/view/item/196559>
10. *Oficialus statistikos portalas: Statistinių rodiklių analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 lapkričio 8 d.] Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/informaciniai-pranesimai?eventId=93825>
11. Europos Komisija: *Komisijos ataskaita europos parlamentui ir tarybai* [interaktyvus]. p. 9. [žiūrėta 2017 lapkričio 28 d.] Prieiga per internetą: <http://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2017/LT/COM-2017-687-F1-LT-MAIN-PART-1.PDF>
12. Europos Komisija: *Assessing the progress towards the EU energy efficiency targets using index decomposition analysis* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 sausio 4 d.] Prieiga per internetą:

https://ec.europa.eu/commission/sites/beta-political/files/assessing-progress-energy-efficiency-targets_en.pdf

13. Lietuvos respublikos, Energetikos ministerija: *2015 m. pažangos siekiant nacionalinių energijos vartojimo efektyvumo tikslų ataskaita* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 sausio 9 d.] Prieiga per internetą:
<https://enmin.lrv.lt/uploads/enmin/documents/files/efektyvumo%20pazangos%20ataskaita%20uz%202015.pdf>
14. *Pastatų sertifikavimo sistemų (LEED ir BREEAM) palyginimas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 7 d.] Prieiga per internetą:https://www.researchgate.net/publication/286934661_ZALIU_PASTATU_SERTIFIKAVIMO_SISTEMU_LEED_IR_BREEAM_PALYGINIMAS_Arune_Binkyte?enrichId=rgreq-b648afd55a46d8a686cdec4d573c4ce5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzI4NjkzNDY2MTtBUzozMDcyNDkxOTk2ODE1NDBAMTQ1MDI2NTMyNTIzMA%3D%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf
15. *Energy behaviors at the office: An intervention study on the use of equipment* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 sausio 7 d.] Prieiga per internetą:
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261915002226>
16. *Skirtingų šilumnešių vėsinimo sistemų taikymo biurų pastate analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 8 d.] Prieiga per internetą:
http://www.old.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/viewFile/mla.2011.094/pdf_1
17. Europos komisija: *Commission proposes new rules for consumer centred clean energy transition* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 balandžio 26 d.] Prieiga per internetą:
<https://ec.europa.eu/energy/en/news/commission-proposes-new-rules-consumer-centred-clean-energy-transition>
18. Martinaitis, V., A. Ragiža, G. Šiupšinskas. *Energijos vartojimo auditas*. Vilnius, 2012. UDK 657.6:697.1(075.8) p. 73. p.67.
19. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija: *Įsakymas dėl statybos techninio regalamento STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 9 d.] Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/2c182f10b6bf11e6aae49c0b9525cbbb>
20. *Polistireninis putlpastis* [interaktyvus]. [žiūrėta gegužės 8 d.] Prieiga per internetą:
<http://silputa.lt/silumos-laidumas>
21. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija: *Įsakymas dėl statybos techninio reglamento STR2.01.10:2007 „Išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos“* [interaktyvus].

- [žiūrėta gegužės 8 d.] Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.F55FF128BFA9/TgEwyKueVY>
22. Būsto modernizacijos asociacija: *Langų rūšys* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 8 d.] Prieiga per internetą: <http://www.renovacija.lt/statybu-sprendimas/langu-keitimas/>
 23. Langų gamintojai. *Selektyvinis stiklas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 9 d.] Prieiga per internetą: <https://langu-sistemas.lt/kas-yra-selektyvinis-stiklas.html>
 24. Lietuvos Respublikos ūkio ministerija. *Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas*. [interaktyvus] Vilnius 2008 m . p.26, p.116. ISBN 978-9955-751-20-5. [žiūrėta 2018 gruodžio 3 d.] Prieiga per internetą: http://www.ena.lt/doc_atsti/EE_vadovas.pdf
 25. Paveikslas. *Šviesos vamzdis* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 10 d.]Prieiga per internetą: <https://www.nationaldomelightcompany.co.uk/thermadome-sun-tube-rooflight šviesos vamzdis>
 26. Paveikslas. *Mažosios vėjo jėgainės*. [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 sausio 6 d.]Prieiga per internetą: <http://digital.vpr.net/post/castleton-tests-micro-wind-turbines#stream/0 mažosios vėjo jėgainės>
 27. Lietuvos Respublikos ūkio ministerija. *Dėl išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 balandžio 3 d.]Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.8AE593BC0CE3>
 28. Žaneta Simanavičienė, Vytautas Barkauskas, Jurgita Bruneckienė, Vilda Gižienė, Andrius Guzavičius, Žaneta Karazijienė, Reda Keršienė, Aldona Markauskienė, Ruslanas Kovaliovas. *Inžinerinių sprendimų ekonomika*. 2011 Kaunas. ISBN 978–609–02–0112–1[interaktyvus]. [žiūrėta 2018 sausio 10 d] Prieiga per internetą: <https://www.ebooks.ktu.lt/einfo/162/inzineriniu-sprendimu-ekonomika/>
 29. Europos parlamentas: *Europos parlamento ir tarybos direktyva 2012/27/ES, Dėl energijos vartojimo efektyvumo* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 spalio 17 d.] Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:LT:PDF>
 30. Vilniaus miesto savivaldybė: *Vilniaus miesto savivaldybės tarybos 2013 m. gegužės 8 d. sprendimu Nr. 1-1200* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 7 d.] Prieiga per internetą: http://www.vilnius.lt/lit/Ilumos_ukio_specialusis_planas/1725343
 31. *Šilumos taupymo konsultacijų centra. Šilumą atspindintys ekranai* [interaktyvus]. [žiūrėta 2018 gegužės 8 d.] Prieiga per internetą: <http://www.taupykimesiluma.lt/index.php?id=227 ekranai>

32. Lietuvos Respublikos ūkio ministerija. *Buitinių prietaisų energijos ir kitų išteklių suvartojimo ženklavimo ir standartinės informacijos apie šiuos prietaisus pateikimo techninis reglamentas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2017 balandžio 24 d.] Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.A3B4BF9D85B0> |

PRIEDAI

1. priedas. Tiriamojo statinio energetinio naudingumo sertifikatas.

PASTATO ENERGINIO NAUDINGUMO SERTIFIKATA


Unikalus pastato Nr. _____

Pastato adresas: _____

Pastato paskirtis: Administracinės paskirties pastatai

Pastato naudingasis plotas: 5488,59 m²

Pastatų energetinio naudingumo klasifikavimas į klases*: Pastato energetinio naudingumo klasė:



The image shows a vertical energy efficiency scale with seven horizontal bars, each representing a class from A to G. The bars are colored as follows: A (dark green), B (medium green), C (light green), D (yellow), E (orange), F (red-orange), and G (red). To the right of this scale, a separate box contains the letter 'C', indicating the building's energy efficiency class.

2. priedas. Įvesties duomenys.

2.1. Šilumos energijos įvesties duomenys.

	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
2016 metai												
Lauko temperatūra, C°	-7,5	1	1,4	7,1	16	18	19	18	13	3,9	0,5	-0,6
Vidaus temperatūra, C°	21	20	20	21						20	21	20
Dienolaipsniai faktiniai, C°	883,5	551,0	576,6	97,3	0	0	0	0	0	418,6	615	638,6
Šildymų parų skaičius, dienomis	31	29	31	7						26	30	31
2017 metai												
Lauko temperatūra, C°	-4,6	-2,3	3,3	5,4	12,7					6,6	3,1	0,5
Vidaus temperatūra, C°	21	20	20	20	20					20	21	21
Dienolaipsniai faktiniai, C°	793,6	624,4	517,7	438	29,2	0	0	0	0	348,4	537	635,5
Šildymų parų skaičius, dienomis.	31	28	31	30	4					26	30	31

2.2. Tiriamojo pastato laiko grafikas patalpų apšvietimui.

	Sausis	Vasaris	Kovas	Balandis	Gegužė	Birželis	Liepa	Rugpjūtis	Rugsėjis	Spalis	Lapkritis	Gruodis
Darbo dienų skaičius/mėn.	22	19	22	20	22	21	21	22	20	23	21	18
Apšvietimo laikas veikimo laikas												
Kolidorius, val/d.	12	12	12	8	8	8	8	8	8	12	12	12
Kolidorius, val/mėn	264	228	264	160	176	168	168	176	160	276	252	216
Kabinetas, val/d.	6	6	6	4	3	3	3	3	4	6	6	6
Kabinetas, val/mėn	132	114	132	80	66	63	63	66	80	138	126	108

3. Priedas. Skaičiavimai.

3.1. Sausio mėnesio šilumos energijos sąnaudų perskaičiavimas norminiais kiekiais:

$$Q_{f.n.š} = Q_{f.š} * \frac{(Q_{i.n} - Q_{e.n}) * Z_n}{(Q_{i.f} - Q_{e.f}) * Z_f} = 76,81 * \frac{(21 - (-6,4)) * 31}{(21 - (-7,5)) * 31} = 73,85 MWh$$

3.2. Elektros energijos sąnaudos patalpų apšvietimui Sausio mėnesį:

Liumeniscensinio šviestuvo galingumas – 84W. Šviestuvų kiekis: kolidoriuje - 152vnt. , kabinetuose –609 vnt.

$$W_{kolid.apš.lium} = h * P * n = 264 * 84 * 152 = 3370,75 kWh/mėn.$$

$$W_{Kab.apš.lium} = h * P * n = 132 * 84 * 609 = 6752,59 kWh/mėn.$$

$$W_{Apš.Sum.lium} = W_{kolid} + W_{kab} = 3370,75 + 6752,59 = 10123,344 kWh/mėn.$$

3.3. Elektros energijos sąnaudų balansas:

Sausio mėnesio bendros elektros energijos sąnaudos $W_{Sum} - 42,23 MWh/mėn.$

Sausio mėnesio elektros energijos sąnaudos kitoms pastato reikmėms apskaičiuojama:

$$W_1 = W_{Sum} - W_{Apš.sum.lium} = 42,23 - 10,12 = 32,10 MWh/mėn.$$

Sausio mėnesio elektros energijos sąnaudos pastato apšvietimui panaudojant LED šviestuvus:

$$W_{kolid.apš.LED} = h * P * n = 264 * 50 * 152 = 2006,4 kWh/mėn.$$

$$W_{Kab.apš.LED} = h * P * n = 132 * 50 * 609 = 4019,40 kWh/mėn.$$

$$W_{Apš.Sum.LED} = W_{kolid} + W_{kab} = 2006,4 + 4019,40 = 6022,80 kWh/mėn.$$

3.4. Sutaupytos energijos kiekiai:

Sutaupytos elektros energijos kiekis patalpų apšvietimui:

$$W_{Ef} = W_{Apš.Sum.lium} - W_{Apš.Sum.LED} = 10123,344 - 6022,80 = 4100,54 kWh /mėn.$$

Bendros Sausio mėnesio elektros energijos sąnaudos panaudojant LED šviestuvus:

$$W_2 = W_1 + W_{Apš.sum.LED} = 32,10 + 6,02 = 38.12 MWh/mėn.$$

3.5. Sutaupytos energijos kaina:

$$SEK = \frac{I}{Q_s} * \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{30344}{37,14} * \frac{0,06}{1 - (1 + 0,06)^{-20}} = 0,0714 Eur/kWh$$

3.6. LED šviestuvų įrengimo paprastas atsipirkimo laikas;

$$PAL = \frac{I}{S} = \frac{30440}{3343,14} = 9,11 metų$$

3.7. LED šviestuvų įrengimo tikrasis atsipirkimo laikas:

$$TAL = \frac{-\ln\left(1 - d * \frac{I_{Ie}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,06 * \frac{30440}{3343,14}\right)}{\ln(1 + 0,06)} = 13,56 metų$$

3.8. Grynoji dabartinė vertė ir vidinė grąžos norma:

Grynoji dabartinė vertė pirmaisiais energijos taupymo priemonės gyvavimo metais.

$$GDV = DV_S - I - \sum_{t=0}^N DV_n(RI) + DV_N(LV) = -30440 - \left((3343,13 - 0) \times \left(\frac{1}{1 + 0.06^1} \right) \right) \\ = -27286.10 \text{ Eur.}$$

n - metai	Išlaidos, Eur/metus	Pajamos (sutaupytos energijos kiekis), Eur/metus	Diskonto koeficientas	DV, Eur.	Grynoji dabartinė vertė, Eur.
0	- 30440,00	0	1	0,00	- 30440,00 €
1	0	3343,13	0,9434	3153,90	-27286,10
2	0	3343,13	0,8900	2975,38	-24310,72
3	0	3343,13	0,8396	2806,96	-21503,76
4	0	3343,13	0,7921	2648,08	-18855,68
5	-200,00	3343,13	0,7473	2298,19	-16557,50
6	-200,00	3343,13	0,7050	2156,78	-14400,72
7	-200,00	3343,13	0,6651	2023,38	-12377,34
8	-200,00	3343,13	0,6274	1897,52	-10479,82
9	-200,00	3343,13	0,5919	1778,80	-8701,02
10	-200,00	3343,13	0,5584	1666,79	-7034,23
11	-200,00	3343,13	0,5268	1561,12	-5473,11
12	-200,00	3343,13	0,4970	1461,44	-4011,67
13	-200,00	3343,13	0,4688	1367,39	-2644,28
14	-200,00	3343,13	0,4423	1278,67	-1365,61
15	-200,00	3343,13	0,4173	1194,97	-170,63
16	-200,00	3343,13	0,3936	1116,01	945,38
17	-200,00	3343,13	0,3714	1041,52	1986,90
18	-200,00	3343,13	0,3503	971,25	2958,15
19	-200,00	3343,13	0,3305	904,95	3863,10
20	-200,00	3343,13	0,3118	842,41	4705,50

Vidinė grąžos norma „MS office Excel“ programos funkcija IRR. LED šviestuvų įrengimo VGN - 8%.

3.8. Jautrumo analizė:

LED šviestuvų įrengimo tikrasis atsipirkimo laikas (diskonto norma 3%):

$$TAL = \frac{-\ln(1 - d \times \frac{I_{I0}}{\Delta S})}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln(1 - 0.03 \times \frac{30440}{3343,14})}{\ln(1 + 0,03)} = 10.79 \text{ metų}$$

LED šviestuvų įrengimo tikrasis atsipirkimo laikas (diskonto norma 9%):

$$TAL = \frac{-\ln(1 - d \times \frac{I_{I0}}{\Delta S})}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln(1 - 0.09 \times \frac{30440}{3343,14})}{\ln(1 + 0,09)} = 19.86 \text{ metų}$$

3.8. Grynoji dabartinė vertė ir vidinė gražos norma:

Grynoji dabartinė vertė pirmaisiais energijos taupymo priemonės gyvavimo metais(diskonto norma 3%):

$$GDV = DV_S - I - \sum_{t=0}^N DV_n(RI) + DV_N(LV) = -30440 - \left((3343,13 - 0) \times \left(\frac{1}{1 + 0.03^1} \right) \right) \\ = -27194.240 \text{ Eur.}$$

n - metai	Išlaidos, Eur/metus	Pajamos (sutaupytos energijos kiekis), Eur/metus	Diskonto koeficientas	DV, Eur	Grynoji dabartinė vertė, Eur.
0	-30440,00 €	0	1	0,00	-30440,00
1	-0	3343,13	0,9709	3245,76	-27194,24
2	-0	3343,13	0,9426	3151,23	-24043,01
3	-0	3343,13	0,9151	3059,44	-20983,57
4	-0	3343,13	0,8885	2970,33	-18013,24
5	-200,00	3343,13	0,8626	2683,82	-15329,42
6	-200,00	3343,13	0,8375	2599,82	-12729,59
7	-200,00	3343,13	0,8131	2518,28	-10211,32
8	-200,00	3343,13	0,7894	2439,10	-7772,22
9	-200,00	3343,13	0,7664	2362,24	-5409,98
10	-200,00	3343,13	0,7441	2287,61	- 3122,37
11	-200,00	3343,13	0,7224	2215,15	-907,22
12	-200,00	3343,13	0,7014	2144,81	1237,59
13	-200,00	3343,13	0,6810	2076,51	3314,10
14	-200,00	3343,13	0,6611	2010,21	5324,31
15	-200,00	3343,13	0,6419	1945,83	7270,14
16	-200,00	3343,13	0,6232	1883,33	9153,47
17	-200,00	3343,13	0,6050	1822,65	10976,12
18	-200,00	3343,13	0,5874	1763,74	12739,86
19	-200,00	3343,13	0,5703	1706,54	14446,40
20	-200,00	3343,13	0,5537	1651,01	16097,42

Grynoji dabartinė vertė pirmaisiais energijos taupymo priemonės gyvavimo metais(diskonto norma 9%):

$$GDV = DV_S - I - \sum_{t=0}^N DV_n(RI) + DV_N(LV) = -30440 - \left((3343,13 - 0) \times \left(\frac{1}{1 + 0.09^1} \right) \right) \\ = -27372,90 \text{ Eur.}$$

n - metai	Išlaidos, Eur/metus	Pajamos (sutaupytos energijos kiekis), Eur/metus	Diskonto koeficientas	DV, Eur.	Grynoji dabartinė vertė, Eur.
0	-30440,00 €		1	0,00	- 30440,00
1	-0	3343,13	0,9174	3067,10	-27372,90

2	-0	3343,13	0,8417	2813,85	-24559,05
3	-0	3343,13	0,7722	2581,51	-21977,54
4	-0	3343,13	0,7084	2368,36	-19609,18
5	-200,00	3343,13	0,6499	1972,81	-17636,37
6	-200,00	3343,13	0,5963	1793,40	-15842,97
7	-200,00	3343,13	0,5470	1628,81	-14214,16
8	-200,00	3343,13	0,5019	1477,81	-12736,35
9	-200,00	3343,13	0,4604	1339,27	-11397,08
10	-200,00	3343,13	0,4224	1212,18	-10184,90
11	-200,00	3343,13	0,3875	1095,57	-9089,32
12	-200,00	3343,13	0,3555	988,60	-8100,72
13	-200,00	3343,13	0,3262	890,46	-7210,26
14	-200,00	3343,13	0,2992	800,42	-6409,84
15	-200,00	3343,13	0,2745	717,82	-5692,02
16	-200,00	3343,13	0,2519	642,03	-5049,99
17	-200,00	3343,13	0,2311	572,51	-4477,48
18	-200,00	3343,13	0,2120	508,72	-3968,76
19	-200,00	3343,13	0,1945	450,21	-3518,55
20	-200,00	3343,13	0,1784	396,52	-3122,03