



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS

Neringa Bernotaitė

INVESTICIJŲ Į ENERGIJOS TAUPYMO PRIEMONES
EKONOMINIO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas

Vadovas

Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS FAKULTETAS
ELEKTROS ENERGETIKOS SISTEMŲ KATEDRA

INVESTICIJŲ Į ENERGIJOS TAUPYMO PRIEMONES
EKONOMINIO EFEKTYVUMO TYRIMAS

Baigiamasis magistro projektas
Elektros energetikos sistemos (621H63005)

Vadovas

(parašas) Doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė
(data) 2016-05-23

Recenzentas

(parašas) Doc. dr. A. Jonaitis
(data)

Projektą atliko

(parašas) Neringa Bernotaitė
(data) 2016-05-23

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS

Elektros ir elektronikos fakultetas

(Fakultetas)

Neringa Bernotaitė

(Studento vardas, pavardė)

Elektros energetikos sistemos, 621H63005

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Investicijų į energijos taupymo priemonės ekonominio efektyvumo tyrimas“

AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 16 m. Gegužės 23 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Neringos Bernotaitės**, baigiamasis projektas tema „Investicijų į energijos taupymo priemonės ekonominio efektyvumo 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.

(vardas pavardė)

(parašas)

Bernotaitė, N. Investicijų į energijos taupymo priemones ekonominio efektyvumo tyrimas. *Elektros energetikos sistemos* baigiamasis projektas / vadovas doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra. Kaunas, 2016. 60 psl.

SANTRAUKA

Šiame darbe apžvelgiami galiojantys energetinio efektyvumo vertinimo metodai ir standartai. Analizuojami energijos poreikiai, randamas ir nagrinėjamas didžiausią energijos suvartojimą turinti energetikos ūkio sektorius. Atliekama energetikos ūkio sektoriaus apžvalga nustatant tikslinį tyrimo objektą. Parenkami energiją taupančių priemonių paketai, kurių efektyvumas nustatomas pagal ekonominius ir finansinius rodiklius. Sudaromos alternatyvios modernizacijos schemos. Atliekama jautrumo analizė sutaupyta energijos kainai.

Reikšminiai žodžiai: energija, energetinis efektyvumas, investicijos, atsipirkimo laikas, sutaupyta energijos kaina, energijos taupymo priemonės.

Bernotaitė, Neringa. Economical Efficiency Investigation of Investment on Energy Saving measures. Final project of *Electric power system*/ supervisor doc. dr. Inga Konstantinavičiūtė; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, department of Electrical Power.

Kaunas, 2016. 60 pp.

SUMMARY

In this paper, the existing energy efficiency evaluation methods and standards are reviewed. The demands for energy are analyzed, the greatest energy consumption sector of said economy are both discovered and examined. The review of energetics economy is carried out, while determining the object of study. Packets for conserved energy are picked, whose effectiveness is determined by the economic and financial indicators. Schemes of alternative modernization are compiled as well. The sensitivity analysis on the cost of conserved energy is conducted.

Keywords: energy, energy efficiency, investment, internal rate or return, cost of conserved energy, energy saving measures.

TURINYS

SANTRUMPŲ IR ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS	8
ĮVADAS	9
1. APŽVALGINĖ DALIS	11
1.1. Infrastruktūros padėtis, problematika	11
1.2. Energetinis auditas	14
1.2.1. Pagrindiniai žingsniai.....	15
1.2.2. Pagrindiniai rodikliai.....	16
1.3. Pastatų klasifikacija pagal energetinį efektyvumą.....	16
1.4. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonės Lietuvoje	18
1.5. Atlikti tyrimai.....	21
2. METODINĖ DALIS	24
2.1. Tyrimo metodikos pagrindimas	24
2.2. Skaičiavimo metodika.....	25
2.2.1. Balanso sudarymas.....	26
2.3. Energijos taupymo priemonių parinkimas ir galimų sutaupymų nustatymas	29
2.4. Ekonominio efektyvumo įvertinimas.....	29
2.5. Skaičiavimo metodai išskaidant investicijas.....	33
3. TYRIMŲ REZULTATŲ DALIS	36
3.1. Daugiabučių pastatų klasifikacija ir situacijos apibendrinimas.	36
3.2. Daugiabučių namų kompleksinis vertinimas ir taupymo priemonių paketų parinkimas	36
3.3. Ekonominio efektyvumo vertinimas parinktomis taupymo priemonėms.	41
3.3.1. Finansiniai rodikliai	44
3.3.2. Alternatyvi modernizavimo schema	45
3.4. Jautrumo analizė	47
3.4.1. Jautrumo analizė keičiant diskonto normą.....	47
IŠVADOS	50
INORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS	52
PRIEDAI.....	56
1. Priedas. Skaičiavimo pavyzdys.....	56

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Energinio naudingumo klasės skirstymas [14]	17
1.2 lentelė. Skirtingų kategorijų daugiabučių mokėjimų už šilumą lentelė [15].....	18
1.3 lentelė. Ūkio ministerijos veiksmų plano rodikliai [23].....	21
3.1 lentelė. Bendrieji pradiniai duomenys.....	37
3.2 lentelė. Preliminari energijos taupymo priemonių paketų darbų sudėtis [41].....	38
3.3 lentelė. Surinktų duomenų pavyzdys [42].....	39
3.4 lentelė. Pradinių investicijų pagal energijos taupymo priemonių paketą dydis	39
3.5 lentelė. Šilumos taupymo priemonių efektyvumas [43].....	40
3.6 lentelė. Planuojami metiniai sutaupymai skirtingoms daugiabučių grupėms	41
3.7 lentelė. Energijos taupymo priemonių paketo investicijų atsipirkimo laikai ir sutaupytos energijos kaina	42
3.8 lentelė. Taupymo priemonių skirtingoms daugiabučių grupėms GDV ir VGN.....	44
3.9 lentelė. Investicijų atsipirkimo laikai ir sutaupytos energijos kaina esant skirtingai diskonto normai	47
3.10 lentelė. Finansiniai rodikliai prie skirtingų diskonto normų	49

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav.	Galutinis energijos suvartojimas Lietuvoje 2000 – 2014 metų laikotarpiu.....	11
1.2 pav.	Galutinės elektros energijos suvartojimo diagrama atskiruose ūkio sektoriuose 2000 – 2014 metų laikotarpiu	12
1.3 pav.	Galutinės šilumos energijos suvartojimo diagrama atskiruose ūkio sektoriuose Lietuvoje 2000 – 2014 metų laikotarpiu	12
1.4 pav.	Galutinės elektros energijos suvartojimo struktūra Lietuvoje 2015 metais pagal ūkio sektorius.....	13
1.5 pav.	Galutinės šiluminės energijos suvartojimo Lietuvoje 2014 metais atskiruose ūkio sektoriuose procentinė diagrama	13
1.6 pav.	Galutinės energijos suvartojimo 2014 m. struktūra Lietuvoje	14
2.1 pav.	Tyrimo etapo atlikimo struktūrinė schema	24
2.2 pav.	Metodikos pateikimas grafinėje formoje	25
2.3 pav.	Metodikos pateikimas grafinėje formoje pastato renovavimo „dvejopos naudos“ įvertinimo metodo schema [39]	33
2.4 pav.	Pastato renovavimo „trejopos naudos“ įvertinimo metodo schema [17]	34
2.5 pav.	Alternatyvios modernizacijos schemos pavyzdys	35
3.1 pav.	Sutaupyta energijos kiekis per metus vienam m ²	37
3.2 pav.	Investicijų dydžio priklausomybės nuo sutaupytos energijos kiekio grafikas	40
3.3 pav.	Sutaupytos energijos procentais priklausomybė nuo namo pastatymo metų	41
3.4 pav.	Paprastasis atsipirkimo laikas	42
3.5 pav.	Tikrasis atsipirkimo laikas	43
3.6 pav.	Sutaupytos energijos kaina per metus vienam m ²	43
3.7 pav.	SEK per metus vienam m ² palyginimas su rinkos kaina	44
3.8 pav.	I-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema	45
3.9 pav.	II-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema.....	46
3.10 pav.	III-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema	46
3.11 pav.	Sutaupytos energijos kaina per metus vienam m ² prie skirtingų diskontų normų.....	48
3.12 pav.	SEK per metus vienam m ² palyginimas su rinkos kaina	48

SANTRUMPŲ IR ŽENKLŲ AIŠKINIMO ŽODYNAS

DV – dabartinė vertė;

ES – Europos sąjunga (Europe union);

Eur – Euras;

GDV – grynoji dabartinė vertė;

GWh – Giga vatvalandės;

MW – mega vatai;

MWh – mega vatvalandės;

PAL - paprastasis atsipirkimo laikas;

SEA – Septinta energijos asociacija (Sieben Energy Associates);

SEK – sutaupyta energijos ar šalto vandens kaina;

SEK_p – planuojamo energijos taupymo priemonių sutaupyta energijos vieneto kaina;

STR – statybos techninis reglamentas;

TAL – tikrasis atsipirkimo laikas;

tne – tona naftos ekvivalentu;

VGN – vidinė gražos norma.

IVADAS

Gyventojų skaičius pasaulyje auga, Jungtinės tautos (JT) prognozuoja, kad iki 2050 metų gyventojų skaičius padidės apie 1,4 karto [1], šis gyventojų skaičiaus augimo tempas lems poreikių augimą. Poreikių augimas apims ne tik maisto pramonės, būtiniausių daiktų sektorius, bet ir energetikos sektorius.

Didėjantys energijos poreikiai yra viena iš pagrindinių problemų pasaulyje, nes didėjant energijos poreikiams didėja ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimai, oro užterštumas. 2014 metais vykusioje energetikos komisijos rengiamoje konferencijoje buvo paneigta, kad iki 2050 metų pavyks sumažinti bendras šiltnamio efektą sukeliančias emisijas 50%, vietoje to komisija paskelbė, kad šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų kiekis iki 2050 metų padidės nuo 2 iki 4 kartų [2], dėl šios priežasties labai svarbu didinti energijos vartojimo efektyvumą, modernizuojant energijos perdavimo sistemas, įrenginius, pastatus.

Taip pat, valstybės gali pasidaryti energetiškai priklausomos nuo kitos valstybės, kuri turi didesnius energetinius išteklius. Šie keli aspektai apibūdinami energetikos trilemos sąvoka, kuri apibrėžia tris pagrindines energetikos problemas: saugumą, prieinamumą ir aplinkosaugą [3]. Šių problemų mažinimas yra labai svarbus tiek visam pasauliui bendrai, tiek kiekvienai valstybei atskirai, ne išimtis ir Lietuva.

Lietuvoje, kaip ir kitose valstybėse yra nustatyti tikslai ir uždaviniai, didinant energetinį saugumą, prieinamumą ir aplinkosaugą. Vienas iš pagrindinių tikslų [4] yra didinti energijos vartojimo efektyvumą, kuris leistų sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dalelių kiekį ir suvartojamos energijos kiekį. Šis tikslas apima energetinės trilemos visų problemų mažinimą. Todėl, reikia išanalizuoti Lietuvos energijos suvartojimą ir išsiaiškinti, kuriame energetikos sektoriuje būtų galima daugiausia sutaupyti energijos, parinkti efektyviausias taupymo priemones, sumažinant energijos suvartojimą ir išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį. Taip pat, šis tikslas padeda didinti energetinį saugumą (nepriklausomumą), nes valstybei labai svarbu bent daugiau nei pusę visų energijos poreikių apsirūpinti iš vidinių energijos šaltinių.

Darbo naujumas ir aktualumas. Siekiant didinti energijos vartojimo efektyvumą, kuris leistų sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dalelių kiekį ir suvartojamos energijos kiekį, ieškomas optimaliausias investicijų į energijos taupymo priemones variantas. Nustatoma patraukliausia analizuojamo sektoriaus grupė, kuriai įdiegiant energijos taupymo priemones gaunami geriausi ekonominiai ir finansiniai rodikliai.

Darbo tikslas – atlikti investicijų į energijos taupymo priemones ekonominio efektyvumo tyrimą atsižvelgiant į sutaupytos energijos kainą ir atsipirkimo laiką, atlikti jautrumo analizę.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti galutinės energijos vartojimą Lietuvos ūkio sektoriuose, atsižvelgiant į energijos taupymo potencialo galimybes.
2. Apžvelgti energijos taupymo priemonių investicijų rentabilumo vertinimo metodus.
3. Atlikti investicijų į taupymo priemones ekonominio efektyvumo kompleksinį vertinimą pagal sutaupytos energijos kainą ir atsipirkimo laiką.
4. Įvertinti energijos taupymo priemonių patrauklumą nustatant finansinius rodiklius.
5. Atlikti jautrumo analizę

Tyrimo metodai: Lietuvių ir užsienio autorių mokslinės literatūros bei internetinių šaltinių analizė ir sintezė, palyginamoji analizė, daugiakriterinis vertinimas. Skaičiuojamas paprastasis atsipirkimo laikas, tikrasis atsipirkimo laikas, sutaupytos energijos kaina ir finansiniai rodikliai (grynoji dabartinė vertė ir vidinė grąžos norma). Duomenys surinkti iš jau atliktų modernizacijos projektų ataskaitų, iš kurių išskaičiuojami statistiniai rodikliai.

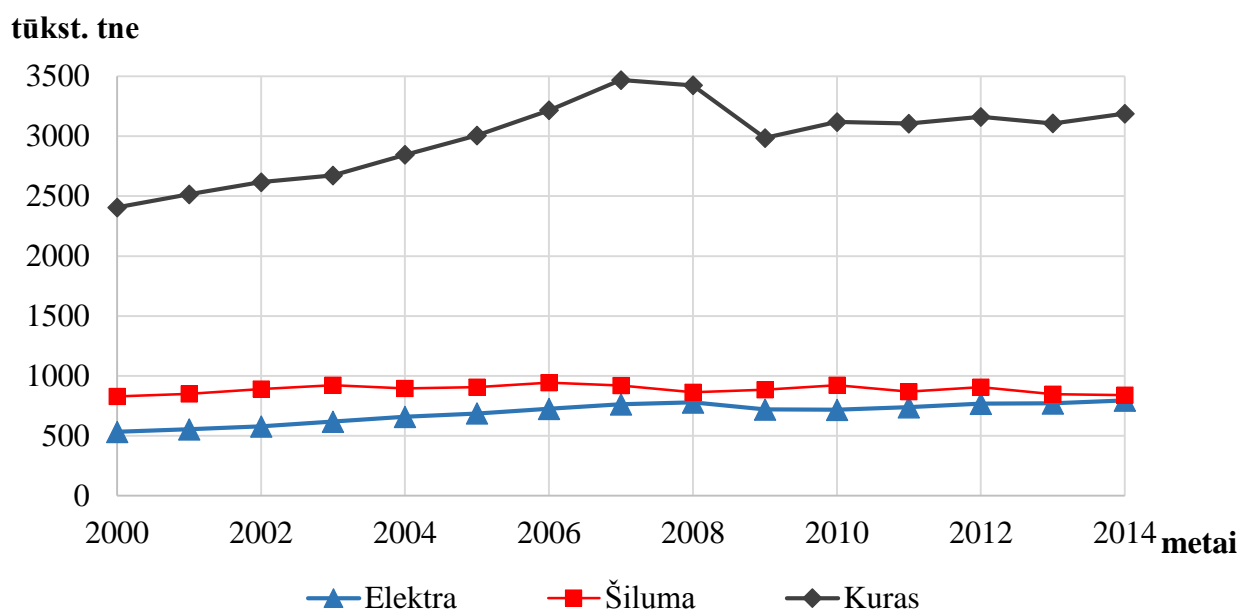
Magistro darbo struktūra. Magistrinis darbas susideda iš santraukos, turinio, lentelių ir paveikslo sąrašų, santrumpų, literatūros sąrašo ir pagrindinių 5 dalių: įvado, 3 dėstymo skyrių ir išvadų. Darbą sudaro: 60 puslapių, 23 paveikslai ir 13 lentelių, 1 priedas. Naudotos literatūros sąrašė yra 44 šaltiniai.

1. APŽVALGINĖ DALIS

1.1. Infrastruktūros padėtis, problematika

Visame pasaulyje yra siekiama mažinti klimato šilumą, kuris didėja dėl didėjančių energijos poreikių augimo, dėl tos priežasties didėja ir šiltnamio efektas. Siekiant mažinti klimato šilumą 1997m buvo pasirašytas Kioto protokolas [5], kuris galiojo visoms valstybėms. Pratęsus Kioto protokolo terminą iki 2020 m., Lietuva įsipareigojo vykdyti energetinius tikslus: iki 2020 m. sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 20% (lyginant su 1990m.), padidinti energijos gamybą iš atsinaujinančių energijos šaltinių 20% ir padidinti energijos efektyvumą 20% [6]. Siekiant geriau išsiaiškinti, kur slypi didžiausias energijos taupymo potencialas, reikia išanalizuoti galutinės energijos suvartojimą praėjusiais metais ir nustatyti kokios energijos rūšies ir kokiam ūkyje suvartojama daugiausia.

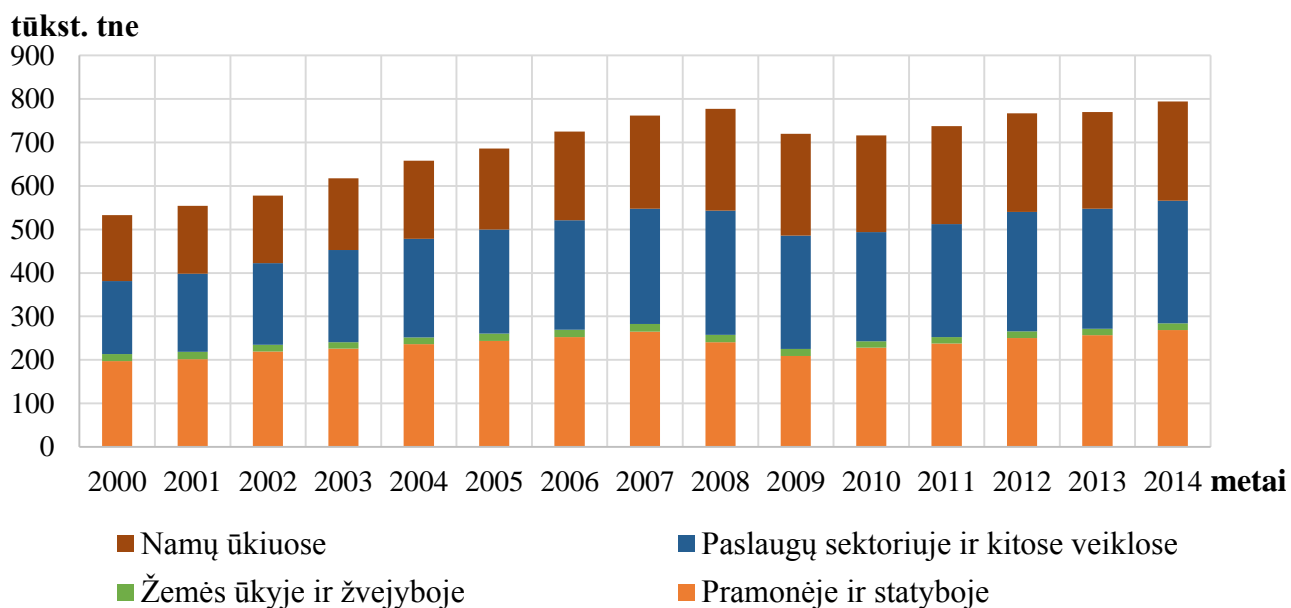
Galutinė energija skaidoma į kuro, šilumos ir elektros energijas. Lietuvoje ir pasaulyje pagrindiniai energijos vartotojai yra pramoniniai objektai, gyventojai, paslaugų, transporto, žemės ūkio ir kiti sektoriai. Energijos skaidymas į rūšis leidžia geriau suprasti energijos poreikius ir jų suvartojimą. Lietuvos statistikos departamento duomenimis [7] galutinės suvartotos energijos poreikio grafikas pateiktas 1.1 paveiksle laikotarpiui nuo 2000 metų iki 2014 metų.



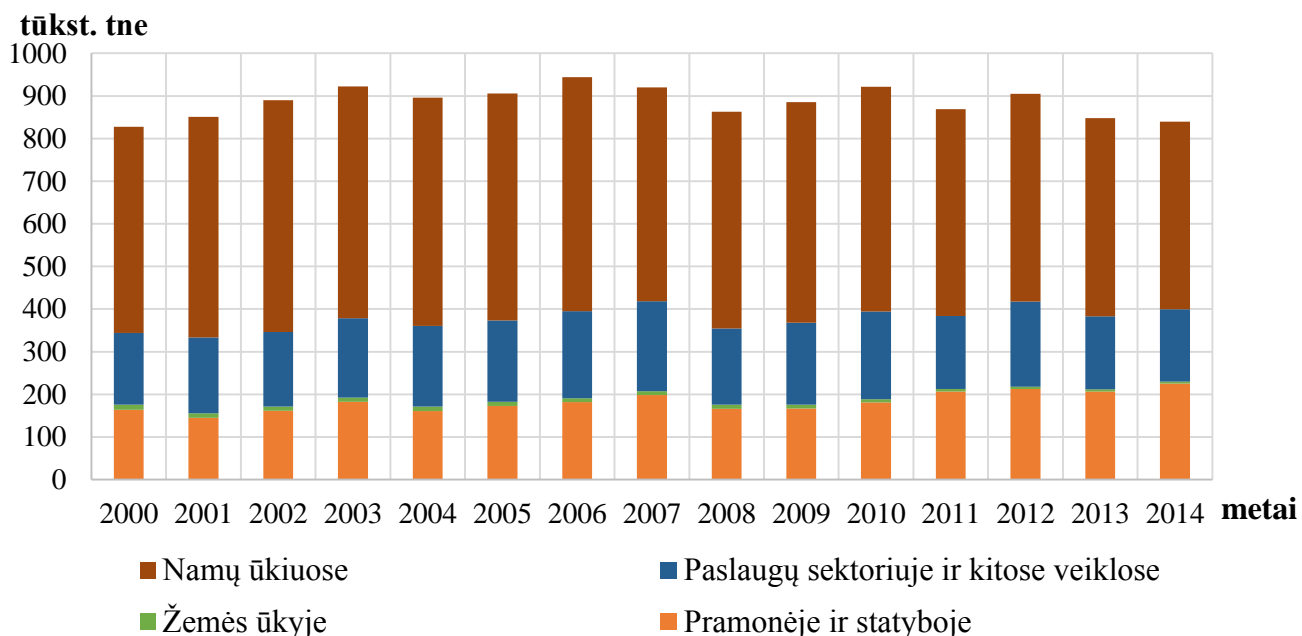
1.1 pav. Galutinis energijos suvartojimas Lietuvoje 2000 – 2014 metų laikotarpiu

Iš pateikto 1.1 paveikslo matyti, kad galutinės energijos vartojimo struktūroje reikšminga dalis tenka iškastiniam kurui, tačiau jo išteklių nėra beribiai, o ir kuro deginimas neigiamai veikia aplinką. Lietuvoje siekiant įgyvendinti energetinius tikslus didesnis dėmesys skiriamas energijos gamybai iš atsinaujinančių energijos šaltinių. Dėl iškastinio kuro vartojimo mažėjimo toliau didesnis dėmesys bus skiriamas šiluminės ir elektros energijos nagrinėjimui. 1.1 paveikslas rodo, jog šiluminės ir elektros

energijos poreikiai auga. 1.2 ir 1.3 paveiksluose pateiktas šilumos ir elektros energijų galutinio suvartojimo atskiruose ūkio sektoriuose 2000 – 2014 metų laikotarpiui diagramos. Diagramos sudarytos remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis [7].



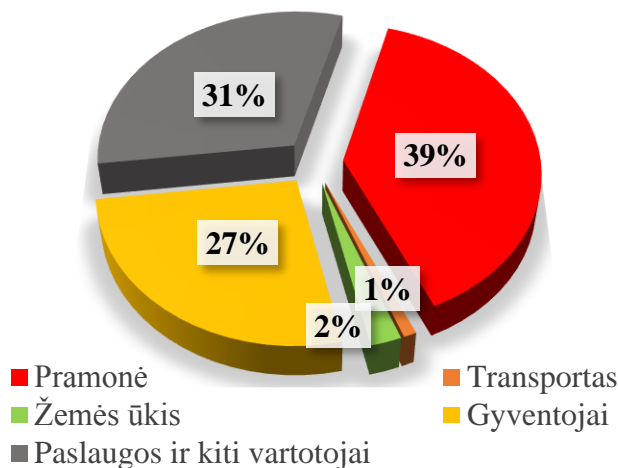
1.2 pav. Galutinės elektros energijos suvartojimo diagrama atskiruose ūkio sektoriuose 2000 – 2014 metų laikotarpiu



1.3 pav. Galutinės šilumos energijos suvartojimo diagrama atskiruose ūkio sektoriuose Lietuvoje 2000 – 2014 metų laikotarpiu

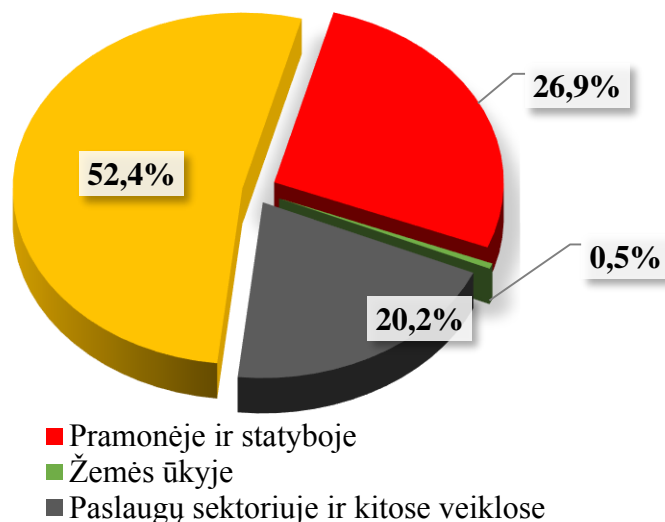
Iš pateiktų diagramų matyti, kad elektros ir šilumos sąnaudos skirtinguose ūkio sektoriuose skiriasi, šiluminės energijos poreikis didžiausias yra namų ūkio sektoriuje, o elektros energijos poreikis didžiausias pramonėje. Taigi, tiksliausias šiluminės energijos vartojimo efektyvumo didinimas namų ūkio sektoriuje, o elektros energijos – pramonės ir statybos sektoriuje, tačiau namų ūkio

sektoriaus elektros energijos taupymo potencialas taip pat didelis. Lietuvoje 2015 metais galutinės elektros energijos buvo suvartota: ~ 3,9 TWh pramonėje, ~ 2,7 TWh energijos sunaudojo gyventojai, kiti energijos vartotojai sunaudojo mažiau elektros energijos (transportas ~ 0,1 TWh, žemės ūkis ~ 0,2 TWh, likusi energijos dalis ~ 3,1 TWh sunaudota paslaugų ir kitų vartotojų sektoriuose), duomenys paimti iš 2015 m. Lietuvos elektros energijos gamybos ir vartojimo balanso [8]. Elektros energijos suvartojimas procentais per 2015 metus skirtinguose ūkio sektoriuose pateiktas 1.4 paveiksle.



1.4 pav. Galutinės elektros energijos suvartojimo struktūra Lietuvoje 2015 metais pagal ūkio sektorius

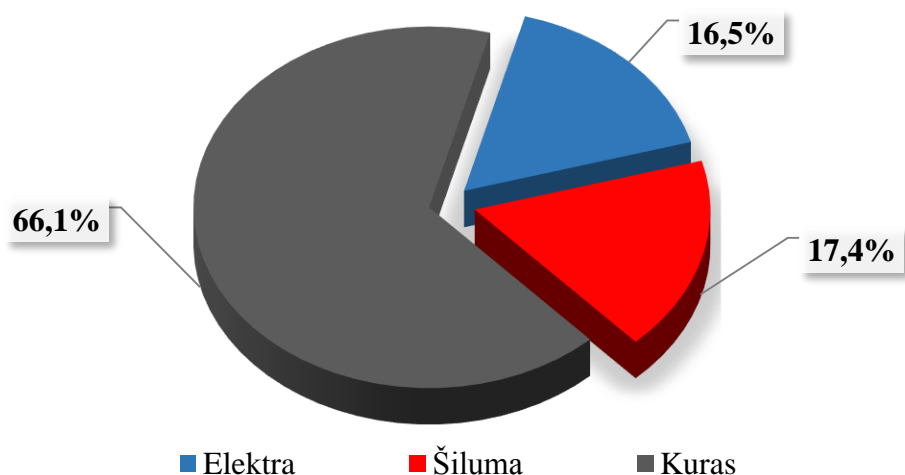
Bendro galutinio atskirų ūkio sektorių per 2014 metus šilumos ir energijos poreikio, išreikšto procentinėmis dalimis, rezultatai pateikiami 1.5 paveiksle.



1.5 pav. Galutinės šiluminės energijos suvartojimo Lietuvoje 2014 metais atskiruose ūkio sektoriuose procentinė diagrama

Iš pateikto 1.5 paveikslo matyti, kad didžiausi šiluminės energijos poreikiai yra namų ūkio sektoriuje ir siekia ~52,4%. Dėl tokio milžiniško poreikio būtina didinti energijos efektyvumą namų ūkio sektoriuje. Energijos efektyvumo didinimas padėtų sumažinti šildymo išlaidas, taip pat mažėtų šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimas.

Dėl energijos poreikio augimo ir iškastinio kuro brangimo vis didesnis dėmesys skiriamas atsinaujinančiam kurui. 2014 metais spalio mėnesį vykusioje pasaulio energetikos konferencijoje buvo pabrėžta, kad atsinaujinančių išteklių nepakaks, kad būtų patenkinta reikšmingesnė pasaulinės energijos paklausos dalis [9], o šiuo metu vis dar daugiausia energijos pagaminama naudojant akmens anglį, dėl ko į aplinką yra išmetama kenksmingų dalelių. Todėl egzistuoja didelis energijos vartojimo efektyvumo didinimo poreikis, kad bent didesnę energijos dalį būtų galima gauti iš atsinaujinančių energijos išteklių. Lietuvos bendro galutinės energijos suvartojimo 2014m. struktūra pateikta 1.6 paveiksle.



1.6 pav. Galutinės energijos suvartojimo 2014 m. struktūra Lietuvoje

1.6 paveiksle pateikta galutinė energijos vartojimo struktūra atskleidžia, kad šiuo metu didžioji galutinės energijos dalis gaunama tiesiogiai naudojant kurą (akmens anglis, dujas, naftos produktus, antrinį kietąjį kurą). Taip pat, šilumos energijos poreikis palyginus yra didelis, ir šilumos nuostoliai yra vieni didžiausių, todėl svarbu energijos vartojimo efektyvumą didinti būtent šioje srityje. Lietuvos energetikos konsultantų asociacijos teigimu „Daugiausia neišnaudoto energijos potencialo sudaro šilumos sektoriaus vartotojai ~ 30 %. Tai sudaro apie 197 mln. eurų kasmet“ [9], todėl didžiausias energijos taupymo potencialas slypi namų ūkio sektoriuje, nes vartotojai sunaudoja daugiausia bendros šiluminės ir elektros energijos, todėl tikslinga atlikti pastatų ir infrastruktūrų renovacijas.

Pagrindiniai siekiai atliekant pastatų ir infrastruktūrų renovacijas yra sumažinti: energijos suvartojimą, pastatų naudojimo išlaidas, aplinką teršiančių veiksnių poveikį, didinti aplinkos vertę, gerinti pastatų būklę ir ilginti eksploatacijos trukmę, taip pat didinti komfortą pastato viduje, didinti pastatų rinkos vertę, pritraukti vidutinės klasės piliečius. Vienas iš analizės metodų įvertinti esamą situaciją yra energetinis auditas, kurio pagalba įvertinama esama situacija ir parenkamas geriausias sprendinių paketas, kuris padidintų energijos vartojimo efektyvumą su mažiausiu investicijų dydžiu.

1.2. Energetinis auditas

Energetinio audito sąvoka yra apibūdinama kaip energijos srautų pastatuose, procesuose ar

sistemose tikrinimas, tyrimas ir analizė, siekiant sumažinti energijos sąnaudas, nepadarant neigiamos įtakos esamai situacijai. Atlikus energetinį auditą galima parinkti energijos išteklių taupymo priemones, ataskaita pateikiama vartotojui. Energetinis auditas yra vienas iš pirmųjų žingsnių siekiant sumažinti energijos sąnaudas ir gerinti aplinkosauginius aspektus, įvertinus esamą situaciją.

Pagrindinis energetinio audito tikslas – įvertinus tiriamojo objekto būklę, parengti konkrečių investicijų planą, kuris padėtų tiesiogiai sumažinti energijos sąnaudas.

Auditas atliekamas tokiose srityse kaip patalpų šildymas, elektros naudojimas, šalto ir karšto vandens naudojimas, gamybinių procesų optimizavimas, kokybės vertinimas. Energetinio auditas pagal SEA (Septinta energijos asociacija - Sieben Energy Associates) skirstomas į: pastatų, gyvenamųjų namų energetinį auditą, prekybos auditą, pramoninį auditą, infrastruktūros arba sistemos lygio auditą [10]. Dėl nagrinėjamos problematikos energijos vartojimo efektyvumo gerinimo namų sektoriuje toliau aprašomas tik pastatų, gyvenamųjų namų energetinis auditas.

Dažniausiai pastatų, gyvenamųjų namų energetinis auditas yra atliekamas rengiant renovacijos projektą gyvenamajam namui, nes reikia įvertinti esamus šilumos ir elektros nuostolius, taip pat reikalinga įvertinti sprendinius ekonomiškai. Audito metu yra atliekama energijos, šalto vandens sąnaudų ir išlaidų techninė analizė, perskaičiuojamos patalpų šildymui šilumos energijos faktinės sąnaudos į norminio šildymo sezono, sudaromas pastato šilumos energijos ir šalto vandens sąnaudų balansas, parenkamos energijos ir šalto vandens taupymo priemonės ir galimas sutaupymų nustatymas, atliekamas energijos taupymo priemonių ekonominis efektyvumo įvertinimas, parengiama audito ataskaita [10].

Finansinės paramos gavimas iš Valstybinių ar Europos sąjungos (ES) fondų yra viena iš priežasčių dėl kurios gali būti atliekamas energetinis auditas. Vartotojui pageidaujant, gali būti atliekamas energijos vartojimo auditas, kurio metu išanalizuojama pastato techninė bei inžinerinių sistemų būklė, parenkami sprendiniai siekiant įgyvendinti efektyviausias energiją taupančias priemones, nesiekiant gauti finansavimo iš valstybės ar ES [10].

1.2.1. Pagrindiniai žingsniai

Norint atlikti energetinį auditą, objektui arba veiklai, yra išskiriami tokie atlikimo etapai, kurie buvo aprašyti vykusioje 4 - oje tarptautinėje konferencijoje [11]:

- *Duomenų surinkimas*: susipažinimas su nagrinėjimo objekto procesu, veikimu, principinėmis schemomis; pradėjimas rinkti ar kaupti (matuoti) esamo objekto veikimo duomenis; problemos aptikimas.

- *Duomenų apdorojimas*: atliekami reikalingi skaičiavimai; pagal sudarytą tikslią veikimo schemą.

- *Rezultatų analizė*: pagal gautus skaičiavimo rezultatus ieškoma geriausių sprendimų, siūlomi sprendiniai integruojami į schemą, randamas geriausias pasirinkimas ar sąlygos.

- *Gerinimo rekomendacijos – pasiūlymai*: aprašoma siūloma nauja technologija ar naujos veikimo sąlygos, išskiriami siūlomos technologijos pliusai.

- *Ekonominis pagrindimas*: ekonominis pasiūlymų įvertinimas; parinkimas ekonomiškai pagrįstų priemonių [11].

Audito ataskaitoje pateikiamos pasiūlytų priemonių (energijos taupymui): svarbiausios charakteristikos, įgyvendinimo apimtys, reikalingų investicijų dydis, galimų sutaupymų ir energijos taupymo priemonių gyvavimo laikai.

1.2.2. Pagrindiniai rodikliai

Tam, kad geriau būtų įvertintas energijos taupymo priemonių ar jų grupių įdiegimo reikalingumas ir efektyvumas yra naudojami nustatyti svarbiausi energetinio ir ekonominio efektyvumo rodikliai. Pagrindiniai rodikliai:

- *energijos efektyvumas* (sutaupyto energijos kiekio ir suvartoto (arba prognozuojamo) energijos kiekio santykis);

- *energijos intensyvumas* (sieja energijos vartojimą su makro-ekonominiu kintamuoju);

- *vienetinis vartojimas arba specifinis vartojimas* (sieja energijos vartojimą su fizikiniu veiklos rodikliu);

- *„iš apačios į viršų“ energijos efektyvumo indeksas* (pateikia energijos vartojimo efektyvumo tendencijų, įvertintų neagreguotame lygyje, sintezę);

- *sklaidos rodikliai* (atliekama energijos vartojimo efektyvumo didinimo įrengimų ir praktikos sklaidos stebėseną);

- *koreguoti rodikliai* (pagal šiuos rodiklius atliekami palyginimai tarp valstybių ir stengiamasi sukoreguoti struktūrinius skirtumus tarp valstybių (klimato, ekonominius ar techninius));

- *tiksliniai rodikliai*, (šiais nustatomas tikslas ar gairė valstybei, palyginant su geriau šioje srityje veikiančiomis valstybėmis);

- *CO₂ rodikliai* papildo energijos efektyvumo rodiklius. Per CO₂ pateikiami visi aukščiau pateikti rodiklių tipai [10].

Vienas iš svarbių rodiklių yra skirtumas tarp rinkos vertės prieš atnaujinimą ir po jo, šis rinkos koeficientas yra žymimas MRV. Jei šis koeficientas daugiau nei 1, tai išlaidos reikalingos objekto atnaujinimui ir įgyvendinimui, pagal nekilnojamo turto rinkos vertes gali būti laikomos veiksmingomis, o jei mažiau už 1, tai – neveiksmingomis [10].

1.3. Pastatų klasifikacija pagal energetinį efektyvumą

Vienas iš pagrindinių energetinio efektyvumo vertinimo rezultatų yra pastato energetinio efektyvumo klasės rodiklis, kuris skirstomas į 9 kategorijas, nuo G iki A++, šis rodiklis įvertina kaip pastatas efektyviai naudoja energiją.

Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos įsakymas dėl Statybos techninio reglamento STR2.05.01:2013 "Pastatų energinio naudingumo projektavimas" [12] reglamentuoja pastatų energetinio naudingumo reikalavimus. Šiame reglamente nurodoma, kad naujai pastatyti pastatų ar pastato dalių, kurių visų projektavimo, techninių sąlygų išdavimo data yra po 2006 metų sausio 4 dienos, energinio naudingumo klasė turi atitikti ir nebūti žemesnė nei C. Tačiau, jei visi reikalingi dokumentai ir sąlygos išduotos po 2014 metų sausio 1 dienos, tai naujai statomo pastato ar pastato dalių energinio naudingumo klasė negali būti žemesnė nei B klasė. Taip pat, kitas svarbus priimtas įstatymas, kad nuo 2016 metų sausio 1 dienos, visi naujai statomi arba naujiems pastatams gauti reikalingų dokumentų ir sąlygų data bus tapati ar vėlesnė kaip 2016 metų sausio 1 diena, tai šių pastatų energinio naudingumo klasė turės atitikti A klasės pastatus. Atitinkamai nuo 2018 metų sausio 1 dienos – naujai statomi pastatai turės atitikti A+ klasę, o nuo 2021 metų sausio 1 dienos – A++ klasę. Visi renovuojami pastatai, kurių renovacijos darbai pradėti po 2014 metų sausio 1 dienos, po renovacijos darbų pastatų energinio naudingumo klasė turi atitikti C klasę, o nuo 2016 metų sausio 1 dienos – B klasę [13]. 1.1 lentelėje pateiktas energetinio naudingumo klasės suskirstymas pagal rodiklinę klasę.

1.1 lentelė. Energinio naudingumo klasės skirstymas [14]

Klasė	Reikšmė	Apibūdinimas
A++	$C < 0,25$	Atitinka nulinę klasę – visai nenaudojantys šiluminės energijos pastatai.
A+	$0,25 \leq C < 0,375$	labai mažai energijos naudojantys pastatai;
A	$0,375 \leq C < 0,5$	labai mažai energijos naudojantys pastatai;
B	$0,5 \leq C < 1$	mažai energijos naudojantys statiniai
C	$1 \leq C < 1,5$	daug energijos suvartojantys pastatai
D	$1,5 \leq C < 2$	labai daug energijos suvartojantys pastatai
E	$2 \leq C < 2,5$	labai daug energijos suvartojantys pastatai
F	$2,5 \leq C < 3$	labai daug energijos suvartojantys pastatai
G	$C \geq 3$	labai daug energijos suvartojantys pastatai

C – rodiklis, apibrėžia pastato energijos vartojimo efektyvumą. Šiuo rodikliu suteikiama energetinio naudingumo klasė pastatams prieš ir po jų modernizavimo. C rodiklio vertė apskaičiuojama pagal pastato normines, ataskaitines ir skaičiuojamąsias energijos sąnaudas. C rodiklio vertė apskaičiuojama [14]:

- jeigu $Q_1/Q_{N1} \leq 1$, $C = Q_1/Q_{N1}$;
- jeigu $Q_1/Q_{R1} \geq 1$, $C = 1 + Q_1/Q_{R1}$;
- kitais atvejais, nei nurodytuose punktuose, $C = 1 + (Q_1 - Q_{N1})/(Q_{R1} - Q_{N1})$.

Q_1 – skaičiuojamosios (kWh/(m²·metai)) pastato energijos sąnaudos;

Q_{N1} - norminės (kWh/(m²·metai)) pastato energijos sąnaudos;

Q_{R1} – atskaitinės (kWh/(m²·metai)) pastato energijos sąnaudos.

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija pateikė daugiabučių namų klasifikaciją pagal suvartojamą energiją ir daugiabučius pastatus suskirstė į keturias kategorijas. Duomenys paimti iš Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos internetinio tinklalapio [15] ir pateikti 1.2 lentelėje.

1.2 lentelė. Skirtingų kategorijų daugiabučių mokėjimų už šilumą lentelė [15]

Daugiabučių kategorijos		Sunaudojamas šilumos kiekis 1m ² buto šildymui per mėnesį	Sunaudojamas šilumos kiekis 60m ² buto šildymui per mėnesį ir mokėjimai už šildymą *	Šilumos gamybos šaltinyje sukūrenamo kuro kiekis, reikalingas 60m ² ploto buto šildymui per mėn.
I	suvartojantys mažiausiai šilumos (naujos statybos, apšiltinti, modernizuoti namai ir namai su individualiu šildymo reguliavimu ir apskaita), sudaro ~4%.	~9 kWh/m ²	~540kWh/60m ² (~35 Eur/mėn)	~54 kg _{ne}
		Sudaro: ~28 tūkst. butų; ~0,08 mln. gyventojų		
II	suvartojantys mažai arba vidutiniškai šilumos (modernizuoti ar kažkiek taupantys šilumą namai. Naujos statybos namai, su dideliais vitrininiais langais, atitvarų varža atitinka tik minimalius reikalavimus, mažiau energetiškai efektyvios pastato formos ir pan. kiti), sudaro ~16%.	~15 kWh/m ²	~900kWh/60m ² (~57 Eur/mėn)	~90 kg _{ne}
		Sudaro: ~112 tūkst. butų; ~0,32 mln. gyventojų		
III	suvartojantys daug šilumos (pastatyti iki 1992m, neapšiltinti, nusidėvėję, kuriuose nuo jų pastatymo dienos neatlikti jokie didesni remonto darbai. Senos nesubalansuotos vidaus šildymo ir karšto vandens sistemos, nėra individualios šilumos apskaitos), sudaro ~60%.	~21 kWh/m ²	~1260kWh/60m ² (~81 Eur/mėn)	~126 kg _{ne}
		Sudaro: ~420 tūkst. butų; ~1,20 mln. gyventojų		
IV	suvartojantys labai daug šilumos (Pastatyti iki 1970 m., nerenovuoti, labai prastos šiluminės izoliacijos namai. Senos nesubalansuotos vidaus šildymo ir karšto vandens sistemos), sudaro ~20%.	~35 kWh/m ² ir daugiau	~2100kWh/60m ² (~134 Eur/mėn)	~210 kg _{ne}
		Sudaro: ~140 tūkst. butų; ~0,40 mln. gyventojų		

*prognozuojama vidutinė šilumos kaina ~6,4 euro ct/kWh su PVM (2015/2016m. šildymo sezonui)

Pateikta lentelė rodo efektyvaus energijos vartojimo svarbumą, jog labai svarbu modernizuoti pastatus, ypač tuos, kurie naudoja labai daug energijos, tai sutaupyti labai daug energijos ir pačių gyventojų išlaidų energijai.

1.4. Energijos vartojimo efektyvumo didinimo priemonės Lietuvoje

Europos sąjungoje Europos parlamentas ir taryba priėmė direktyvą: 20012/27/ES „Dėl energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų“, kuri priimta 2012 m. spalio 25 d. [16]. Šia direktyva valstybės ES narės įsipareigojo didinti energijos vartojimo efektyvumą ir iki 2020 metų sąjungos energijos suvartojimas neturi viršyti 1474 mln. tne pirminės energijos arba neturi viršyti 1078 mln. tne galutinės energijos [16].

Lietuvoje skiriamas didelis dėmesys, kad būtų įgyvendinta 2012/27/ES direktyva. Lietuvos Respublikos Energetikos ministerijos, Šilumos ūkio ir energijos efektyvumo skyriaus patarėjo

Mindaugo Stonkaus pranešime „Energijos vartojimo efektyvumo direktyvos 2012/27/ES įgyvendinimas Lietuvoje“ buvo pateikti pagrindiniai privalomi tikslai Lietuvai. Pirmasis tikslas užtikrinti, kad nuo 2014 metų kasmet būtų atnaujinama 3% valstybei priklausančio pastatų ploto (Viešųjų pastatų energinio efektyvumo didinimo programa). Antrasis tikslas užtikrinti, kad iki 2020 metų Lietuvoje diegiant naujas energijos efektyvumo didinimo priemones būtų sutaupyta 11,674 TWh galutinės energijos, skaičiuojant akumuliaciniu metodu. Trečiasis tikslas užtikrinti, kad didelės įmonės, atliktų energijos vartojimo auditą iki 2015 gruodžio 5 d. [17].

Vienas iš galimų energijos vartojimo efektyvumo didinimo sprendinių yra gatvių apšvietimo modernizavimas. Pranešimo „Energijos vartojimo efektyvumo direktyvos 2012/27/ES įgyvendinimas Lietuvoje“ metu buvo pateikta, kad Lietuvoje yra ~230 tūkst. šviestuvų (iš jų apie pusė priklauso penkiems didžiausiems Lietuvos miestams ir AB „Lietuvos geležinkeliai“) [17]. Kasmet gatvių apšvietimui yra suvartojama ~100 – 120 GWh elektros energijos (išleidžiama ~10-12 mln. Eur.). Modernizavus gatvių apšvietimą būtų galima sutaupyti ~3 – 5 mln. Eur kasmet ir į atmosferą išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis sumažėtų ~ 13 – 17 tūkst. t. kasmet [17].

Modernizuojant pastatus sutaupoma didesnė energijos dalis. Jau dabar Lietuvoje modernizavus viešuosius pastatus per 2007 – 2013 metus (787 viešieji pastatai) skaičiuojami metiniai energijos sutaupymai. Sutaupoma 140,74 GWh energijos per metus [18]. Sudarytas renovuojamų pastatų planas, kuriuo siekiama iki 2020m. atnaujinti 70 % senų Lietuvos pastatų (apie 28 tūkst. daugiabučių) [19].

Lietuvoje yra numatytos strategijos ir programos, kurios skatintų ir užtikrintų energijos vartojimo efektyvumo didinimą. Toliau apžvelgiami tikslai ir uždaviniai pagrindinių strategijų ir programų:

1. **Lietuvos būsto strategija** (laikotarpis 2004–2020 m.). Energijos efektyvumo didinimui yra išskirti tikslai užtikrinant efektyvų esamo būsto priežiūrą, naudojimą, atnaujinimą ir modernizavimą, tinkamą energetikos išteklių naudojimą. Pagrindiniai uždaviniai yra susiję su gyvenamųjų namų atnaujinimu ir modernizavimu. Pagrindinis uždavinys kaip sukurti tinkamą ir efektyvią finansavimo ir kreditavimo sistemą daugiabučių namų atnaujinimui ir modernizavimui, taip pat, sukurti finansinės paramos sistemą, kuri paremtų mažas pajamas turinčius namų ūkius, kurie dalyvauja projekte atnaujinant ar modernizuojant daugiabučius namus.

2. **Daugiabučių namų modernizavimo programa** (laikotarpis: 2005 – 2020 m.). Pagrindinis programos tikslas – skatinti pasinaudojus valstybės paramomis, modernizuoti daugiabučius namus ir gyvenamuosius rajonus (kvartalus), taip didinant gyvenimo kokybės sąlygas, mažinant išlaidas šildymui ir siekiant racionalaus energijos išteklių naudojimo. Programos uždaviniai supaprastinti projektų rengimo ir derinimo procedūras norint modernizuoti būstą, efektyviau išnaudoti valstybės biudžeto lėšas. Dar vienas uždavinys – tobulinti informavimą ir švietimą visuomenei apie daugiabučių namų modernizavimą, skatinti gyventojus imtis iniciatyvos modernizuoti daugiabučius namus

3. **Katilų efektyvumo tikrinimas** (nuo 2007m.). Pagrindinis tikslas – katilų ir šildymo sistemų efektyvumas atitiktų ekonomiškai pagrįstus reikalavimus. Tam reikalinga nustatyti šildymo katilų nuolatinius efektyvumo tikrinimus (pastatuose kuriuose yra įrengti 20 kW ir didesnės vardinės atiduodamosios galios ir naudojančių neatsinaujinančių kietąjį arba skystąjį kurą šildymo katilai), bei vienkartinį efektyvumo tikrinimą šildymo sistemų su katilais, kurie pastatyti daugiau kaip prieš 15 metų.

4. **Oro kondicionavimo sistemų efektyvumo tikrinimas** (nuo 2008 m.). Tikslas – kondicionavimo sistemos (didesnės kaip 12 kW vardinės atiduodamosios galios) efektyvumas atitiktų ekonomiškai pagrįstus reikalavimus, o vardinė atiduodamoji galia – pastato vėsinimo poreikius, tam reikia nustatyti nuolatinius efektyvumo tikrinimus.

5. **Atsinaujinančių energijos išteklių naudojimo gyvenamuosiuose namuose skatinimo tvarka** (Nuo 2010 m.). Šios tvarkos tikslas – skatinti atsinaujinančių energijos išteklių naudojimą gyvenamuosiuose namuose [20].

Energijos efektyvumo veiksnių plane numatyta, kad gyvenamajame sektoriuje iki 2016 m. būtų galima sutaupyti 1770 GWh galutinės energijos arba 37% nustatyto energijos taupymo rodiklio. Šis skaičius gautas imant, tik tokias priemones, kurių sutaupyta energijos kiekį galima įvertinti kiekybiškai [20].

Energijos taupymo nauda yra, ne tik sutaupytos energijos kiekis, tačiau ir sumažintas išmetamųjų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis. Pagal Europos sąjungos 2012/27/ES direktyvą Lietuva iki 2020m. turi sumažinti išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekį 20 procentų, taip pat 23 procentus bendros galutinės energijos suvartojimo išgauti iš atsinaujinančių energijos šaltinių (ši rodiklį Lietuva jau pasiekė). Lietuvoje 2010 metais išleistas „Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas“ [21], kuriuo vyriausybė skatina atsinaujinančių išteklių energijos vartojimą (sumažinant prijungimo prie tinklo kainas, didinant konkurencingumą perkant energiją pagamintą iš atsinaujinančių energijos šaltinių, lengvatomis už aplinkos teršimą (biokurui ir biodegalams), akcizų lengvatomis, ES paramomis ir kita). Taip pat, labai svarbus uždavinys didinti atsinaujinančių energijos išteklių vartojimą daugiabučiuose pastatuose, ypač geras laikas parinkti tokius sprendinius atliekant daugiabučių namų modernizacijos projektus.

Įgyvendindamas Nacionalinį atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planą Lietuvos Respublikos Seimas priėmė įstatymą, kuriame numatoma paskolų norintiems modernizuoti daugiabutį namą suteikimas su 3% fiksuotomis metinėmis palūkanomis 20 metų [22], šiuo įstatymu buvo palengvintos paskolų suteikimo sąlygos (prieš šį įstatymą paskolos buvo suteikiamos, tik su 5 procentų kasmetinėmis metinėmis palūkanų normomis). Dar vienas sprendinys, sukurtas Lietuvos Respublikos ūkio ministerijos, ES paramai gauti yra keturių veiksmų programos planas „Energijos efektyvumo ir atsinaujinančių energijos išteklių gamybos ir naudojimo skatinimas“. Šiuo parengtu planu yra

skatinamas atsinaujinančiosios energijos išteklių naudojimas pramoniniuose objektuose, pasirenkant tinkamiausias technologijas padedančias didinti konkurencingumą. Pagrindiniai vertinimo rodikliai pateikti 1.3 lentelėje.

1.3 lentelė. Ūkio ministerijos veiksmų plano rodikliai [23]

	Rodiklio apibūdinimas	Rodiklio matavimo vienetas
Produkto rodiklis	Papildomi atsinaujinančiosios energijos pajėgumai	MW
	Bendras metinis šiltnamio efektą sukeliančių dujų sumažėjimas	Tonos/CO _{2eq}
Rezultato rodiklis	Energijos suvartojimo intensyvumas	0,001 tne 1000 Eur
	Išmetamų į atmosferą šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis	CO ₂

1.5. Atlikti tyrimai

Tyrimai Lietuvoje

2008 m. gruodžio mėnesį buvo pateikta ataskaita „Energijos vartojimo efektyvumo didinimo stebėsenos sukūrimas“, kurioje pateikta ir išanalizuota Lietuvoje ir kitose šalyse naudojami vartojimo efektyvumo vertinimo metodai, taip pat pasiūlyta vartojimo stebėsenos valstybės mastu schema, kuri suderinta pagal ES energijos galutinio vartojimo efektyvumo ir energetinių paslaugų direktyvą. Ataskaitoje buvo nustatyti skaičiavimams reikalingų duomenų surinkimo būdai ir šaltiniai, buvo įvertinti pagal prieinamus duomenis stebėsenai reikalingi instituciniai, žmogiškieji ir finansiniai ištekliai, energijos vartojimo efektyvumas šalies ūkio sektoriuose. Ataskaitoje pateikti metodikų projektai ir metodiniai nurodymai pagrindiniams energijos efektyvumo priemonių sutaupymų skaičiavimams [24].

Lietuvoje pritaikytas BREEAM metodas gali efektyviau įvertinti ir vykdyti pastatų atnaujinimą. Šis metodas pagrindžiamas ekonomine analize. Buvo atliktas kriterijų grupių reikšmingumo nustatymas. Tyrime dalyvavo 36 ekspertai (statybos srities specialistai, atestuoti statybos darbų vadovai, statybos įmonių vadovai, statybos srities mokslininkai, architektai bei daugiabučių gyventojai). Gauti rezultatai parodė, kad pirmiausia svarbiausias kriterijus yra energija, antroje vietoje – vidaus aplinka ir komfortas, trečioje vietoje ekonominis atsiperkamumas ir investicijos, o mažiausiai reikšmingas kriterijus – vandens vartojimo. Taigi ir šiame darbe bus didžiausiais dėmesys energijos sąnaudų mažinimui atsižvelgiant į ekonominius skaičiavimus [25].

Pažymėtina, kad Lietuvoje energijos efektyvumo gerinimo srityje daugiausia tyrimų atlieka V. Martinaitis, kuris daugiausia nagrinėja investicijų į taupymo priemones dydį ir atsipirkimo laiką. V. Martinaičio teigimu, „Vertinant modernizavimo projekto patrauklumą, visos investicijos priskiriamos tik energijos efektyvumui, o kita nauda ignoruojama.“ [17]. Atliktuose tyrimuose V. Martinaitis su kolegomis atskleidžia renovacijos – modernizacijos investicijų trejopą naudą, kur apima tris sritis: investicijos reikalingos energijos efektyvumui didinti, investicijos reikalingos higienos normoms

gerinti ir investicijos reikalingos pastato elementų fizinei būklei gerinti. Šis tyrimo metodas leidžia tiksliau išskirti ir pateikti vartotojams reikalingas investicijas ir mokėjimo dalis skirtas tam tikrai funkcijai gerinti. Taip pat, V. Martinaitis atliekant tyrimus pastebėjo, jei renovacija vertinama įprastiniu metodu, tai investicijų atsipirkimo laikas siekia apie 16 metų, o kai renovacija vertinama taikant trejėpos naudos metodą atsipirkimo laikas energijos efektyvumo gerinimui sutrumpėja iki 9 metų. Todėl šis metodas yra patrauklesnis ir aiškesnis pateikiant rezultatus gyventojams. V. Martinaitis tyrinėja ir dvejetainio naudos metodą, kuriame nėra vertinamos higienos normų gerinimas, šio metodo nauda, kad galima įvertinti atskiras investicijas reikalingas pastato modernizavimui kaip susijusį procesą pastato fizinės būklės gerinimo ir energijos efektyvumo priemonių diegimo [17].

Tyrimai pasaulyje

Kiekvienai valstybei svarbi modernizacijos analizė. Nes kiekvieną valstybę sieja vienodas tikslas – energetinio efektyvumo didinimas. Pasaulio šalyse taip pat kaip ir Lietuvoje, didžiausi energijos nuostoliai vyrauja šiluminės energijos sektoriuje, nes daugelis pastatų yra prastos būklės, todėl ir atliekami tyrimai yra susiję su pastatų renovacijomis.

Pačios pirmosios darnaus vystymosi ir pastatų atnaujinimo sampratos, principai pasaulio mastu buvo suformuluoti Jungtinių Tautų „Darbotvarkėje 21“, pasaulio viršūnių susitikime, įvykusiame 1992 m. Rio de Žaneire, Brazilijoje. Darnaus vystymosi koncepcijos pagrindą sudaro 3 lygiaverčiai komponentai – aplinkosauga, ekonominis ir socialinis vystymasis. 1994 metais JAV vykusioje konferencijoje buvo suformuluotas bazinis darnios statybos apibrėžimas (sveikos aplinkos statiniuose ir už jų ribų kūrimas ir valdymas, laikantis išteklių efektyvaus naudojimo ir ekologiškumo principų) [26].

Pagrindinis atliekamų tyrimų tikslas išanalizavus situaciją pateikti išvadą ar apsimoka renovuoti pastatą ar geriau statyti naują. Šiuo metu yra atlikta nemažai tyrimų ir projektų dėl pastatų atnaujinimo. Vienas iš pirmųjų tyrimų buvo atliktas 1999 metais Karsten Voss ir aprašytas straipsnyje „Saulės energijos panaudojimas renovuojant statinius – pavyzdinių pastatų išvados ir rezultatai“ („Solar energy in building renovation – results and experience of international demonstration buildings“). Šis tyrimas apėmė įvairių Europos miestų 1995 – 1998 laikotarpio pastatų modernizavimą, siekiant geriau panaudoti saulės energiją. Modernizuoti pastatai yra įvairių paskirčių ir pastatyti skirtingais laikotarpiais. Visuose rekonstruojamuose pastatuose siekiama geriau išnaudoti saulės energiją, gerinti komforto sąlygas. Atlikus tyrimą padaryta išvada, kad didžiausios išlaidos modernizuojant senos statybos daugiabutį namą, nes sprendiniai susiję su saulės energijos panaudojimu sudarė didžiausią investicijų dalį (maždaug ~ 600 eurų už 1m² pagal tuo metu buvusias kainas). Taip pat, šis tyrimas parodė, kad energijos poreikis sumažėjo nuo 3 % iki 70 %. Autorė teigė, kad energijos pokyčiai gali būti vertinami pagal investicijų poreikį [26].

Danijoje buvo atliktas energijos išsaugojimo pastatams pastatytiems iki 1979 m., tyrimas.

Autoriai H. Tommerup ir S. Svendsen situaciją analizavo per Europos bendrijos direktyvas ir reglamentus. Straipsnyje pabrėžiama, kad vienas iš pagrindinių rekonstrukcijos tikslų yra energinis efektyvumas, kuris turėtų būti sprendžiamas per konstrukcinių sprendinių analizės prizmę. Pabrėžiama, kad efektyvų rezultatą galima pasiekti palyginti nedidelėmis išlaidomis, tik modernizavimo projektai turi būti parengti itin išsamiai ir tikslingai [26].

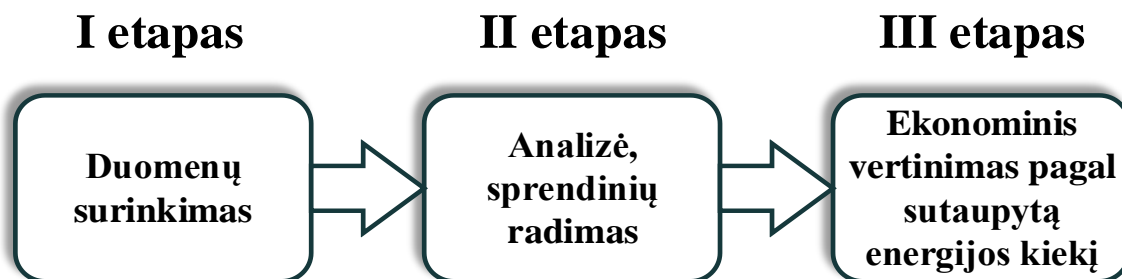
Taip pat naudojantis Europos sąjungos šalių energijos suvartojimo duomenimis, 2007 atliktas tyrimas apie energijos suvartojimą pastatuose atskleidė, kad gyvenamieji pastatai suvartoja ~ 60 % viso pastatų suvartojimo energijos kiekio. Tyrimo autoriai nustatė, kad sutaupoma 33 – 60 % energijos įrengiant izoliacijas išorinėse sienose, įrengiant dvigubus langus 14 – 20 % energijos, nuolat remontuojant ir prižiūrint šildymo sistemas 10 – 20 %, įrengiant saulės kolektorius 50 - 80 % [26].

2. METODINĖ DALIS

2.1. Tyrimo metodikos pagrindimas

Dėl augančio energijos poreikio ir didesnių nuostolių šiluminės energijos sektoriuje darbe atliekamas investicijų į energijos taupymo priemones ekonominio rentabilumo vertinimas atsižvelgiant į sutaupyto energijos kainą ir atsipirkimo laiką atliekant pastato/pastatų renovaciją. Energijos poreikių balanso nustatymui naudojama Viešosios paskirties audito atlikimo metodika, kuri patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. balandžio 29 d. įsakymu Nr. 4-184 (aprašoma sekančiame skyrelyje) „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika“ [27]. Analizuojamos pagrindinių energijos taupymo priemonių sutaupyto energijos kaina randama naudojantis keliais metodais išskaidant investicijas pagal funkcijos gerinimą ir randamas atsipirkimo laikas.

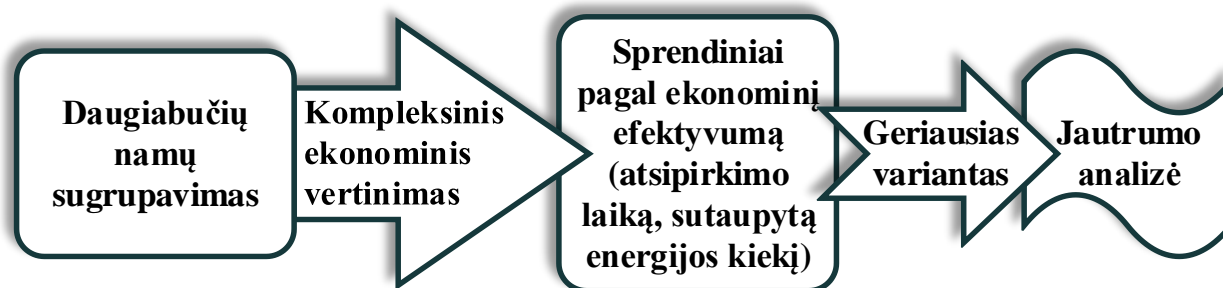
Tyrimas atliekamas keliais etapais. Pirmuoju etapu surenkami duomenys ir nustatomas tyrimų objektas. Antruoju, išanalizuojami duomenys (pagal aprašytą metodiką sekančiuose skyriuose) ir randamos problemos. Trečio etapo metu bus ieškoma alternatyvų problemai išspręsti. Šie sprendiniai bus įvertinami ekonomiškai (taikant kelias ekonominio vertinimo metodus ir ieškant kuris metodas yra tiksliausias). Tada parenkamas geriausias ekonomiškai grįstas variantas. Tyrimo etapų eiga pateikta 2.1 paveiksle.



2.1 pav. Tyrimo etapo atlikimo struktūrinė schema

Šie trys pateikti etapai atspindi tik tyrimo struktūrinį vaizdą, be metodikos. Taikomosios vertinimo metodikos etapai pateikti 2.2 paveiksle. Remiantis 2.2 paveikslo eiga bus atliktas tyrimas. Pirmiausia turi būti atliekamas daugiabučių namų sugrupavimas – daugiabučiai namai grupuojami pagal pastatymo metus, suvartojamos energijos kiekį (nusakant energetinę klasę). Nustatomos daugiabučių namų grupės ir išrenkamos trys grupės: blogiausio, vidutinio ir geriausio kriterijaus principu, vertinant pagal energijos poreikius. Daugiabučiai namai įvertinami kompleksiskai (kokie yra bendri energijos poreikiai), kokius sprendinius galima priimti gerinant esamą situaciją. Toliau parinkti sprendiniai turi būti vertinami pagal ekonominę efektyvumą (atsipirkimo laiką ir sutaupyto energijos kainą). Išrenkamas patraukliausias energijos taupymo priemonių diegimo paketas, tai yra daugiabučių namų kategorija, kurią modernizuojant gaunamas geriausias variantas imant sutaupyto energijos kiekį, investicijų dydį ir atsipirkimo laiką. Šiam „geriausiam“ variantui atliekama jautrumo analizė,

pagal kurią analizuojami sutaupytos energijos kiekio ir atsipirkimo laikai darant prielaidas, jog šildymo kainos kas metus brangs 2%, 10% ir kas metus atpigs 2%.



2.2 pav. Metodikos pateikimas grafinėje formoje

Tyrimas turi būti atliekamas remiantis Europos sąjungos (ES) 2012/27/ES „Energijos vartojimo efektyvumo“ direktyva. Šios direktyvos įgyvendinimui Lietuvoje yra iškelti du pagrindiniai reikalavimai pastatų atnaujinimui. Pirmasis reikalavimas, kad po atnaujinimo viešasis pastatas turi pasiekti nemažesnę kaip C pastato energinio naudingumo klasę. Antrasis reikalavimas, kad investicijų reikalingų energijos efektyvumo didinančioms priemonėms atsipirkimo laikas turi būti ne ilgesnis kaip 20 metų [18].

Taip pat, šioje direktyvoje yra numatomos politinės priemonės, gerinant energijos suvartojimą, mažinant taršą. Politinės priemonės: energijos ir CO₂ mokesčiai, finansavimo sistemos ir priemonės arba fiskalinės paskatos, reglamentai arba savanoriški susitarimai taikyti efektyvaus energijos vartojimo technologijas arba metodus, standartai ir normos, didinantys produktų ir paslaugų, įskaitant pastatus ir transporto priemones, energijos vartojimo efektyvumą, energijos vartojimo efektyvumo ženklavimo sistemas, mokymas ir švietimas (įskaitant energetikos konsultacines programas) [16].

Šios politinės priemonės gali būti derinamos kartu su įsipareigojimų sistema. prie energijos sutaupymo tikslo tokios priemonės gali prisidėti, kai jos nustatomos virš minimalių Europos sąjungos nustatytų lygių [16].

2.2. Skaičiavimo metodika

Visi reikalingi skaičiavimai įvertinti esamą situaciją bus atliekami remiantis Lietuvoje nustatyta, patvirtinta ir galiojančia „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešoje naudojimo paskirties pastatuose“ metodika (patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. balandžio 29 d. įsakymu Nr. 4-184) [27]. Kurioje aprašomi objektą apibūdinančių įvesties duomenų surinkimo žingsniai, taip pat aprašoma energetinių parametrų matavimų eiga ir reikalavimai.

Visi duomenys reikalingi tyrimui atlikti bus surenkami iš pateiktų fizinių ar juridinių asmenų atliktų matavimų rezultatų ar atliktų modernizavimo objektų aprašymų. Visi reikalingi duomenys turi būti pateikiami SI sistemos vienetais [27]. Pritaikytų sprendinių priimtų atlikus energetinį auditą efektyvumo vertinimas atliekamas pagal Lietuvoje nustatytas ir galiojančias metodikas: „Dėl

Valstybės mastu sutaupyto energijos kiekio skaičiavimo taisyklių patvirtinimo“ (patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2009 m. balandžio 10 d. įsakymu Nr. 1-33) [28], „Efektyvaus energijos išteklių ir energijos vartojimo stebėsenos taisyklių“ (patvirtinta Lietuvos Respublikos vyriausybės 2008 m. liepos 09 d. nutarimu Nr. 692) [29].

2.2.1. Balanso sudarymas

Pagal turimus duomenis sudaroma tiriamojo objekto atskirų energijos faktinių sąnaudų ir išlaidų rezultatų suvestinė, suvestinėje išlaidos nurodomos su pridėtinės vertės mokesčiu. Įvertinant visas pastoviąsias ir kintamąsias išlaidas energijos vienetai pagaminti nustatoma energijos (pagaminamos už kurą) kaina. Visos išlaidos ir sąnaudos, skaičiavimo rezultatai turi būti pateikti lentelėse.

Balanso sudarymui galioja sąlyga, kad energijos ir šalto vandens sąnaudų išlaidos atskirai turi būti daugiau nei 10 procentų nuo bendrų išlaidų energijai ir šaltam vandeniui, jei ši sąlyga netenkinama, tai sąnaudų balansų sudarinėti nereikia [27].

Balansas energijos ir šalto vandens sąnaudų gali būti sudaromas analizuojamam objektui ir atskiriems jo pastatams. „Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties“ metodikoje nurodoma, kad atskiriems tiriamojo objekto pastatams:

- elektros energijos balansas sudaromas paskirstant faktines sąnaudas pastatams proporcingai pagal atskirų objekto pastatuose įrengtų elektros įrenginių galingumą, išnaudojimo koeficientą ir darbo laiką, jei tiriamame objekte nėra įrengta apskaitos prietaisų atskiruose pastatuose.

- Šilumos energijos sąnaudų paskirstymas, nesant įrengtų apskaitos prietaisų atskiruose objekto pastatuose, yra proporcingas pastatų šildomų patalpų bendram plotui (jei pastatų išorinių atitvarų ir pagrindinio veiklos ciklo trukmės yra panašios). Jei šie vertinami parametrai skiriasi, tai šilumos energijos sąnaudos proporcingai paskirstomos pagal apskaičiuotas pastatų šilumos nuostolius (leidžiamas 8 procentų šilumos energijos sąnaudų balanso ne sutapimas).

- Šalto vandens faktinės sąnaudos (jei nėra apskaitos prietaisų atskiruose tiriamojo objekto pastatuose) paskirstomos proporcingai norminėms šalto vandens sąnaudoms pagal statybos normas – Vandens vartojimo normos RSN 26 90, kurios patvirtintos Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerijos ir Lietuvos Respublikos aplinkos apsaugos departamento 1991 m. birželio 24 d. įsakymu Nr. 79/76 [30].

Šilumos nuostolių pro pastato išorines atitvaras nustatymas atliekamas remiantis statybos techniniais reglamentais: STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. gruodžio 20 d. įsakymu Nr. D1-624 (Žin., 2005, Nr. 151-5568) [14]; STR 2.05.01:2005 „Pastatų atitvarų šiluminė technika“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. kovo 18 d. įsakymu Nr. D1-156 (Žin., 2005, Nr. 100-3733) [31]; STR 2.01.03:2003 „Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių

dydžių deklarujamosios ir projekcinės vertės“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 m. liepos 14 d. įsakymu Nr. 372 (Žin., 2003, Nr. 80-3670) [32].

Pastato šilumos nuostolių dėl vėdinimo ir viršnorminės infiltracijos nustatymas atliekamas remiantis statybos techniniais reglamentais: STR 2.09.04:2002 „Pastato šildymo sistemos galia energijos sąnaudos šildymui“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2002 m. spalio 22 d. įsakymu Nr. 552 (Žin., 2002, Nr. 118-5326) [33] ir STR 2.01.09:2005 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“, patvirtintas Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2005 m. gruodžio 20 d. įsakymu Nr. D1 624 [14].

Taip pat, nustatomi patalpų vėdinimui reikalingi oro kiekiai (pagal statybos techninį reglamentą (STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“ [34]) ir pagal higienos normas (HN 42:2004 „Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas“ [35], HN 69:2003 „Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai“ [36]).

Apibendrinant pastatų būklės įvertinimas atliekamas įvertinant nuostolius atskirose sistemose. Pastato šilumos energijos sąnaudų balansas apskaičiuojamas pagal 2.1 formulę [27].

$$Q_f = Q_A + Q_V + Q_{k.v.} - Q_P - Q_{sg} + Q_{fn} \quad (2.1)$$

Q_f – pastato faktinės šilumos energijos sąnaudos, atitinkančios atsiskaitomųjų šilumos apskaitos prietaisų faktinius duomenis audituojamu laikotarpiu ar apskaičiuotą šilumos kiekį, matuojama MWh;

Q_A – šilumos nuostoliai per išorines pastato atitvaras, matuojama MWh;

Q_V – pastato šilumos nuostoliai dėl vėdinimo ir infiltracijos, matuojama MWh;

$Q_{k.v.}$ – pastato šilumos energijos sąnaudos karšto vandens paruošimui, matuojama MWh;

Q_P – išoriniai ir vidiniai šilumos pritekėjimai į pastato patalpas, matuojama MWh;

Q_{sg} – šiluma, gaunama iš pastato šilumogrąžos įrenginių, matuojama MWh;

Q_{fn} – pastato šilumos energijos tiekimo inžinerinių sistemų faktiniai nuostoliai, matuojama MWh [27].

2.2.1.1. Šilumos dydžių perskaičiavimas į norminius

Šilumos energijos faktinių sąnaudų pastato patalpų šildymui perskaičiavimas norminiam šildymo sezonui gali įvertinamas metodais [27]:

1 – asis metodas, kai yra žinoma paskutinių kalendorinių metų šildymo sezono trukmė, išorės ir pastato vidaus patalpų oro vidutinė temperatūra, apskaičiavimo formulė 2.4 [27].

$$Q_{f.š.n} = Q_{f.š} \times \frac{(\theta_{i.n} - \theta_{e.n}) \times Z_n}{(\theta_{i.f} - \theta_{e.f}) \times Z_f} \quad (2.4)$$

2 – asis metodas, kai šilumos energijos sąnaudų, išorės ir pastato patalpų vidaus oro temperatūrų matavimai atliekami šildymo sezono metu, apskaičiavimo formulė 2.5 [27].

$$Q_{f.š.n} = Q'_{f.š} \times \frac{(\theta_{i.n} - \theta_{e.n}) \times Z_n}{(\theta_{i.f} - \theta_{e.f}) \times Z'_{f.š}} \quad (2.5)$$

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

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

$Q'_{f.š}$ – faktinės šilumos energijos sąnaudos patalpų šildymui per matuojamąjį laikotarpį, matuojama MWh;

$\Theta_{i.n}$ – pastato vidaus patalpų oro norminė temperatūra, matuojama °C;

Z_n – norminio šildymo sezono trukmė, paromis;

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

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

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

Z_f – audituojamo šildymo sezono faktinė trukmė, paromis;

$Z'_{f.š}$ – audituojamo šildymo sezono faktinė trukmė, paromis;

Pastato vidaus patalpų oro vidutinės norminės temperatūros $\Theta_{i.n}$ koregavimas vykdomas įvertinant svertinį temperatūros vidurkį patalpose (2.6 formulė) [27].

$$Q_{sv.v} = \frac{\sum_{k=1}^n (\theta_{i.k} \times A_{gr.k})}{\sum_{k=1}^n A_{gr.k}} \quad (2.6)$$

$\Theta_{i.k}$ – vienodos paskirties pastato patalpų vidaus oro norminė temperatūra, pateikiama statybos techniniame reglamente ir higienos normose, matuojama °C;

$A_{gr.k}$ – tos pačios oro norminės temperatūros vertės esamas pastato vidaus patalpų šildomų patalpų grindų plotas, m² ;

$\Theta_{sv.v}$ – svertinis temperatūros vidurkis pastato patalpose, matuojama °C;

Faktinės šilumos energijos sąnaudos patalpų šildymui apskaičiuojamos pagal 2.7 formulę [27].

$$Q_{f.š} = Q_f - Q_{k.v.} \quad (2.7)$$

$Q_{f.š}$ – faktinės šilumos energijos sąnaudos pastato patalpų šildymui, matuojama MWh;

Q_f . – pastato faktinės šilumos energijos sąnaudos, atitinkančios atsiskaitomojo šilumos apskaitos prietaiso rodmenis ar apskaičiuotą šilumos kiekį pagal Metodikos 23.2 punkto reikalavimus, matuojama MWh;

$Q_{k.v.}$ – šilumos sąnaudos karštam vandeniui paruošti, matuojama MWh [27].

2.3. Energijos taupymo priemonių parinkimas ir galimų sutaupymų nustatymas

Taupymo priemonių parinkimas labai svarbus ir turi įtakos ekonominiam vertinimui. Taupymo priemonės tiriamajam objektui parenkamos pagal energijos poreikius, nustatytus tikslus (energijos dydžio nustatymas, kurį reikia pasiekti įdiegus energijos taupymo priemones).

Taupymo priemonės energijos sąnaudų mažinimui grindžiamas skaičiavimais, nustatant galimus sutaupomus kaštus naudojant parinktus energijos taupymo priemonių paketus. Gauti rezultatai išreiškiami energijos sąnaudų vienetais per atitinkamą laikotarpį (MWh/metus, kWh/metus, ir kt.) ir procentais (%) nuo pradinių energijos sąnaudų pastate. Sutaupoma šilumos energijos dalis, reikalinga pastatų šildymui, perskaičiuojama norminiam šildymo sezonui. Visi sutaupomų energijos ar šalto vandens kaštai apskaičiuojami remiantis galiojančiomis kainomis ar tarifais.

Taip pat, ekonominiam įvertinimui yra reikalingas investicijos dydis, kuris apskaičiuojamas remiantis statybos resursų skaičiuojamosiomis rinkos kainomis ir sustambintais statybos darbų kainų apskaičiavimo rodikliais, pateiktomis ataskaitomis apie įdiegtus energijos taupymo priemonių paketus. Investicijų dydžiai išvedami statistiškai. Investicijų dydžio matavimo vienetai – Eur/m².

Apibendrinant, darbe nagrinėjamas energijos efektyvumo didinimas taikant įvairias energijos taupymo priemones, sutaupyta energijos kiekis lyginamas su energijos kiekiu, kol dar nėra įdiegta energijos taupymo priemonė.

2.4. Ekonominio efektyvumo įvertinimas

Atliekant energetinius vertinimus ir pasiūlant sprendimus, kurie gerintų energetinį efektyvumą, būtinas sprendinių ekonominis įvertinimas. Ekonominis efektyvumo vertinimas naujoms taupymo priemonėms įvertinti yra atliekamas įvertinus ekonominius dydžius [18]:

- paprastąjį atsipirkimo laiką (PAL);
- tikrąjį atsipirkimo laiką (TAL);
- priemonių sutaupyta energijos kainą (SEK_p)

Energijos taupymo priemonės, kurios planuojamos įdiegti, yra skirstomos į energijos taupymo priemonių grupes (paketus), kurios grupuojamos pagal paprastąjį atsipirkimo laiką (PAL, matuojamas metais) į taupymo priemonių grupę, kurių:

- PAL yra mažesnis nei 10 metų;
- PAL yra nuo 10 iki 20 metų;
- PAL yra daugiau kaip 20 metų.

Energijos taupymo priemonių paketai, kurių $PAL > 20$ metų, laikomi neefektyviais dėl 2012/27/ES direktyvos Lietuvoje įgyvendinimo apribojimo, investicijų atsipirkimo laikas negali viršyti 20 metų [18].

PAL apskaičiuojamas pagal 2.8 formulę.

$$PAL = \frac{I}{S} \quad (2.8)$$

I – planuojamos investicijos energijos taupymo priemonių paketui įdiegti, dydis matuojamas Eurais;

S – planuojami metiniai sutaupymai įdiegus numatytą energijos taupymo priemonių paketą, mato vienetas Eurai/metus;

TAL apskaičiuojamas pagal 2.9 formulę. [18]

$$TAL = \frac{-\ln\left(1-d \times \frac{I_0}{\Delta S}\right)}{\ln(1+d)} \quad (2.9)$$

TAL – tikrasis atsipirkimo laikas, matuojamas metais;

I_0 – investicijos, planuojamos energijos taupymo priemonių paketui įdiegti, pirmųjų metų verte, mato vienetas Eurai;

ΔS – planuojami kasmetiniai sutaupymai, po energijos taupymo priemonių paketo įdiegimo, pirmųjų metų verte, mato vienetas Eurai/metus;

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

Diskonto norma gali būti apskaičiuota pagal 2.10 formulę. [18]

$$d = \frac{1}{1+e} \left(\frac{r_n - i}{1+i} - e \right) \quad (2.10)$$

e – energijos brangimas, matuojamas vieneto dalimis per metus (vnt. d./metus);

i – bendroji infliacija, matuojamas vieneto dalimis per metus (vnt. d./metus);

r_n – banko nustatytų palūkanų norma, matuojamas vieneto dalimis per metus (vnt. d./metus);

Pagal 2.11 formulę apskaičiuojama sutaupyta energijos kaina (SEK) [18].

$$SEK = \frac{I}{Q_S} \times \frac{d}{1-(1+d)^{-n}} \quad (2.11)$$

SEK – sutaupyta energijos kaina, matuojama Eurais/MWh

I – planuojamų investicijų į energijos taupymo priemonių paketo įdiegimą dydis, matavimai

vienetai: Eurais;

Q_s – planuojamas sutaupyti energijos kiekis per metus, matavimo vienetai: MWh/metus, m^3 /metus;

d – diskonto norma, matuojama vieneto dalimis;

n – planuojamų įdiegti energijos taupymo priemonių gyvavimo laikas, matuojamas metais;

Sutaupytos energijos kainos (SEK) dydis rodo parinktų taupymo priemonių ekonominį priimtinumą, tai yra, jei SEK mažiau už faktinį šilumos tarifą, tai energijos taupymo priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus, o jei daugiau, tai ekonomiškai neefektyvus [37].

Ekonominio įvertinimo rezultatai energijos taupymo priemonių paketui pateikiami lentelėse, kuriose nurodomos taupomų priemonių pasiūlymų investicijos, galimi sutaupymai parinkus pasiūlytą priemonę ir ekonominio efektyvumo ir finansiniai rodikliai. [29]

Vertinant energijos taupymo priemonių paketo patrauklumą yra naudojamas finansinis rodikliai – grynoji dabartinė vertė (GDV) ir vidinė grąžos norma (VGN). GDV rodiklis įvertina esamą pinigų vertę, perskaičiuojant metinius pinigų srautus į dabartinę vertę (DV). Dabartinė vertė apskaičiuojama pagal 2.13 formulę.

$$DV_n = PS \times (1 + d)^{-n} \quad (2.13)$$

DV_n – n -ųjų vertinamojo laikotarpio metų piniginių srautų dabartinė vertė, Eur;

PS – n -ųjų vertinamojo laikotarpio metų piniginiai srautai, Eur;

n – metai, kuriais atsiranda piniginiai srautai, metais.

Jei energijos metiniai sutaupymai per imamą laikotarpį yra vienodi, tai dabartinė vertė gali būti apskaičiuojama pagal 2.14 formulę.

$$DV_s = S \times \frac{1 - (1 + d)^{-n}}{d} \quad (2.14)$$

DV_s – sutaupyto piniginių srautų dabartinė vertė per visą vertinamąjį laikotarpį n , Eur;

S – metiniai sutaupymai per vertinamąjį laikotarpį n , Eur;

n – vertinamasis laikotarpis, metais (m.).

Grynoji dabartinė vertė (GDV) energijos taupymo priemonei arba priemonių paketui apskaičiuojama pagal 2.15 formulę [37]:

$$GDV = DV_s - I - \sum_{i=1}^N DV_n(RI) + DV_n(SV) \quad (2.15)$$

I – energijos taupymo priemonių paketo pradinė investicija, matuojama – Eurais;

$DV_n (RI)$ – energijos taupymo priemonės ar priemonių paketo reinvesticijų dabartinė vertė,

matuojama – Eurais;

$DV_N(SV)$ – priemonės ar priemonių paketo likutinės vertės vertinamojo laikotarpio n pabaigoje dabartinė vertė, matuojama – Eurais.

Pagal dabartinę grynąją vertę energijos taupymo priemonė arba priemonių paketas yra ekonomiškai efektyvus, kai grynoji dabartinė vertė yra didesne už nulį, jei mažesnė, tai – ekonomiškai neefektyvus.

Vertinimo sąlyga, lyginant skirtingus taupymo priemonių paketus ir išrenkant geriausią variantą, yra tokia, kad priimtinausias variantas tas, kurio grynoji dabartinė vertė yra didžiausia.

Taupymo priemonių paketus vertinant pagal SEK ir GDV kriterijus, galima parinkti patraukliausią variantą. Šie du kriterijai neprieštarauja vienas kitam, bet pažymėtina, kad pagal SEK kriterijų atrenkami variantai kurių reikšmė nėra didesnė, nei faktinis tarifas, o GDV reikšmė turi būti didžiausia.

Dar vienas vertinimo kriterijus išrenkat geriausią taupymo priemonių paketo variantą yra vidinė grąžos norma (VGN) Šiuo rodikliu nurodomas metinis geometrinis investicijos atsipirkimo grąžos vidurkis per tam tikrą laikotarpį, įvertinant išlaidas ir gaunamas pajamas [38]. Visiems skaičiavimams turi būti nustatyta vienoda diskonto norma ir vienodas skaičiuojamų metų laikotarpis, tam, kad būtų galima įvertinti geriausią taupymo priemonių paketą. VGN yra apibūdinamas kaip diskonto norma, su kuria energijos taupymo priemonės arba priemonių paketo grynoji dabartinė vertė lygi nuliui. Vidinė grąžos norma apskaičiuojama pagal 2.16 formulę [38]:

$$GDV = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{C_t}{(1+VGN)^t} = 0 \quad (2.16)$$

C_t – laukiamas pinigų srautas t laiko momentu

t – pageidaujama laiko norma.

Pagrindinė VGN taisyklė, jog taupymo priemonė ar priemonių paketas laikomas ekonomiškai efektyviu, jei VGN yra aukštesnė nei minimali reikalaujama pelningumo norma, jei ši sąlyga netenkinama, tai taupymo priemonė ar priemonių paketas laikomas ekonomiškai neefektyviu.

Reikalaujama pelningumo norma yra priimama pagal realią rinkos palūkanų normą, kuri gali būti apytiksliai apskaičiuota iš rinkos palūkanų normos atėmus prognozuojamą bendros infliacijos normą

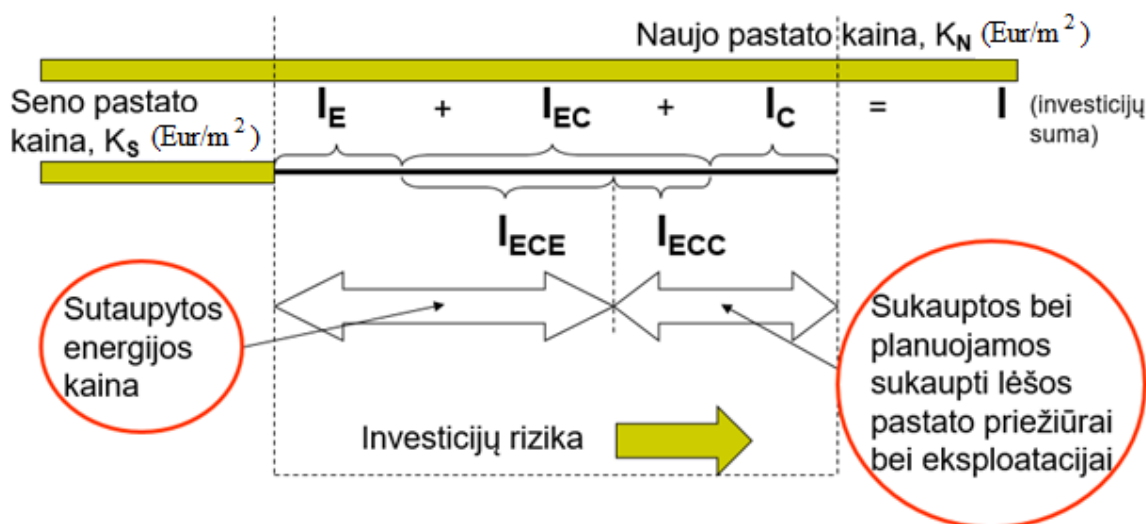
Lyginant skirtingus taupymo priemonių paketus ir išrenkant geriausią variantą, galioja ta pati sąlyga, kaip ir grynosios dabartinės vertės, priimtinausias variantas tas, kurio vidinė grąžos norma yra didžiausia. Jei ekonominiai rodikliai GDV ir VGN prieštarauja vienas kitam, tai taisyklės rekomenduoja vadovautis GDV sąlyga [38].

Tyrimo metu taupymo priemonės parinkimas bus grindžiamas pagal SEK ekonominį rodiklį, pagalbiniai ekonominiai rodikliai GDV ir VGN leis geriau išanalizuoti situaciją ir išsamiau pagrįsti taupymo priemonės parinkimą.

2.5. Skaičiavimo metodai išskaidant investicijas

Tyrimas atliekamas analizuojant tiksliausią metodą įvertinant investicijų dydžius ir atsipirkimo laiką. Pirmasis metodas tai paprastojo atsipirkimo laiko skaičiavimo metodas, kai nėra išskiriamos investicijos pagal rūšis. Jo skaičiavimo modelis aprašytas ankstesniame skyrelyje.

Antrasis skaičiavimo metodas paremtas dviejų veiksnių ir trejopos naudos metodais. Dviejų veiksnių metodas (žr. 2.3 paveikslą) įvertina sutaupytos energijos kainą ir sukauptas bei planuojamos sukaupti lėšos pastato priežiūrai bei eksploatacijai. Trejopos naudos metodas (žr. 2.4 paveikslą) padeda įvertinti reikalingas investicijas jas išskaidant į dar smulkesnes dedamąsias (investicijas energijos efektyvumui didinti, higienos normoms gerinti ir pastato infrastruktūrai gerinti). Abiejų metodų tikslas kuo aiškiau išskirti investicijų (I_E) dydį reikalingą energijos efektyvumui didinti, taip pat įvertinti ir tam tikrą naudą energijos efektyvumui didinti gaunamą iš investicijų skirtų tiek pastatui gerinti tiek energijos efektyvumui didinti,



2.3 pav. Metodikos pateikimas grafinėje formoje pastato renovavimo „dvejopos naudos“ įvertinimo metodo schema [39]

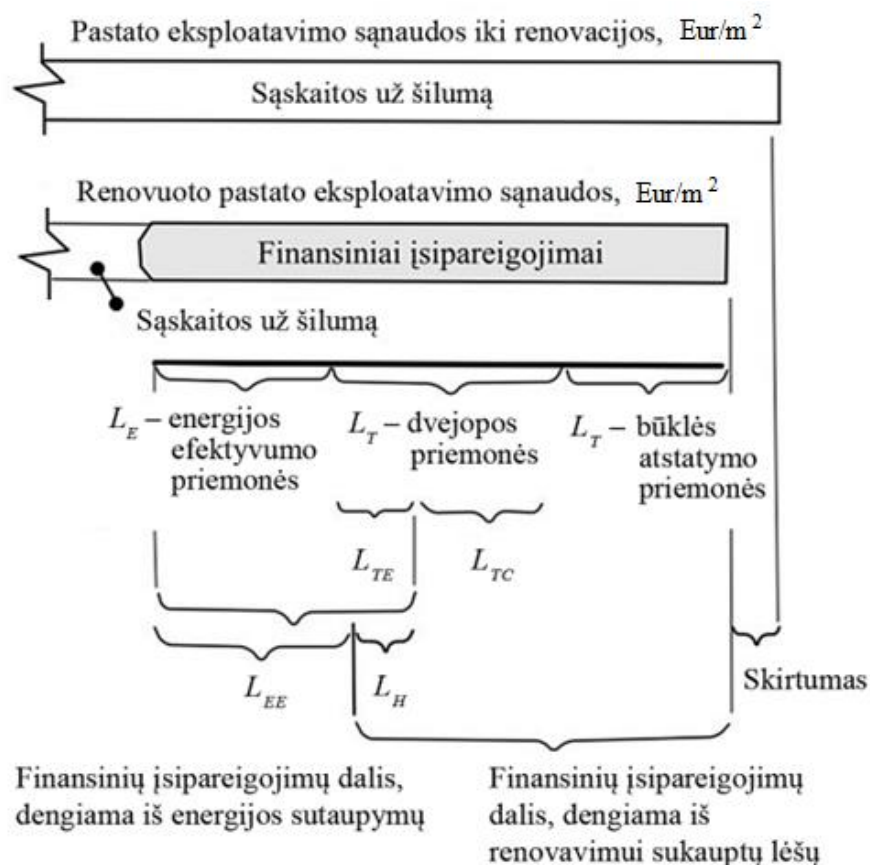
Čia I_E – investicijos reikalingos įdiegti energijos efektyvumo didinimo priemones, I_C – investicijos reikalingos pastatų elementų ir sistemos būklės atstatymui, I_{EC} – investicijos kurios išleidžiamos tiek energijos efektyvumui didinti (I_{ECE}), tiek pastatų infrastruktūrai gerinti (I_{ECC}).

Investicijų suma randama pagal 2.18 formulę [17]:

$$I = \sum_{i=1}^n I_E + \sum_{i=1}^n I_{EC} + \sum_{i=1}^n I_C \quad (2.18)$$

Kur: $I_{EC} = I_{ECC} + I_{ECE}$; $I_{ECC} = k^* \cdot I_{EC}$; $k^* = t/t_{max}$; $I_{ECE} = I_{EC} - I_{ECC}$.

k^* – linijinis koeficientas, t – pastato amžius, t_{max} – pastato maksimalus eksploatavimo laikotarpis.



2.4 pav. Pastato renovavimo „trejopos naudos“ įvertinimo metodo schema [17]

Didžiausia problema kyla atskiriant investicijų dydį energijos efektyvumui didinti ir pastato būklei gerinti iš dvejopų priemonių. Todėl šios investicijos atskiriamos įvertinus pastato nusidėvėjimą ir apskaičiuojamas pagal 2.19 formulę. [17]

$$\sum_{i=1}^n L_{TC} = \sum_{i=1}^n (k_{C_i} L_{T_i}) \quad (2.19)$$

Čia: k_{C_i} – pastato elemento nusidėvėjimas (randamas pagal $k_{C_i} = k *$).

Todėl energijos efektyvumo didinimas yra likusi L_T dalis (žr. 2.20 formulę). [17]

$$\sum_{i=1}^n L_{TE} = \sum_{i=1}^n L_{T_i} - \sum_{i=1}^n L_{TC_i} \quad (2.20)$$

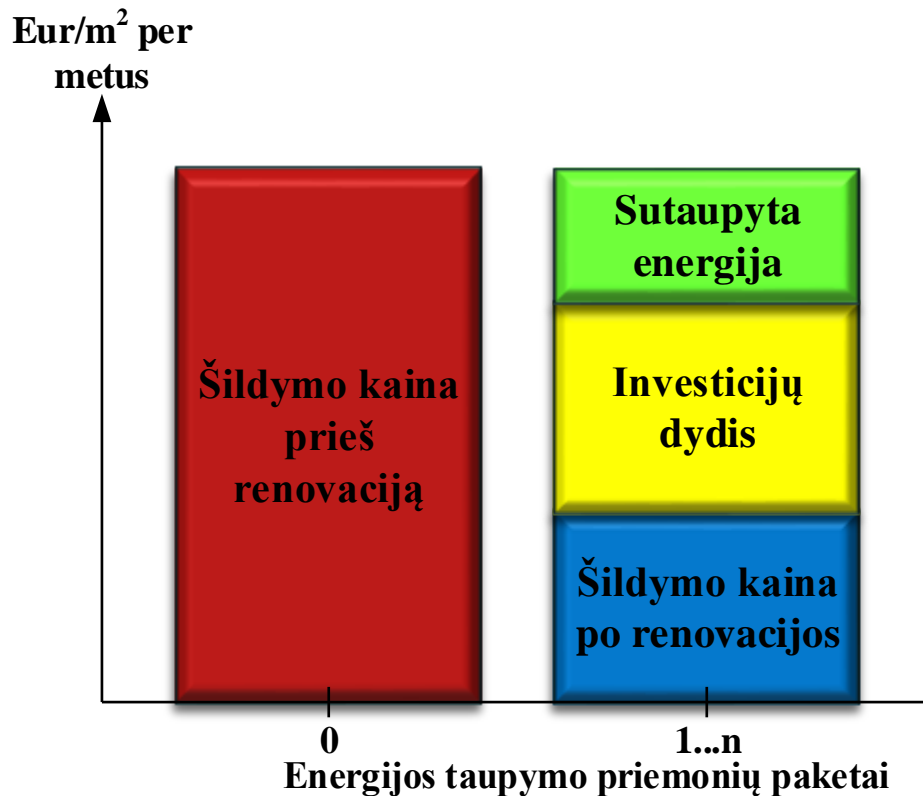
Pagal „trejopos naudos“ metodą investicijų dydis reikalingas energijos efektyvumui didinti randamas pagal 2.21 formulę. [17]

$$\sum_{i=1}^n L_{EE} = \sum_{i=1}^n L_{E_i} - \sum_{i=1}^n L_{H_i} \quad (2.21)$$

Būtina pastebėti, kad pastato higienos normų gerinimas įeina į investicijų sumą skirtą energijos efektyvumui didinti. V. Martinaičio teigimu: „Higienos sąlygų užtikrinimas po renovacijos lemia mažesnę energijos sutaupymą, [...]“ [17]

Priėmus šių: dviejų veiksnių ir trejopos naudos, metodų principus tyrime bus pateikiama

alternatyvi modernizacijos schema (žr. 2.5 paveikslą). Toks pritaikymas, leis geriau įvertinti sutaupytos energijos kainos dydį ir pinigų pasiskirstymą. Ši schema sudaroma vieno kvadratinio metro šilumos energijos poreikiui per metus. Nulinis variantas – pradinė būseną, kai nėra įdiegtas energijos taupymo priemonių paketas. Energijos taupymo priemonių paketai žymimi indeksais, n – energijos taupymo priemonių paketų skaičius, kiekvienos energijos taupymo priemonės paketo alternatyvusis vaizdavimas rodomas atskiru diagramos stulpeliu.



2.5 pav. Alternatyvios modernizacijos schemas pavyzdys

3. TYRIMŲ REZULTATŲ DALIS

3.1. Daugiabučių pastatų klasifikacija ir situacijos apibendrinimas.

Išanalizavus esamą situaciją pagal 1.2 lentelę [15], išrenkamos trys daugiabučių namų grupės pagal pastatymo metus, daugiabučių grupėms nustatomi energijos poreikiai. Pirmoji daugiabučių namų grupė yra turinti didžiausius energijos poreikius – 35 kWh/m² per mėnesį ir daugiau, tai pastatai, kurie pastatyti labai seniai ir yra labai prastos šiluminės izoliacijos (pastatyti iki 1970 metų), sudaro ~20% daugiabučių pastatų (~140 tūkst. butų, ~0,40 mln. gyventojų).

Antroji daugiabučių namų grupė – turinti vidutinius energijos poreikius ~21 kWh/m² per mėnesį (pastatyti 1970 – 1992 metais), kuriuose nėra atlikti jokie remonto darbai. Tokie daugiabučiai sudaro ~60% visų daugiabučių namų (~420 tūkst. butų, ~1,20 mln. gyventojų).

Trečiąją daugiabučių pastatų grupę sudarys daugiabučiai pastatai turintys mažus arba vidutiniškus energijos poreikius (pastatyti nuo 1992 metų), nepasirenkami namai suvartojantys mažiausiai energijos, nes tokių daugiabučių pastatų yra tik 4%. Daugiabučiai pastatai suvartojantys mažai arba vidutiniškai energijos sunaudoja ~15 kWh/m² per mėnesį, tai šiek tiek modernizuoti pastatai, kurie sudaro ~16% visų daugiabučių pastatų (~112 tūkst. butų, ~0,32 mln. gyventojų) [15].

Atliekant tyrimą imama, kad daugiabutis po renovacijos turės atitikti B energijos efektyvumo klasę, tai yra per metus energijos sąnaudos turi būti nuo 121 iki 130 kWh/m² [40]. Tyrimui atlikti priimamas B energijos efektyvumo klasės energijos sąnaudos pagal daugiabučių grupes, pirmajai daugiabučių grupei priimamos 130 kWh/m² per metus energijos sąnaudos, antrajai – 125,5 kWh/m² per metus energijos sąnaudos, o trečiajai – 121 kWh/m² per metus energijos sąnaudos.

3.2. Daugiabučių namų kompleksinis vertinimas ir taupymo priemonių paketų parinkimas

Atliekant duomenų analizę yra svarbu nustatyti sąlygą, pagal kurią jie bus analizuojami. Kadangi, yra siekiama išsiaiškinti investicijų dydį reikalingą energijos efektyvumui didinti, o yra aiškus rezultatas, kad po rekonstrukcijos pastatai turi pasiekti B energijos suvartojimo klasę, tai analizuojami duomenys yra atrenkami pagal sutaupyto energijos kiekį procentais. Taip pat, viena iš pagrindinių tyrimo sąlygų, jog visi ekonominiai ir finansiniai rodikliai randami 1m².

Pirmosios daugiabučių kategorijos energijos suvartojimas prieš renovaciją – 35 kWh/m² per mėnesį arba 420 kWh/m² per metus. Po renovacijos energijos suvartojimas per metus sieks tik ~130 kWh/m² per metus. Skaičiuojamas energijos sutaupymas ~ 70 %.

Antrosios daugiabučių kategorijos energijos suvartojimas prieš renovaciją – 21 kWh/m² per mėnesį arba 252 kWh/m² per metus. Po renovacijos energijos suvartojimas per metus sieks tik ~125,5 kWh/m² per metus. Skaičiuojamas energijos sutaupymas ~ 50 %.

Trečiosios daugiabučių kategorijos energijos suvartojimas prieš renovaciją – 15 kWh/m² per

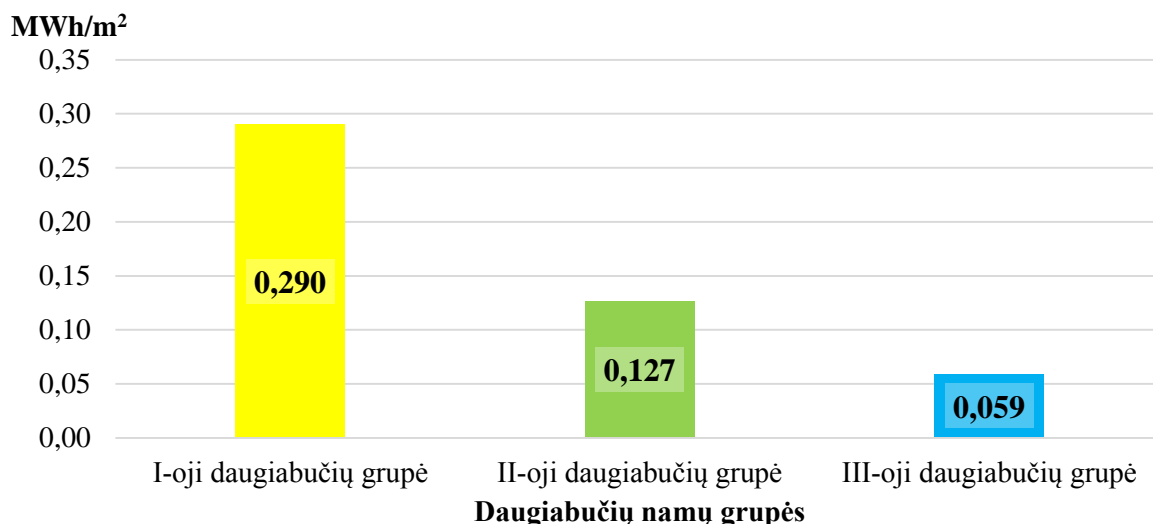
mėnesį arba 180 kWh/m² per metus. Po renovacijos energijos suvartojimas per metus sieks tik ~121 kWh/m² per metus. Skaičiuojamas energijos sutaupymas ~ 30 %.

Bendrieji pradiniai tyrimui reikalingi duomenys pateikti 3.1 lentelėje.

3.1 lentelė. Bendrieji pradiniai duomenys

	Metiniai energijos poreikiai 1m ² prieš renovaciją, kWh/1m ² /metus	Metiniai energijos poreikiai 1m ² po renovacijos, kWh/1m ² /metus	Energijos sutaupymai, %
I-oji daugiabučių grupė	420	130,0	69,05
II-oji daugiabučių grupė	252	125,5	50,20
III-oji daugiabučių grupė	180	121,0	32,78

Iš pateiktos 3.1 lentelės matyti, kad didžiausi energijos sutaupymai turėtų būti pasiekiami pirmosios kategorijos daugiabučiams. Sutaupyta energijos kiekis daugiabučių grupėms pateikiamas grafiškai (žr. 3.1 paveikslas).



3.1 pav. Sutaupyta energijos kiekis per metus vienam m²

Kiekvienai daugiabučių grupei parenkami trys taupymo priemonių paketai, kurie savo darbų sudėtimi bus vienodi, kiekvienai daugiabučių grupei, tačiau reikalingų investicijų suma skirsis pagal reikalingų darbų kiekį. Taupymo priemonių grupės parenkamos pagal energinio prioriteto priemones:

- Pirmoji taupymo priemonių grupė (I) – aukšto energetinio prioriteto priemonės.
- Antroji taupymo priemonių grupė (II) – vidutinio energetinio prioriteto priemonės.
- Trečioji taupymo priemonių grupė (III) – žemo energetinio prioriteto priemonės.

Taupymo priemonių grupių preliminarūs numatyti darbai pateikiami 3.2 lentelėje.

3.2 lentelė. Preliminari energijos taupymo priemonių paketų darbų sudėtis [41]

Energijos taupymo priemonė	Preliminarus energijos taupymo priemonių paketų pasirinkimas		
	aukšto energinio prioriteto priemonės	vidutinio energinio prioriteto priemonės	žemo energinio prioriteto priemonės
Stogo šiltinimas			+
Išorinių sienų šiltinimas			+
Langų keitimas		+	+
Rūsio perdangos šiltinimas			+
Laiptinių / vestibulių atnaujinimas			+
Lauko durų pakeitimas		+	+
Vėdinimo (OK) sistemos atnaujinimas*		+	+
Temperatūrinio režimo valdymo įrengimas		+	+
Šildymo sistemos balansavimas	+	+	+
Šilumos punkto pakeitimas / atnaujinimas		+	+
Vamzdynų šiluminės izoliacijos pagerinimas	+	+	+
Karšto vandens sistemos atnaujinimas	+	+	+
Elektros instaliacijos keitimas ar pertvarkymas		+	+
Apšvietimo sistemos keitimas ar pertvarkymas	+	+	+

*OK – oro kanalai

Remiantis ekonominio efektyvumo skaičiavimo metodika (aprašyta kaip antrasis ir trečiasis skaičiavimo metodas), taupymo priemonių darbai gali būti skaidomi pagal paskirtį: energijos efektyvumui didinti, pastato būklei gerinti ir higienos normoms gerinti. Pagal darbų sudėtį (žr. 3.2 lentelę) pirmasis taupymo priemonių paketas apima tik tuos darbus, kurie skirti energijos efektyvumui didinti. Antrasis taupymo priemonių paketas apima darbus, kurie skirti ir energijos efektyvumui didinti ir higienos sąlygoms gerinti. Trečiasis taupymo priemonių paketas apima visų paskirčių darbus (energijos efektyvumo didinimo, higienos normų gerinimo ir pastato infrastruktūros gerinimo).

Kiekvienai taupymo priemonių grupei reikalingų investicijų dydis išskaičiuojamas iš surinktų duomenų apie jau modernizuotus daugiabučius. Duomenų informacijoje pateikta daugiabučių namų pastatymo metai, atliktų darbų sąrašas, butų skaičius, šildomas plotas, investicijų dydis reikalingas atlikti numatytus darbus ir sutaupyta energijos kiekis procentais. Investicijų dydis vienam kvadratiniam metrui yra išskaičiuojamas iš surinktų duomenų. Iš viso yra surinkta informacijos apie 154 modernizuotus daugiabučių projektus, 3.3 lentelėje pateikiamas surinktų duomenų pavyzdys [42]. Šie duomenys naudojami statistiniams skaičiuojamiesiems rodikliams nustatyti.

3.3 lentelė. Surinktų duomenų pavyzdys [42]

Nr.	Pastatymo metai	Modernizacijos užbaigimo data	Atlikti darbai*	Butų skaičius	Šildomas plotas, m ²	Energijos sutaupymas, %	Investicijų dydis, Eur
1	1955	2014.	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA, RPA, LFK	12	541,15	76,85	102366,76
2	1961	2011	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA, RPA, LFK	24	1313,87	59	301204,82
3	1964	2015	ŠSM, BLK, LLK, SA, STA, RPA	55	2576	60	457599,63
4	1972	2011	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA, RPA, LFK	90	4587	70	315685,82
5	1978	2010	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA, RPA, LFK	55	2590,16	71,09	562452,03
6	1984	2010	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA, RPA, LFK	12	817,32	69,80	91452,64
7	1991	2008	ŠSM, BLK, LLK, BST, SA, STA	24	1455	70	231116,77
8	1992	2007	ŠSM, AS	40	2376	50	151760,89
9	1993	2011	ŠSM, SA, STA, AS	48	3241	60	474976,83

*Sutrumpinimų reikšmės: ŠSM – šildymo sistemos modernizavimas; BLK – butų ir kitų patalpų langų keitimas; LLK – laiptinės langų ir durų keitimas; BST – balkonų įstiklinimas; SA – sienų apšiltinimas; STA – stogo apšiltinimas; RPA – rūšio perdangos apšiltinimas; LFK – lifto keitimas, AS – apšvietimo sistemos pakeitimas.

Pagal surinktus duomenis, kiekvienai taupymo priemonei apskaičiuojamas reikiamas investicijų dydis 1m², iš gautų rezultatų išvedamas vidurkis, skaidant daugiabučius pagal statybos metus ir atliekamus darbus. Gaunami orientaciniai investicijų dydžiai 1m² reikalingi įdiegti tam tikrą taupymo priemonę, gauti rezultatai pateikiami 3.4 lentelėje.

3.4 lentelė. Pradinių investicijų pagal energijos taupymo priemonių paketą dydis

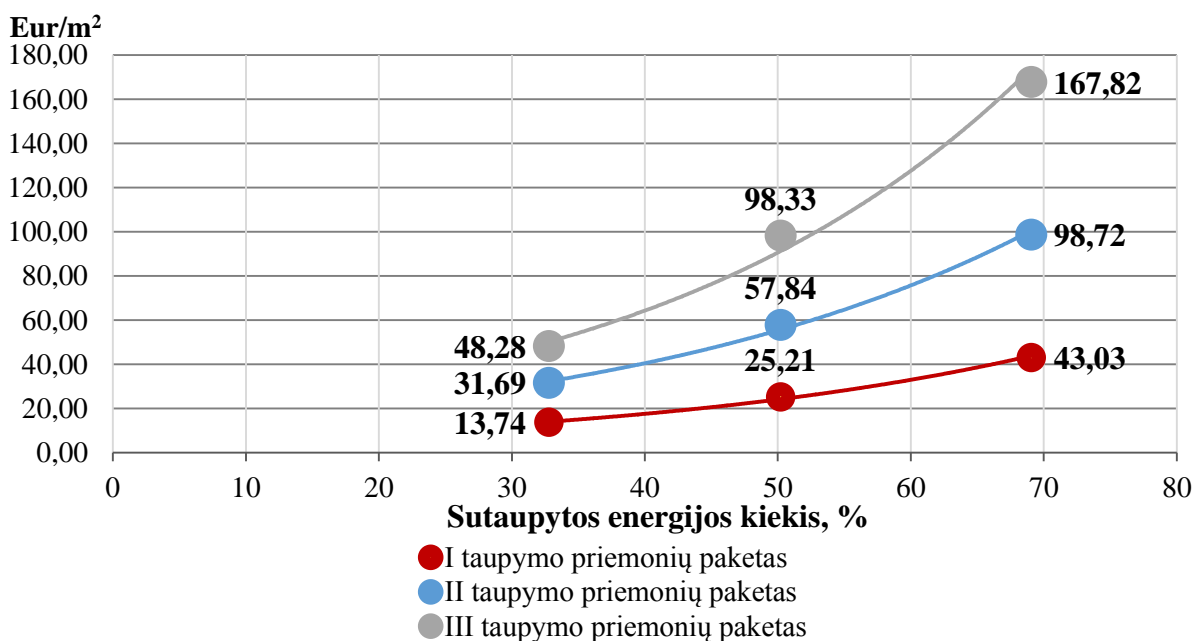
Energijos taupymo priemonių paketas	Investicijų dydis, Eur/m ²		
	I	II	III
I-oji daugiabučių grupė	43,03	98,72	167,82
II-oji daugiabučių grupė	25,21	57,84	98,33
III-oji daugiabučių grupė	13,74	31,69	48,28

Palyginimui pateikiame orientacinę šilumos taupymo priemonių efektyvumo lentelę (žr. 3.5 lentelę), kurią sudarė Vilniaus energija [43]. 3.5 lentelėje pateiktos orientacinės investicijos vienam kvadratiniam metrui, kurios siekia tik 13 Eur/m², pateiktos taupymo priemonės atitinka darbe aprašomą pirmos taupymo priemonių grupės darbų sudėtį. Lyginant 3.4 (I taupymo priemonių paketo) ir 3.5 lentelių investicijų dydžius 1m², galima pastebėti, jog 3.4 lentelėje pateiktų I taupymo priemonių paketą investicijos yra truputį didesnės (šios investicijos išskaičiuotos iš sukauptų duomenų), todėl galime teigti, kad 3.4 lentelėje pateikti investicijų dydžiai yra teisingi ir atitinka šių dienų esamą situaciją.

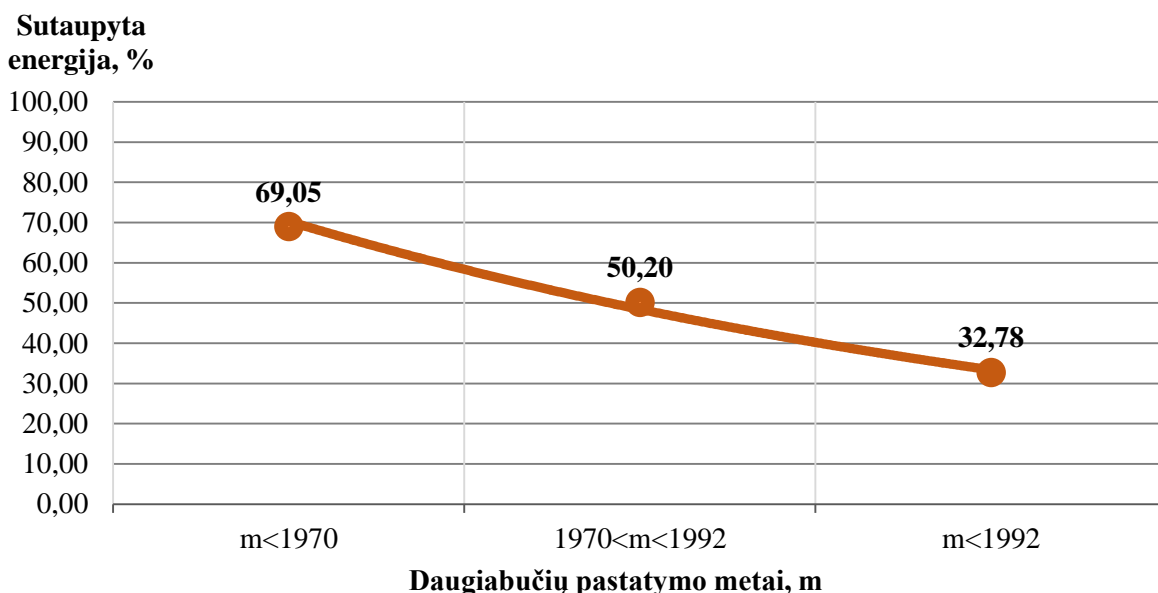
3.5 lentelė. Šilumos taupymo priemonių efektyvumas [43]

Šilumos taupymo priemonė	Sutaupymai, %	Atsipirkimas, metais	Kaina Eur/m ²
Langų sandarinimas	5,7	3,5	1,4
Termostatais ir šilumos dalikliai	11,8	6,9	5,8
Šilumos punkto rekonstravimas	9,3	4,3	2,9
Buitinio karšto vandens sistemos rekonstravimas	8,0	5,1	2,9
Viso, Eur/m²:			13,0

Taip pat, investicijų dydis priklauso nuo sutaupytos energijos dydžio, pateikiamas 3.2 paveikslas, iš kurio matyti, kad norint sutaupyti daugiau energijos kiekio, teks daugiau investuoti pinigų, nes didėjant investicijoms, didėja ir sutaupomas energijos kiekis. Tačiau, reikia pabrėžti, kad didžiausi energijos sutaupymai gaunami I-osios daugiabučių grupės, kurią sudaro daugiabučiai pastatyti iki 1970 metų, dėl to, galima teigti, jog investicijų dydis ne tik priklauso nuo sutaupytos energijos kiekio, bet ir nuo namo pastatymo metų, toks (sutaupytos energijos kiekio nuo namo pastatymo metų) grafinis atvaizdavimas pateikiamas 3.3 paveikslu.



3.2 pav. Investicijų dydžio priklausomybės nuo sutaupytos energijos kiekio grafikas



3.3 pav. Sutaupytos energijos procentais priklausomybė nuo namo pastatymo metų

3.3. Ekonominio efektyvumo vertinimas parinktomis taupymo priemonėms.

Ekonominio efektyvumo vertinimas parinktomis taupymo priemonėms randamas pagal tris kriterijus: paprastąjį atsipirkimo laiką, tikrąjį atsipirkimo laiką ir sutaupytos energijos kainą. Gauti rezultatai pateikiami 3.7 lentelėje. Imama, kad diskonto norma – 6%.

Kad, būtų galima rasti visus reikalingus dydžius, pirmiausia reikia įvertinti planuojamą metinį sutaupymą įdiegus energijos taupymo priemonių paketus. Planuojamas metinis sutaupymas gaunamas planuojamą sutaupyti energijos kiekį padauginus iš rinkos kainos. Šiuo metu šilumos energijos vidutinė kaina Lietuvoje su 9% PVM yra ~0,0473 Eur/kWh [44]. Planuojami metiniai sutaupymai kiekvienai daugiabučių grupei pateikiami 3.6 lentelėje (detalūs skaičiavimai pateikiami 1 priede).

3.6 lentelė. Planuojami metiniai sutaupymai skirtingoms daugiabučių grupėms

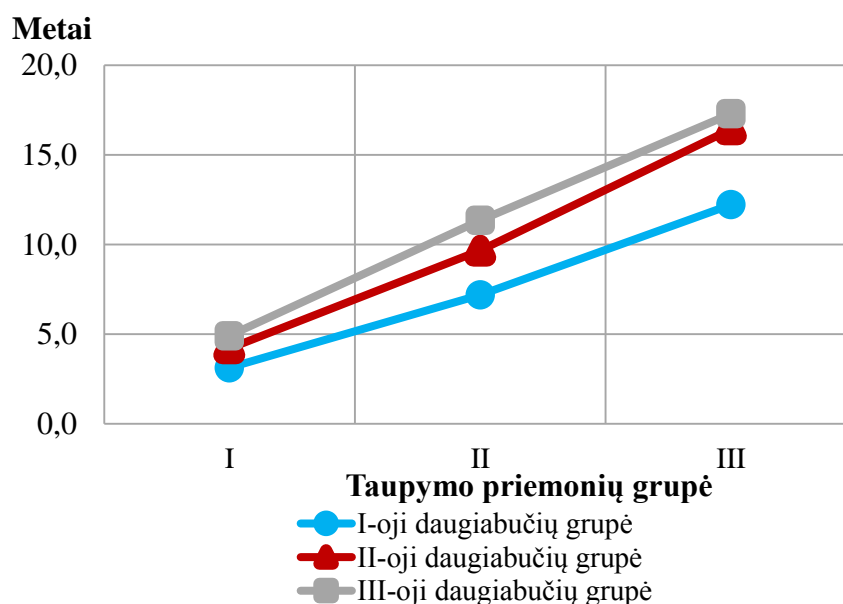
	Planuojami metiniai sutaupymai, Eur/metus
I-oji daugiabučių grupė	13,72
II-oji daugiabučių grupė	5,98
III-oji daugiabučių grupė	2,79

Paprastasis atsipirkimo laikas randamas pagal 2.8 formulę, tikrasis atsipirkimo laikas pagal 2.9 formulę. Sutaupyta energijos kaina pagal 2.11 formulę (detalūs skaičiavimai vienam variantui pateikti prieduose (žr. 1 priedas), sutaupyti energijos kiekiai skaičiavimams naudojami iš pateikto 3.1 paveikslo, nustatyta visų energiją taupančių priemonių paketų gyvavimo laiko trukmė 50 metų.

3.7 lentelė. Energijos taupymo priemonių paketo investicijų atsipirkimo laikai ir sutaupyta energijos kaina

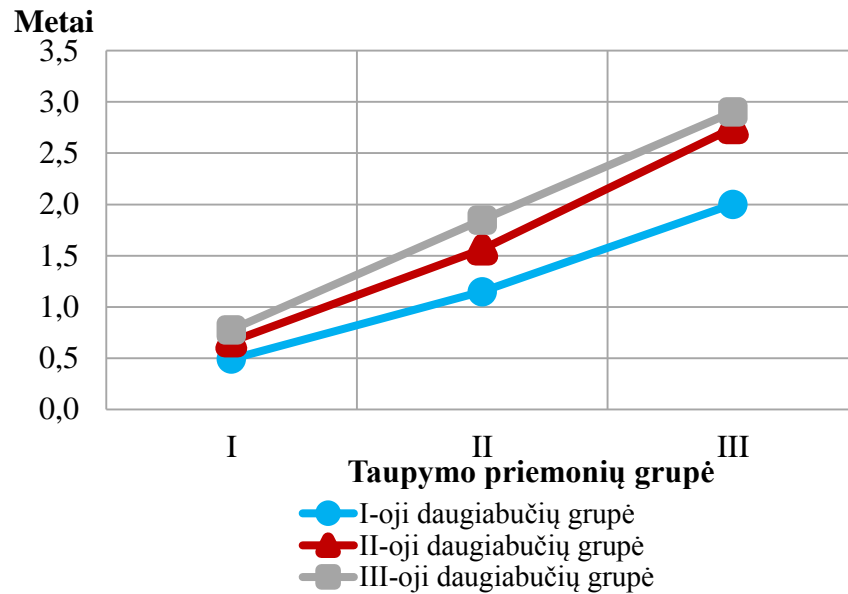
Taupymo priemonės Nr.	1-oji daugiabučių grupė			2-oji daugiabučių grupė			3-oji daugiabučių grupė		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Paprastasis atsipirkimo laikas (PAL), metai	3,14	7,20	12,23	4,21	9,67	16,43	4,92	11,35	17,30
Tikrasis atsipirkimo laikas (TAL), metai	0,49	1,15	2,00	0,66	1,56	2,75	0,78	1,85	2,90
Sutaupyta energijos kaina, Eur/MWh/metus	9,41	21,60	36,71	12,65	29,01	49,32	14,77	34,08	51,92

Paprastasis atsipirkimo laikas vertinamas pagal metodikoje aprašytas sąlygas. Visos taupymo priemonės skirtingoms daugiabučių grupėms patenka į 20 metų intervalą ($PAL < 20$ metų (žr. 3.4 paveikslą)), tai reiškia, kad taupymo priemonės atitinka direktyvoje keliamus reikalavimus, kad atsipirkimo laikas būtų ne didesnis nei 20 metų. Taip pat, galima pabrėžti, kad pirmosios daugiabučių grupės I-asis ir II-asis taupymo priemonių paketas atsiperka kiek greičiau nei per 10 metų (žr. 3.5 lentelę). Iš pateikto 3.4 paveikslo matyti, kad greičiausiai atsiperks 1-osios daugiabučių grupės taupymo priemonės.



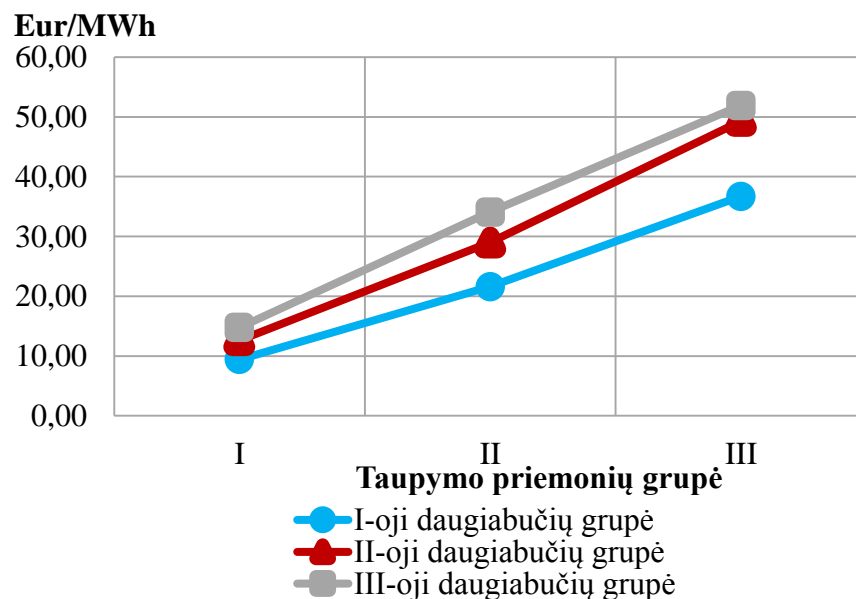
3.4 pav. Paprastasis atsipirkimo laikas

Vertinant tikrąjį atsipirkimo laiką, galima daryti išvadą, kad visos taupymo priemonių grupės atsiperka greičiau nei per 5 metus, grafinis tikrojo atsipirkimo laiko vaizdas pateiktas 3.5 paveiksle, iš pateikto 3.5 paveikslo matyti, kad greičiausiai atsiperks 1-osios daugiabučių grupės taupymo priemonės.



3.5 pav. Tikrasis atsipirkimo laikas

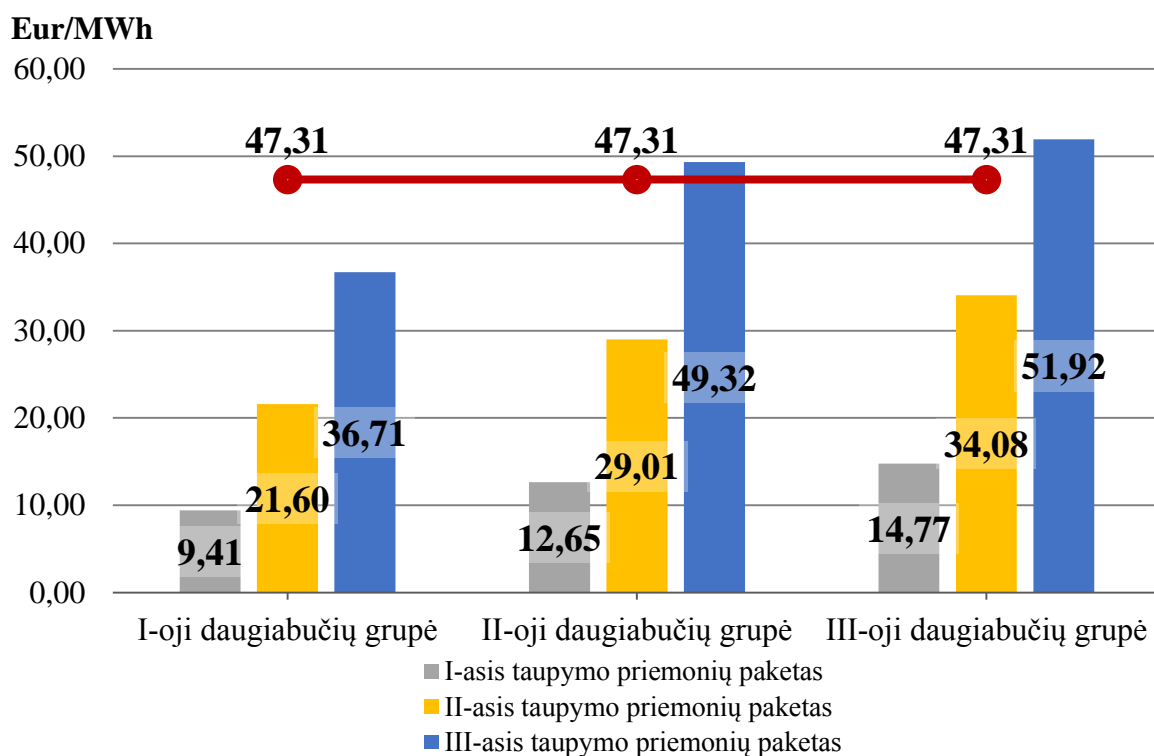
Sutaupytos energijos kaina (SEK) per vienus metus skirtingoms taupymo priemonėms pateikta 3.6 paveiksle. SEK apskaičiuota pagal 2.11 formulę. Palankesnis variantas tas, kurio sutaupytos energijos kaina mažesnė. Taigi, vertinant daugiabučių namų grupes pagal SEK gavosi, kad geriausias variantas kaip ir PAL ir TAL atvejais yra I-osios daugiabučių grupės.



3.6 pav. Sutaupytos energijos kaina per metus vienam m²

Taip pat, sutaupytos energijos 1MWh kaina turi būti mažesnė už rinkoje vyraujančią 1MWh kainą. Šilumos energijos vidutinė kaina Lietuvoje su 9% PVM yra ~0,0473 Eur/kWh [44], tai 1 MWh kainuoja 47,31 Eurais. SEK rodiklis nurodo 1MWh kainą diegiamam energijos taupymo priemonių paketui. 3.7 paveiksle pateiktas energijos taupymo priemonių SEK 1 MWh kainų palyginimas su rinkos 1 MWh kaina, iš paveikslo matyti, kad I-osios daugiabučių grupės energijos taupymo priemonių paketų SEK neviršija rinkos kainos, o II-osios ir III-osios daugiabučių grupių III-ojo energijos taupymo priemonių paketų SEK viršija rinkos kainą, todėl galima teigti, kad investicijos yra truputį per

didelės, ir būtų galima atsisakyti kurio nors numatyto darbo arba paieškoti palankesnių kainų reikiamiems darbams, taip pat, tik dar tvirčiau galima teigti, gal palankiausias yra I-osios daugiabučių grupės taupymo priemonės.



3.7 pav. SEK per metus vienam m² palyginimas su rinkos kaina

3.3.1. Finansiniai rodikliai

Finansiniai rodikliai patikslins tyrimo rezultatus išrenkant patraukliausią variantą, kuriam bus atliekama jautrumo analizė. Skaičiuojami finansiniai rodikliai grynoji dabartinė vertė (žr. 2.13, 2.14, 2.15 formules) ir vidinė gražos norma (žr. 2.16 formulę).

Skaičiavimai atliekami naudojantis exel skaičiuokle. Skaičiuojam su 0,06 diskonto norma, imamas 50 metų laikotarpis. Gauti skaičiavimo rezultatai pateikiami 3.8 lentelėje.

3.8 lentelė. Taupymo priemonių skirtingoms daugiabučių grupėms GDV ir VGN

Taupymo priemonės	GDV, Eur			VGN (IRR), %		
	I	II	III	I	II	III
I-oji daugiabučių grupė	10628,18	10929,16	10860,06	16,4	4,1	2,2
II-oji daugiabučių grupė	4457,23	4391,97	4310,99	15,8	3,7	1,9
III-oji daugiabučių grupė	1924,20	1888,30	1855,12	15,2	3,4	1,7

Pagal metodikoje aprašytas vertinimo sąlygas, GDV turi būti daugiau už nulį, kad taupymo priemonė būtų efektyvi. Iš pateiktos 3.8 lentelės matyti, jog visų daugiabučių namų grupių taupymo priemonių GDV>0, todėl visi taupymo priemonių paketai visoms daugiabučių namų grupėms yra efektyvūs. Lyginant atskiras taupymo priemonių grupes kiekvienai daugiabučių grupei atskirai, galima pastebėti, jog III-asis taupymo priemonių paketas visoms daugiabučių grupėms yra priimtinausias, nes grynosios dabartinės vertės yra didžiausios.

Renkant patraukliausią variantą pagal vidinę gražos normą, gauti rezultatai turi būti didesni už minimalią reikalaujamą pelningumo normą, tenkinant šią sąlygą taupymo priemonių paketas laikomas efektyviu. VGN apskaičiuojamas pagal 2.16 formulę. Kaip ir pagal GDV taip ir pagal VGN patraukliausias tas taupymo priemonių paketas, kurio VGN yra didžiausias, šiuo atveju gauname, kad patraukliausias taupymo priemonių paketas yra I-osios daugiabučių grupės I-asis taupymo priemonių paketas. III-osios daugiabučių grupės VGN yra nerandamas, o II-osios daugiabučių grupės VGN yra neigiamas, todėl galima teigti, kad taupymo priemonės šioms daugiabučių grupėms yra neefektyvios. Tačiau tokiu atveju VGN gauti rezultatai prieštarauja GDV gautiems rezultatams, tokiu atveju reikia taupymo priemonių paketus vertinti pagal GDV.

Taigi, galima teigti, jog pagal PAL, TAL, SEK, GDV ir VGN rezultatus efektyviausi taupymo priemonių paketai yra I-ajai daugiabučių grupei.

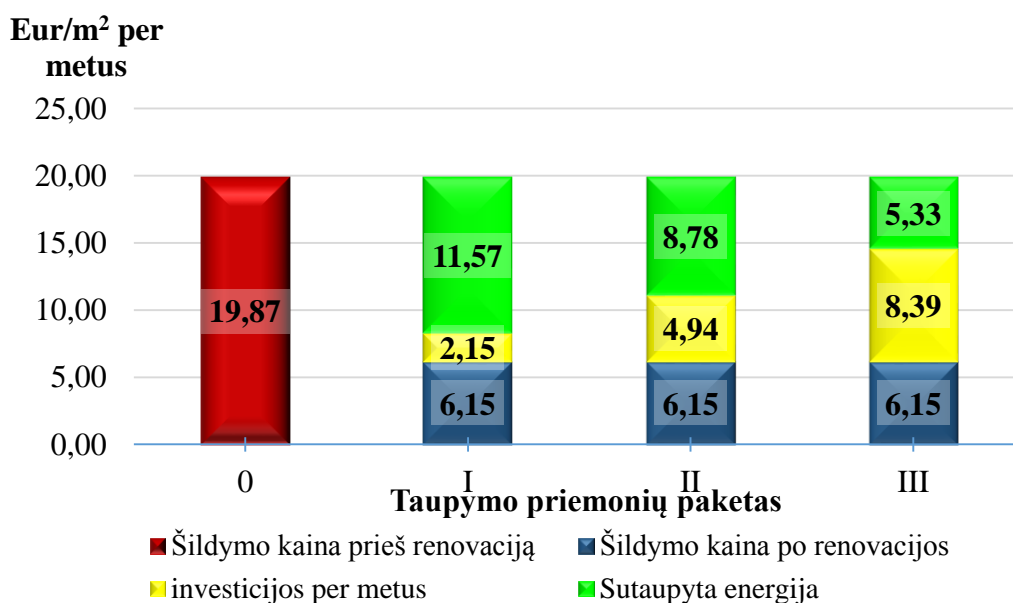
3.3.2. Alternatyvi modernizavimo schema

Alternatyviu vaizdavimu, yra bandoma išskaidyti sutaupytos energijos kiekį į kelias dalis: Sutaupytos energijos kiekį Eurais per metus ir į investicijų dydį Eurais (investicijos skaidomos 20 metų laikotarpiui, imant, kad gyventojai turi reikiamą investicijų dydį ir laikant, kad nėra palūkanų). Alternatyvios modernizavimo schemas pateikiamos kiekvienai daugiabučių grupei atskirai, imama, jog X ašyje taupymo priemonės: 0 – metinė šildymo kaina prieš renovaciją, I, II, III–taupymo priemonių paketai, o Y ašyje atidedama kaina paskaičiuota 1m² per metus.

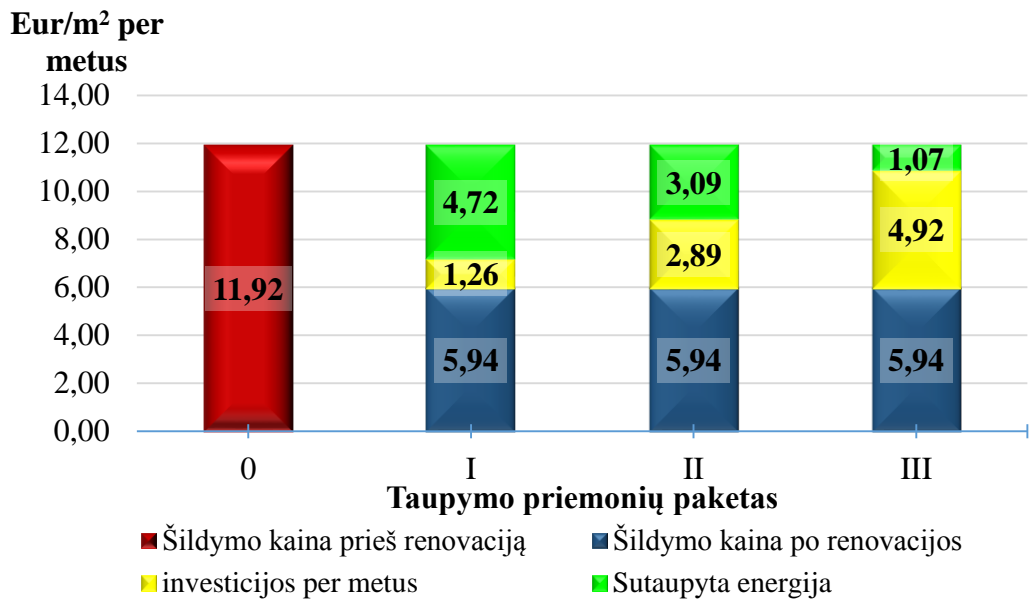
I-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema pateikta 3.8 paveiksle.

II-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema pateikta 3.9 paveiksle.

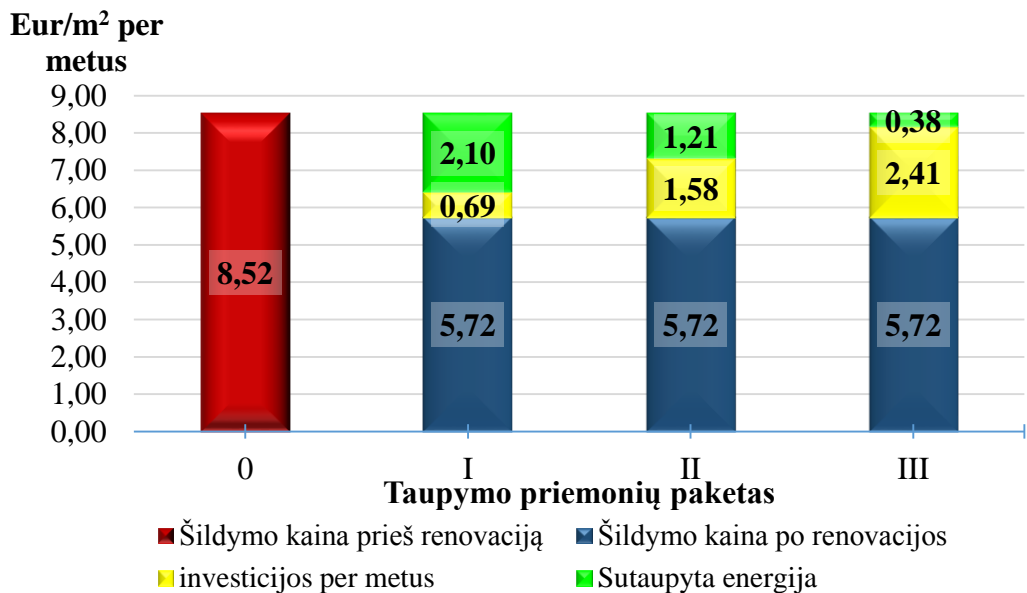
III-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema pateikta 3.10 paveiksle.



3.8 pav. I-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema



3.9 pav. II-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema



3.10 pav. III-osios daugiabučių grupės alternatyvios modernizacijos schema

Alternatyvios modernizacijos schemos atskleidžia, koks yra realus sutaupymas, kurį vartotojai gali pajusti. Didžiausi sutaupymai visų daugiabučių namų yra su I-uoju taupymo priemonių paketu., mažiausi su III-uoju taupymo priemonių paketu. Tačiau galima pastebėti, kad II ir III-osios daugiabučių grupių šildymo kainos po modernizavimo sudaro daugiau nei pusę prieš modernizaciją buvusios šildymo kainos, o sutaupytos energijos kiekis per metus nėra labai žymus, reikšmingesni sutaupymai matomi taikant I-osios grupės taupymo priemones. Tačiau, lyginant I-osios daugiabučių grupės schemą, galima pastebėti, kad šildymo kainos po modernizacijos sudaro mažesnę nei pusę prieš modernizaciją buvusios šildymo kainos dalį, ir net taikant III-ąjį taupymo priemonių paketą gaunami didesni nei ¼ nuo šildymo kainos prieš modernizaciją sutaupymai.

Taigi, galima daryti išvadą, kad optimaliausias pagal rinkoje vyraujančias kainas yra I-osios daugiabučių grupės modernizavimas, kadangi, tai sudaro ~20% Lietuvoje esančių daugiaaukščių, tai

sutaupomos energijos kiekis būtų vienas ryškiausių, lyginant su kitų daugiabučių namų grupėmis.

3.4. Jautrumo analizė

Atlikus ekonominio efektyvumo analizę, paaiškėjo, jog palankiausias daugiabučių grupės variantas yra I-asis, kuriam bus atliekama jautrumo analizė, keičiant diskonto normas ir stebint kaip nuo to priklauso PAL, TAL ir sutaupytos energijos kaina. Tyrimas atliekamas skaičiuojant dydžius 1m² (detalus skaičiavimo pavyzdys pateikta 1 priede).

Nauji tyrimo variantai:

- 1) diskonto norma 3%, šildymo kaina nekinta;
- 2) diskonto norma 9%, šildymo kaina nekinta;

3.4.1. Jautrumo analizė keičiant diskonto normą

Analizuojant sutaupytos energijos kainą keičiant diskonto normą nustatomi visi ekonominiai ir finansiniai rodikliai, gauti rezultatai pateikiami 3.9 lentelėje (pateikiami ir jau apskaičiuoti rezultatai prie 6% diskonto normos).

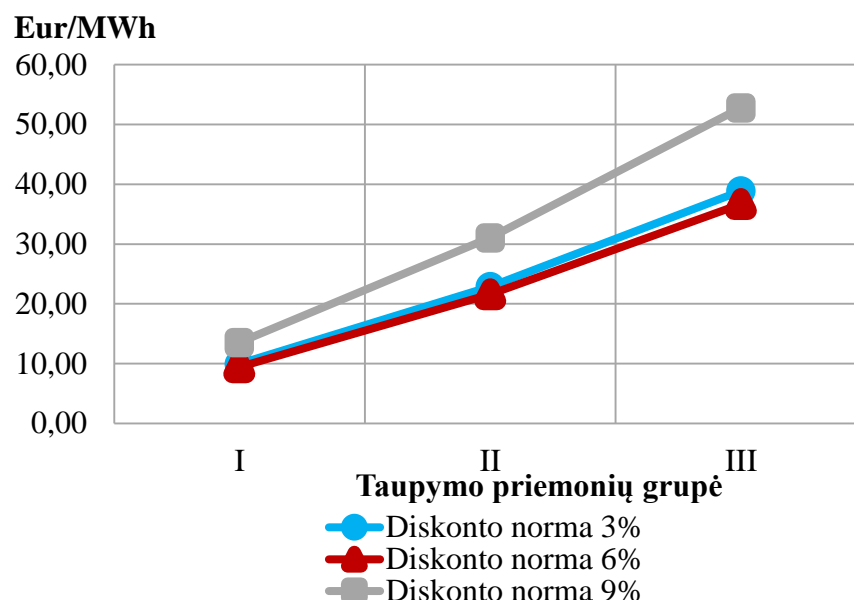
3.9 lentelė. Investicijų atsipirkimo laikai ir sutaupytos energijos kaina esant skirtingai diskonto normai

Taupymo priemonės Nr.	Diskonto norma 3%			Diskonto norma 6%			Diskonto norma 9%		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Paprastasis atsipirkimo laikas (PAL), metai	3,14	7,20	12,23	3,14	7,20	12,23	3,14	7,20	12,23
Tikrasis atsipirkimo laikas (TAL), metai	0,48	1,11	1,92	0,49	1,15	2,00	0,50	1,19	2,09
Sutaupytos energijos kaina, Eur/MWh/metus	5,77	13,23	22,49	9,41	21,60	36,71	13,54	31,05	52,79

Paprastasis atsipirkimo laikas su visomis diskonto normomis gaunamas toks pats, nes šis dydis nepriklauso nuo diskonto normos.

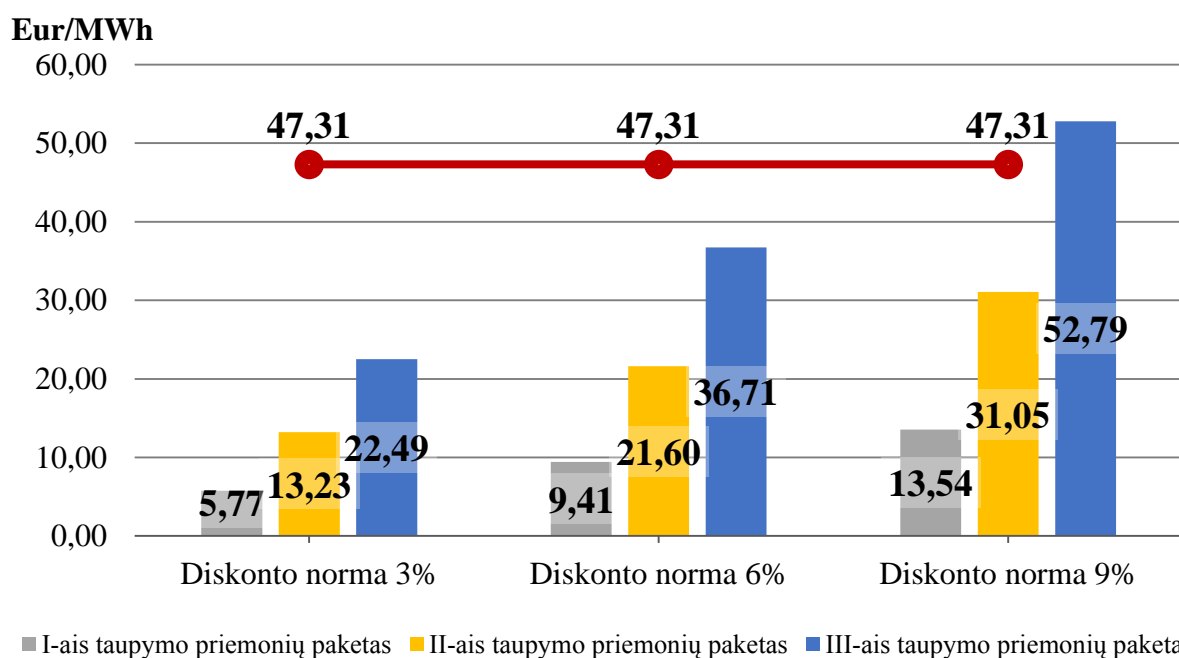
Tikrasis atsipirkimo laikas nežymiai skiriasi taikant skirtingas diskonto normas, tačiau greičiausiai atsiperka energijos taupymo priemonių paketai esant 3% diskonto normai. Sutaupytos energijos kaina išsiskiria labiau, jos grafinis vaizdas esant skirtingoms diskonto normoms pateikimas 3.11 paveiksle. Iš pateikto paveikslo matyti, jog mažiausia sutaupytos energijos kaina yra taip pat kaip ir TAL atveju esant 3% diskonto normai.

Tikrojo atsipirkimo laikas keičiantis diskonto normai padidėjai apie 1,1 karto. Sutaupytos energijos kaina didėjant diskonto normai vidutiniškai padidėja ~1,5 karto.



3.11 pav. Sutaupytos energijos kaina per metus vienam m² prie skirtingų diskonto normų

Energijos taupymo priemonių paketų SEK 1 MWh kainų palyginimas su rinkos 1 MWh kaina pateiktas 3.12 paveiksle. Iš 3.12 paveikslo matyti, jog III-asis energijos taupymo priemonių paketas esant 9 diskonto normai viršija rinkos 1 MWh kainą. Tačiau, visais kitais atvejais neviršija. Taip pat, galima pastebėti tendenciją, jog sutaupytos energijos kaina mažėja esant mažesnei diskonto normai ir didėja didėjant diskonto normai (žr. 3.11 paveikslą).



3.12 pav. SEK per metus vienam m² palyginimas su rinkos kaina

Finansinių rodiklių rezultatai pateikiami 3.10 lentelėje. Iš pateiktos lentelės galima pastebėti, jog grynoji dabartinė vertė didėja mažėjant diskonto normai ir mažėja didėjant diskonto normai. Vidinė grąžos norma elgiasi taip pat kaip ir GDV, didėjant diskonto normai VGN mažėja ir mažėjant diskonto normai VGN didėja.

3.10 lentelė. Finansiniai rodikliai prie skirtingų diskonto normų

Taupymo priemonės grupė	GDV, Eur			VGN (IRR), %		
	I	II	III	I	II	III
Diskonto norma 3%	17602,28	17903,26	17834,16	18,5	4,9	2,9
Diskonto norma 6%	10628,18	10516,80	10378,60	16,4	4,1	2,2
Diskonto norma 9%	7269,70	7158,33	7020,13	14,3	3,4	1,7

IŠVADOS

1. Išanalizuotas galutinės energijos vartojimas Lietuvos ūkio sektoriuose, nustatyta jog didžiausi energijos suvartojimai ir didžiausi galimi energijos sutaupymai yra šilumos sektoriuje. Nustatytas tikslinis galutinis šilumos sektoriaus vartotojas – daugiabučių grupė, kuri suvartoja daugiausiai galutinės šilumos energijos (~52,4 %).

2. Išanalizavus energijos efektyvumo didinimo metodus buvo nuspręsta, jog ekonominio efektyvumo vertinimui tiktai naudinga naudoti ekonominius (sutaupyta energijos kaina, investicijų paprastojo ir tikrojo atsipirkimo laikai) ir finansinius (vidinė gražos norma, grynoji dabartinė vertė) rodiklius.

3. Daugiabučiai namai suskirstyti į grupes, skirstant jas pagal pastatymo metus ir suvartojamą energijos kiekį. Didžiausi energijos suvartojimo poreikiai nustatyti I-ajai daugiabučių grupei (420 kWh/m² per metus). Mažiausi – III-ajai daugiabučių grupei (180 kWh/m² per metus). Kiekvienai daugiabučių grupei parinkti trys energijos taupymo priemonių paketai ir nustatytas reikalingų investicijų dydis. Didžiausias pradinių investicijų dydis 1m² yra reikalingas III-ajam energijos taupymo priemonių paketui (pagal daugiabučių grupes atitinkamai: 167,82 Eur/m², 98,33 Eur/m², 48,28 Eur/m²), mažiausias – I-ajam (pagal daugiabučių grupes atitinkamai: 43,03 Eur/m², 25,21 Eur/m², 13,74 Eur/m²), o pagal daugiabučių grupes didžiausių pradinių investicijų 1m² reikia I-ajai daugiabučių grupei (pagal energiją taupančių priemonių grupių eiliškumą: 43,03 Eur/m², 98,72 Eur/m², 167,82 Eur/m²), mažiausių – III-ajai daugiabučių grupei (pagal energiją taupančių priemonių grupių eiliškumą: 13,74 Eur/m², 31,69 Eur/m², 48,28 Eur/m²).

4. Buvo nustatyta, kad visi energiją taupančių priemonių paketai atsiperka greičiau nei per 20 metų pagal paprastąjį atsipirkimo laiką. Pagal tikrąjį atsipirkimo laiką visi energiją taupančių priemonių paketai atsiperka greičiau nei per 5 metus. I-osios daugiabučių grupės energijos taupymo priemonių paketai atsiperka greičiausiai pagal paprastąjį ir tikrąjį atsipirkimo laikus.

5. Energiją taupančių priemonių paketų sutaupyta energijos kaina lyginimas su rinkoje esančia energijos kaina už 1MWh (47,31Eur/MWh) parodė, jog II ir III daugiabučių grupių III-jų energiją taupančių priemonių paketų sutaupyta energijos kaina vienai MWh yra didesnė už rinkos. Todėl pagal sutaupyta energijos kainą efektyviausiai visi energiją taupančių priemonių paketai pritaikomi I-ajai daugiabučių grupei.

6. Nustatyta, jog energijos taupymo priemonių paketai yra efektyvūs pagal finansinius rodiklius (GDV ir VGN). III-iasis energiją taupančių priemonių paketas yra efektyviausias visoms daugiabučių grupėms, nes GDV ir VGN yra didžiausia (pagal daugiabučių grupes atitinkamai GDV: 10860,06 Eur, 4310,99 Eur, 1855,12 Eur; VGN: 2,2 %, 1,9 %, 1,7 %). Efektyviausiai energijos taupymo priemonių paketai pritaikomi I-ajai daugiabučių grupei, nes gautos didžiausios finansinių

rodiklių vertės (pagal energiją taupančių priemonių grupių eiliškumą GDV: 10628,18 Eur, 10929,16 Eur, 10860,06 Eur; VGN: 16,04 %, 4,1 %, 2,2 %).

7. Atlikta jautrumo analizė parodė, jog didėjant diskonto normai didėja ir tikrasis atsipirkimo laikas, kuris padidėja apie 1,1 karto. Nustatyta, jog SEK kaina tiesiogiai priklauso nuo diskonto normos, didėjant diskonto normai didėja ir sutaupytos energijos kaina, o diskonto normai mažėjant – mažėja, vidutinis sutaupytos energijos kainos kitimas ~1,5 karto keičiantis diskonto normai.

INORMACIJOS ŠALTINIŲ SĄRAŠAS

1. Europa: *Demografija ir migracija* [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: https://europa.eu/eyd2015/sites/default/files/toolkit/eyd2015-factsheet-september-op_lt.pdf
2. Pasaulio energetikos tarybos Lietuvos komitetas: *Pasaulinės energetikos tendencijos ir energetinės trilemos svarba* [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m kovo 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/events/2014-10-08_Valstybes%20konf/03_RymantasJuozaitisLietuvosEnergetikosKonferencija2014.pdf
3. World energy: Trilemma index (trilemos indeksas) [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.worldenergy.org/data/trilemma-index/>
4. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija: *Nacionalinė energetinės nepriklausomybės strategija*. Print: Vilnius, 2012 m. 64 p. ISBN 978-609-95429-0-4
5. EUR-Lex Access to European Union law: *Kyoto Protocol on climate change (Kioto protokolas dėl klimato kaitos)* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m kovo 09 d.]. Prieiga per internetą: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=URISERV:l28060&from=LT>
6. Oficialus statistikos portalas: *Statistinių rodiklių analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: <http://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?id=5841&status=A>
7. Europos Sąjunga: *Energetika* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m kovo 13 d.]. Prieiga per internetą: http://europa.eu/pol/ener/index_lt.htm
8. LITGRID: *Elektros gamybos ir vartojimo balanso duomenys* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m kovo 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.litgrid.eu/>
9. Juozaitis, R., Pasaulinės energetikos tendencijos ir energetinės trilemos svarba. Iš: *Lietuvos energetikos konferencijos* [interaktyvus]. Vilnius, 2014 [žiūrėta 2015 m. balandžio 25 d.]. Prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/events/2014-10-08_Valstybes%20konf/03_RymantasJuozaitisLietuvosEnergetikosKonferencija2014.pdf
10. *Seiben Energy Associates: Energy audits* [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. gegužės 05 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.siebenenergy.com>
11. Grinbergs, Karlis, Sandra Gusta. Energy audit method for industrial plants. *Architecture and Building = statybos ir architektūros*. [interaktyvus]. 2013, p. 350-355 [žiūrėta 2015 m. gegužės 05 d.]. prieiga per internetą: http://llufb.llu.lv/conference/Civil_engineering/2013/partI/Latvia_CivilEngineering2013Vol4PartI_3_50-355.pdf
12. **STR 2.05.01:2013** informacija ir dokumentavimas. *Pastatų energinio naudingumo projektavimas*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2013.
13. *Miesto renovacija: Energetinio naudingumo sertifikavimas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. gegužės 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://miestorenovacija.lt>

14. **STR 2.01.09:2005** informacija ir dokumentavimas. *Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2005.

15. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija: *Šilumos suvartojimo analizė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. kovo 21 d.]. Prieiga per internetą: <http://lsta.lt/lt/pages/apie-silumos-uki/silumos-suvartojimo-analize>

16. **Direktyva: 2012/27/ES**. *Dėl energijos vartojimo efektyvumo, kuria iš dalies keičiamos direktyvos 2009/125/EB ir 2010/30/ES bei kuria panaikinamos direktyvos 2004/8/EB ir 2006/32/EB*. Europos parlamentas ir taryba. 2012. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2012:315:0001:0056:LT:PDF>

17. Martinaitis, V., E. Jaraminienė, D. Biekša. *Daugiabučių namų renovacijos vertinimas atsižvelgiant į trejų metų naudą* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. kovo 30 d.]. Prieiga per internetą: http://www.mla.vgtu.lt/index.php/mla/article/viewFile/mla.2011.093/pdf_1

18. Lietuvos Respublikos Energetikos ministerija, Stonkus, M. *Energijos vartojimo efektyvumo direktyvos 2012/27/ES įgyvendinimas Lietuvoje* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. kovo 23 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.paramaverslui.eu/wp-content/uploads/2015/05/EE-pristatymas-201506015.pdf>

19. *Finansų ministerija: Energijos efektyvumo išankstinio (EX ANTE) vertinimo ataskaita*. [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2015 m. gegužės 30 d.]. Prieiga per internetą: http://www.esinvesticijos.lt/uploads/documents/docs/238_972b1fcee9ec357c544bd0fda98d35f4.pdf

20. Lietuvos respublikos seimas: *Dėl energijos efektyvumo veiksmų plano patvirtinimo pakeitimo, įsakymas* [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2016 m. kovo 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/>

21. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija: *Nacionalinis atsinaujinančių išteklių energijos veiksmų planas* [interaktyvus]. 2010, p. 133 [žiūrėta 2016 m. kovo 25 d.]. prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/Leidiniai/100719_Nac_AEI_veiksmu%20planas.pdf

22. Lietuvos respublikos seimas: *Valstybės paramos daugiabučiams namas atnaujinti (modernizuoti) įstatymas* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016 m. kovo 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/>

23. Armonienė, Rita. 4 veiksmų prioritetas „Energijos efektyvumo ir atsinaujinančių energijos išteklių gamybos ir naudojimo skatinimas“. Ūkio ministerija. [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. sausio 10 d.]. Prieiga per internetą: http://www.esparama.lt/es_parama_pletra/failai/fm/failai/ES_paramos_ateitis/Komisija_2014-2020/4_VP_UM.pdf

24. Kveselis, V. *Energijos vartojimo efektyvumo didinimo stebėsenos sukūrimas* [interaktyvus]. 2008m. p. 142-145. [žiūrėta 2016 m. balandžio 03 d.]. Prieiga per internetą: http://www.ena.lt/doc_atsti/EVED_stebesena.pdf

25. Atnaujink būstą: Atnaujink būstą [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 m. birželio 11 d.]. Prieiga per internetą: <http://atnaujinkbusta.lt/>

26. *Diva: Energy Audit of HiG Examination Building*. [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2015 m. gegužės 29 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.diva-portal.org/>

27. *Lietuvos respublikos seimas: Dėl Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo*. [interaktyvus]. 2008 [žiūrėta 2016 m. sausio 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www3.lrs.lt/>

28. *Teisės aktų registras: Dėl valstybės mastu sutaupyto energijos kiekio skaičiavimo taisyklių patvirtinimo*. [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2015 m. gegužės 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt>

29. *Teisės aktų registras: Dėl efektyvaus energijos išteklių ir energijos vartojimo stebėsenos taisyklių patvirtinimo*. [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2016 m. sausio 02 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.e-tar.lt>

30. **RSN 26 90** informacija ir dokumentavimas. *Vandens vartojimo normos*. Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerija. Vilnius, 1991m.

31. **STR 2.05.01:2005** informacija ir dokumentavimas. *Pastatų atitvarų šiluminė technika*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2005.

32. **STR 2.01.03:2003** informacija ir dokumentavimas. *Statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių deklaruojamosios ir projektinės vertės*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2003.

33. **STR 2.09.04:2002** informacija ir dokumentavimas. *Pastato šildymo sistemos galia energijos sąnaudos šildymui*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2002.

34. **STR 2.09.02:2005** informacija ir dokumentavimas. *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas*. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. Vilnius, 2005.

35. **HN 42:2004** informacija ir dokumentavimas. *Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų mikroklimatas..* Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. Vilnius, 2004.

36. **HN 69:2003** informacija ir dokumentavimas. *Šiluminis komfortas ir pakankama šiluminė aplinka darbo patalpose. Parametrų norminės vertės ir matavimo reikalavimai*. Lietuvos Respublikos sveikatos apsaugos ministerija. Vilnius, 2003.

37. Finansistas: *Grynoji dabartinė vertė* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. kovo 02 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.finansistas.net>

38. New Money-Weighted Return on Illiquid Investments: A Simple Formula to Replace IRR [interaktyvus]. 2016 [žiūrėta 2016 m. kovo 12 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.cfapubs.org/>
39. Martinaitis, V., A. Ragoža, Energetinio efektyvumo vertinimas pastatų atnaujinimo projektuose. Iš: *Kauno technologijos universiteto konferencijos: Šilumos energetika ir technologijos* 2007m. p.18.
40. Aeroc international: *AEROC pasyvus namas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016m. balandžio 8d.] Prieiga per internetą: <http://www.aeroc.lt/>
41. Martinaitis, V., A. Ragiža, G. Šiupšinskas. *Energijos vartojimo auditas*. Print: Vilnius, 2012 75p. UDK 657.6:697.1(075.8)
42. Atnaujink būstą: *Renovacijos projektai* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. kovo 15 d.]. Prieiga per internetą: <http://atnaujinkbusta.lt/>
43. Vilniaus energija: *Šilumos taupymo priemonių efektyvumo palyginimas* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016m kovo 16d.]. Prieiga per internetą: <http://www.vilniaus-energija.lt/>
44. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija: *Šilumos kainos* [interaktyvus]. [žiūrėta 2016 m. Balandžio 10 d.]. prieiga per internetą: <http://www.lsta.lt/>

PRIEDAI

1. Priedas. Skaičiavimo pavyzdys

1.1. Pradiniai duomenys I-osios daugiabučių grupės:

Metiniai energijos poreikiai 1m^2 prieš renovaciją:

$$Q_0 = 420 \text{ kWh}/1\text{m}^2/\text{metus}$$

Metiniai energijos poreikiai 1m^2 po renovacijos:

$$Q_1 = 130 \text{ kWh}/1\text{m}^2/\text{metus}$$

Sutaupyta energijos kiekis:

$$S = Q = Q_0 - Q_1 = 420 - 130 = 290 \text{ kWh}/1\text{m}^2/\text{metus}$$

$$\eta_Q = \frac{Q \cdot 100}{Q_0} = \frac{290 \cdot 100}{420} = 69,05 \%$$

1 lentelė. Pradiniai duomenys.

	Metiniai energijos poreikiai 1m^2 prieš renovaciją, kWh/ 1m^2 /metus	Metiniai energijos poreikiai 1m^2 po renovacijos, kWh/ 1m^2 /metus	Energijos sutaupymai, %
1-oji daugiabučių grupė	420	130,0	69,05

Pradinių investicijų dydis gautas iš surinktų projektų duomenų, juos susisteminius pagal pastatymo metus į tris grupes ir pagal atliekamų darbų skaičių išskaidomos į dar tris grupes, kurioms pritaikomi energijos priemonių taupymo paketai (žr. 2 lentelę).

2 lentelė. Pradinių investicijų dydžiai energijos taupymo priemonių paketams

Taupymo priemonių paketo grupė	I	II	III
Pradinių investicijų dydis, Eur/m^2	43,03	98,72	167,82

Pradinės investicijos žymimos I raidė, su indeksais, kurie atitinka energijos taupymo priemonių paketų eiliškumą.

1.2. Ekonominio efektyvumo rodiklių nustatymas

Visiems skaičiavimams diskonto norma – 6%.

Rinkos kaina – 0,0473 Eur/kWh.

Sutaupyta energijos kaina (vienoda visiems trims energijos taupymo priemonių paketams):

$$S = Q \times \text{rinkos kaina} = 290 \times 0,0473 = 13,72 \text{ Eur}/\text{metus}.$$

Pirmiausia paskaičiuojamas paprastasis atsipirkimo laikas:

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$PAL_I = \frac{I_I}{S} = \frac{43,03}{13,72} = 3,14 \text{ metų};$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$PAL_{II} = \frac{I_{II}}{S} = \frac{98,72}{13,72} = 7,20 \text{ metų};$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$PAL_I = \frac{I_{III}}{S} = \frac{167,82}{13,72} = 12,23 \text{ metų.}$$

Tikrojo atsipirkimo laiko apskaičiavimas:

Planuojami kasmetiniai sutaupymai ΔS laikomi pastovūs sutaupytos energijos metiniai kiekiai S . I_0 – pradinių metų investicijų suma sudaro 15 procentų nuo pradinių investicijų sumos.

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{I0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,06 \times \frac{43,03 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,06)} = 0,49 \text{ metų;}$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{II0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,06 \times \frac{98,72 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,06)} = 1,15 \text{ metų;}$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{III0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,06 \times \frac{167,82 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,06)} = 2,00 \text{ metai.}$$

Sutaupytos energijos kainos (SEK) skaičiavimas:

n – planuojamų įdiegti energijos taupymo priemonių gyvavimo laikas 50 metų;

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_I}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{43,03}{0,290} \times \frac{0,06}{1 - (1 + 0,06)^{-50}} = 9,41 \text{ Eur/MWh;}$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{II}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{98,72}{0,290} \times \frac{0,06}{1 - (1 + 0,06)^{-50}} = 21,60 \text{ Eur/MWh;}$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{III}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{167,82}{0,290} \times \frac{0,06}{1 - (1 + 0,06)^{-50}} = 36,71 \text{ Eur/MWh.}$$

1.3. Finansinių rodiklių nustatymas

Finansiniai rodikliai nustatomi diskontuojant pajamas nuo metų (diskontuojami metai imami kaip energijos taupymo priemonių paketo gyvavimo laikas 50 metų). Pateikiami skaičiavimo duomenys I-ajam energijos taupymo priemonių paketui (žr. 3 lentelę).

3 lentelė. Skaičiavimų lentelė

n - metai	Išlaidos (išlaidos už šilumą), Eur/metus	Pajamos (sutaupytos energijos kaina), Eur/metus	Diskonto koeficientas	DV
0	-49,18	13,72	1,000	-35,46
1	-6,15	13,72	0,943	7,14
2	-6,15	13,72	0,890	6,74
3	-6,15	13,72	0,840	6,36

4	-6,15	13,72	0,792	6,00
5	-6,15	13,72	0,747	5,66
6	-6,15	13,72	0,705	5,34
7	-6,15	13,72	0,665	5,03
8	-6,15	13,72	0,627	4,75
9	-6,15	13,72	0,592	4,48
10	-6,15	13,72	0,558	4,23
11	-6,15	13,72	0,527	3,99
12	-6,15	13,72	0,497	3,76
13	-6,15	13,72	0,469	3,55
14	-6,15	13,72	0,442	3,35
15	-6,15	13,72	0,417	3,16
16	-6,15	13,72	0,394	2,98
17	-6,15	13,72	0,371	2,81
18	-6,15	13,72	0,350	2,65
19	-6,15	13,72	0,331	2,50
20	-6,15	13,72	0,312	2,36
21	-6,15	13,72	0,294	2,23
22	-6,15	13,72	0,278	2,10
23	-6,15	13,72	0,262	1,98
24	-6,15	13,72	0,247	1,87
25	-6,15	13,72	0,233	1,76
26	-6,15	13,72	0,220	1,66
27	-6,15	13,72	0,207	1,57
28	-6,15	13,72	0,196	1,48
29	-6,15	13,72	0,185	1,40
30	-6,15	13,72	0,174	1,32
31	-6,15	13,72	0,164	1,24
32	-6,15	13,72	0,155	1,17
33	-6,15	13,72	0,146	1,11
34	-6,15	13,72	0,138	1,04
35	-6,15	13,72	0,130	0,98
36	-6,15	13,72	0,123	0,93
37	-6,15	13,72	0,116	0,88
38	-6,15	13,72	0,109	0,83
39	-6,15	13,72	0,103	0,78
40	-6,15	13,72	0,097	0,74
41	-6,15	13,72	0,092	0,69
42	-6,15	13,72	0,087	0,65
43	-6,15	13,72	0,082	0,62
44	-6,15	13,72	0,077	0,58
45	-6,15	13,72	0,073	0,55
46	-6,15	13,72	0,069	0,52
47	-6,15	13,72	0,065	0,49

48	-6,15	13,72	0,061	0,46
49	-6,15	13,72	0,058	0,44
50	-6,15	13,72	0,054	0,41

$GDV_I = 10628,18$ Eurai.

Vidinė gražos norma randa naudojantis excel'yje esančia funkcija IRR.

$VGN_I = 16,04\%$.

1.4. Jautrumo analizė

Kadangi jautrumo analizėje atliekamas tyrimas keičiant diskonto normas, tai skaičiavimai bus pateikiami, tik tie, kuriuose yra diskonto koeficientas.

1.) Kai diskonto koeficientas – 3%

- Tikrojo atsipirkimo laiko skaičiavimas:

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{I0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,03 \times \frac{43,03 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,03)} = 0,49 \text{ metų};$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_{II} = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{II0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,03 \times \frac{98,72 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,03)} = 1,15 \text{ metų};$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_{III} = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_{III0}}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,03 \times \frac{167,82 \cdot 0,15}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,03)} = 2,00 \text{ metai.}$$

- Sutaupytos energijos kainos (SEK) skaičiavimas:

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_I}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{43,03}{0,290} \times \frac{0,03}{1 - (1 + 0,03)^{-50}} = 9,41 \text{ Eur/MWh};$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{II}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{98,72}{0,290} \times \frac{0,03}{1 - (1 + 0,03)^{-50}} = 21,60 \text{ Eur/MWh};$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{III}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{167,82}{0,290} \times \frac{0,03}{1 - (1 + 0,03)^{-50}} = 36,71 \text{ Eur/MWh.}$$

2.) Kai diskonto koeficientas – 9%

- Tikrojo atsipirkimo laiko skaičiavimas:

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_I}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,09 \times \frac{43,03}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,09)} = 0,49 \text{ metų};$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_I}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,09 \times \frac{98,72}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,09)} = 1,15 \text{ metų};$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$TAL_I = \frac{-\ln\left(1 - d \times \frac{I_I}{\Delta S}\right)}{\ln(1 + d)} = \frac{-\ln\left(1 - 0,09 \times \frac{167,82}{13,72}\right)}{\ln(1 + 0,03)} = 2,00 \text{ metai.}$$

• Sutaupytos energijos kainos (SEK) skaičiavimas:

1) I-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_I}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{43,03}{0,290} \times \frac{0,09}{1 - (1 + 0,09)^{-50}} = 9,41 \text{ Eur/MWh};$$

2) II-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{II}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{98,72}{0,290} \times \frac{0,09}{1 - (1 + 0,09)^{-50}} = 21,60 \text{ Eur/MWh};$$

3) III-ojo energijos taupymo priemonių paketo:

$$SEK = \frac{I_{III}}{Q_S} \times \frac{d}{1 - (1 + d)^{-n}} = \frac{167,82}{0,290} \times \frac{0,09}{1 - (1 + 0,09)^{-50}} = 36,71 \text{ Eur/MWh.}$$