



**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**

**Raimondas Simonaitis**

**DAUGIABUČIO NAMO, BUTO ŠILUMOS NUOSTOLIŲ  
TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

**Vadovas**

Doc. dr. Jonas Bareišis

**PANEVĖŽYS, 2016**

**KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS**  
**PANEVĖŽIO TECHNOLOGIJŲ IR VERSLO FAKULTETAS**  
**TECHNOLOGIJŲ KATEDRA**

TVIRTINU

Katedros vedėjas

(parašas) Doc. dr. Arūnas Tautkus

(data)

**DAUGIABUČIO NAMO, BUTO ŠILUMOS NUOSTOLIŲ**  
**TYRIMAS**

Baigiamasis magistro projektas

Studijų programos pavadinimas (Statyba 621J80001)

**Vadovas**

(parašas) Doc. dr. Jonas Bareišis

(data)

**Recenzentas**

(parašas) Doc. dr. Žilvinas Bazaras

(data)

**Projektą atliko**

(parašas) Raimondas Simonaitis

(data)

**Panevėžys, 2016**

## TURINYS

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS .....	1
LENTELIŲ SĄRAŠAS .....	2
TERMINAI IR APIBRĖŽTYS .....	3
ĮVADAS .....	4
1. LITERATŪROS APŽVALGA .....	5
1.1. Baigiamojo darbo temos aktualumas .....	5
1.2. Energijos sunaudojimas .....	5
1.3. Pastato patalpų temperatūros ribos .....	6
1.4. Lietuvos klimatas .....	7
1.5. Šildymo sezono pradžia ir pabaiga .....	8
1.6. Atitvarų šilumos perdavimo rodikliai .....	9
1.7. Termoizoliacinės medžiagos .....	9
1.7.1. Mineralinė vata .....	10
1.7.2. Putų poliuretanas (termolitas) .....	11
1.7.3. Polistireno putplastis (neoporas) .....	12
1.7.4. Baltasis polistireno putplastis .....	14
2. TYRIMŲ METODIKA .....	15
2.1. Termoizoliacinės medžiagos .....	15
2.2. Šilumos nuostolių per atitvarus skaičiavimas .....	15
2.3. Šilumos srautas $Q_v$ [W] ir nuostoliai vėdinimui $H_v$ [kWh] .....	17
2.4. Patalpos šilumos pralaidumas $H$ [W/K] ir jos šilumos nuostoliai $Q$ [kWh] .....	17
3. EKSPERIMENTĖ DALIS .....	19
3.1. Tyrimo objektas ir naudotos termoizoliacinės medžiagos .....	19
3.2. Termoizoliacinių medžiagų įtaka .....	22
3.3. Šilumos nuostolių per sienas tyrimas .....	25
3.4. Šilumos nuostoliai susiję su vėdinimu $Q_v$ [W] .....	32
3.5. Bendri perdavimo ir vėdinimo šilumos nuostoliai .....	34
3.6. Pastato vizualiniai pasikeitimai .....	39
IŠVADOS .....	41
LITERATŪRA .....	42
PRIEDAI .....	44

## PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

<b>1.1 pav.</b> Mineralinė vata.....	10
<b>1.2 pav.</b> Apšiltinimas putu poliuretanu (termolitas) .....	11
<b>1.3 pav.</b> Polistireno putplastis (neoporas) .....	12
<b>1.4 pav.</b> Baltasis polistireno putplastis .....	14
<b>3.1 pav.</b> Nagrinėjamo gyvenamojo namo vieno aukšto planas.....	19
<b>3.2 pav.</b> Buto planas su patalpų numeracija ir kvadratūra. ....	20
<b>3.3 pav.</b> Buto planas su patalpų numeracija ir tūriai.....	20
<b>3.4 pav.</b> Nerenovuoto ir renovuoto namo išorės sienos pjūvis .....	21
<b>3.5 pav.</b> Sienos (R) kitimo priklausomybės nuo termoizoliacinės medžiagos (d).....	24
<b>3.6 pav.</b> Šiluminės (R) kitimo priklausomybės nuo šiluminio ( $\lambda$ ), esant skirtingiems d(m). ....	25
<b>3.7 pav.</b> $\Delta T$ – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas ( $T_2 - T_1$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ] .....	26
<b>3.8 pav.</b> Nerenovuoto namo šilumos perdavimo srauto nuostoliai $Q_k$ (W).....	27
<b>3.9 pav.</b> Renovuoto namo šilumos perdavimo srauto nuostoliai $Q_k$ (W).....	28
<b>3.10 pav.</b> Dviejų namų palyginimai mėn., šilumos perdavimo srauto nuostoliai $Q_k$ (W) .....	28
<b>3.11 pav.</b> Nerenovuoto ir renovuoto viso buto viso šildymo sezono vidurkio $Q_k$ (W).....	29
<b>3.12 pav.</b> Nerenovuoto ir renovuoto viso buto palyginimai šildymo sezono $Q_k$ (W).....	29
<b>3.13 pav.</b> Patalpos šilumos nuostoliai (nerenuvoto) Q [kWh] .....	30
<b>3.14 pav.</b> Patalpos šilumos nuostoliai (renovuoto) Q [kWh] .....	31
<b>3.15 pav.</b> Patalpos šilumos nuostoliai per visą šildymo sezoną Q [kWh] .....	31
<b>3.16 pav.</b> Buto šilumos srautas vėdinimui $Q_v$ [W] .....	32
<b>3.17 pav.</b> Vėdinimo šilumos nuostoliai $H_v$ [kWh] .....	33
<b>3.18 pav.</b> Buto šilumos perdavimo $Q_k$ [W] ir vėdinimo $Q_v$ [W] nuostolių suma (nerenuvoto).....	34
<b>3.19 pav.</b> Buto šilumos perdavimo $Q_k$ [W] ir vėdinimo $Q_v$ [W] nuostolių suma (renovuoto).....	35
<b>3.20 pav.</b> $Q_k$ [W] ir $Q_v$ [W] skirtumai tarp nerenovuoto ir renovuoto pastato per šildymo sezoną ..	35
<b>3.21 pav.</b> Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo $H_v$ [kWh] nuostolių suma (nereno.) .....	37
<b>3.22 pav.</b> Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo $H_v$ [kWh] nuostolių suma (renovuoto)...	38
<b>3.23 pav.</b> Q[kWh] ir $H_v$ [kWh] nuostolių skirtumai pastatų, per šildymo sezoną .....	39
<b>3.24 pav.</b> Nerenovuoto namo fasadas .....	40
<b>3.25 pav.</b> Renovuoto namo fasadas.....	40

## LENTELIŲ SARAŠAS

<b>1.1 lentelė.</b> Gyvenamųjų patalpų temperatūrų ribinės vertės šaltuoju metų laikotarpiu.....	6
<b>1.2 lentelė.</b> Lietuvos klimatą apibūdinanti temperatūra.....	7
<b>1.3 lentelė.</b> Metinė išorės oro temperatūra, vidutinė šildymo sezono ir jo išorės oro temperatūra.....	8
<b>1.4 lentelė.</b> Sienos U reikalavimai.....	9
<b>3.1 lentelė.</b> Buto eksplikacija.....	19
<b>3.2 lentelė.</b> Naudojamos termoizoliacinės medžiagos ir jų šiluminio laidumo koeficientas.....	21
<b>3.3 lentelė.</b> Sienos sluoksnių storiai ir naudojamos medžiagos.....	22
<b>3.4 lentelė.</b> Vidutinė temperatūra Panevėžyje per 10m. T1[°C].....	22
<b>3.5 lentelė.</b> Termoizoliacinių medžiagų ( $\lambda$ ) šiluminės varžos (R), esant skirtingiems storiams.....	23
<b>3.6 lentelė.</b> 100m <sup>2</sup> sienų šilumos nuostoliai, įvairių termoizoliacinių medžiagų ir skirtingiems (d) 24	
<b>3.7 lentelė.</b> Pastato sienų bendrieji šilumos energijos nuostoliai.....	25
<b>3.8 lentelė.</b> $\Delta T$ – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas (T <sub>2</sub> - T <sub>1</sub> ) [°C]......	26
<b>3.9 lentelė.</b> Šilumos perdavimo koeficientai (U), W/m <sup>2</sup> K.....	26
<b>3.10 lentelė.</b> Šilumos perdavimo srautas (nerenuoto) Q <sub>k</sub> [W].....	27
<b>3.11 lentelė.</b> Šilumos perdavimo srautas (renovuoto) Q <sub>k</sub> [W].....	27
<b>3.12 lentelė.</b> Šilumos perdavimo srautas vidurkis viso šildymo sezono Q <sub>k</sub> [W].....	29
<b>3.13 lentelė.</b> Patalpos šilumos nuostoliai (nerenuoto) Q [kWh].....	30
<b>3.14 lentelė.</b> Patalpos šilumos nuostoliai (renovuoto) Q [kWh].....	31
<b>3.15 lentelė.</b> Patalpų oro apykaitai koeficientas n[1/h].....	32
<b>3.16 lentelė.</b> Buto šilumos srautas vėdinimui Q <sub>v</sub> [W].....	32
<b>3.17 lentelė.</b> Vėdinimo šilumos nuostoliai H <sub>v</sub> [kWh].....	33
<b>3.18 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q <sub>k</sub> [W] ir vėdinimo Q <sub>v</sub> [W] nuostolių suma (nerenuoto). 34	
<b>3.19 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q <sub>k</sub> [W] ir vėdinimo Q <sub>v</sub> [W] nuostolių suma (renovuoto).....	34
<b>3.20 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q <sub>k</sub> [W] ir vėdinimo Q <sub>v</sub> [W] nuostolių sumų skirtumai.....	35
<b>3.21 lentelė.</b> Nerenovuoto buto šilumos pralaidumo duomenys.....	36
<b>3.22 lentelė.</b> Renovuoto buto šilumos pralaidumo duomenys.....	36
<b>3.23 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H <sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (nereno). ..	37
<b>3.24 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H <sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (reno.).....	38
<b>3.25 lentelė.</b> Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H <sub>v</sub> [kWh] nuostolių sumų skirtumai..	38

## TERMINAI IR APIBRĖŽTYS

**Šilumnešiu** – šilumos tiekimui naudojama vanduo, tik jis nėra savaime šiluma.

**Temperatūrų ribinės vertės** – tai buto ar patalpų temperatūros normos, padedantis palaikyti reikalingą komforto lygį.

**Šildymo sezonas** – dažniausiai jis prasideda spalio mėnesi ir baigiasi balandžio mėnesi (jis pradedamas, kai tris paras iš eilės vidutinė lauko oro temperatūra yra žemesnė už +10 °C, ir baigiamas, kai ši temperatūra tris paras iš eilės yra aukštesnė už +10 °C).

**Atitvarai** – pastato išoriniai ir vidiniai konstrukciniai elementus, skirti atitverti pastato vidų nuo išorės arba vienas patalpas nuo kitų.

**Šilumos perdavimo koeficientas U** – šilumos srautas (W-vatais), perduodamas per atitvaros 1m<sup>2</sup>, padalintas iš temperatūrų skirtumo abiejose atitvaros (sienos, stogo, lango arba durų) pusėse.

**Šiluminis laidumas λ** – medžiagos savybė praleisti šilumą. Kuo mažesnė λ vertė, tuo geresnėmis izoliacinėmis savybėmis pasižymi medžiaga.

**Šilumos poreikis šildymui Q** – per atitinkamą laikotarpį pastatui arba patalpai šildyti reikalingas šilumos kiekis kWh.

**Šildomoji erdvė** – erdvė arba patalpa, kurioje yra palaikoma nustatytoji temperatūra.

**Šildomasis plotas** – visų šildomų pastato patalpų grindų plotų suma.

**Gyvenamųjų namų mikroklimatas** – patalpos oro temperatūros, temperatūros skirtumo, santykinės oro drėgmės, oro judėjimo greičio derinys.

**Daugiabutis namas** – trijų ir daugiau butų gyvenamasis namas.

**Kambarys** – patalpos, apribotos perdangomis ir sienomis. Atitinkančios gyvenamųjų patalpų nustatytoms higienos normoms. Kambariams priskiriama: miegamieji, svetainės, valgomieji, virtuvės, gyvenamieji kambariai ir kiti gyventi tinkami patalpos.

## IVADAS

Statistikos departamento duomenimis, Lietuvoje yra apie 37 tūkst. daugiabučių namų. 35 tūkst. daugiabučių pastatyta pagal leidimus išduotus iki 1993 metų. 80% daugiabučių teikiama centralizuotas šilumos energija. 2005–2005m. pagal Vyriausybės patvirtintą daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programą renovuota 500 namų. Gyventojai nuo 2013 m. pradžios yra pritarę 885 daugiabučių namų renovacijai [4].

Daugiabučio gyvenamo namo renovacijos nauda: iki 30% padidėja turto vertė, pagerėja pastato išvaizda, iki 30 m. pailgėja pastato eksploatavimo laikas, 80 % sumažinamos priežiūros išlaidos, beveik perpus sumažinamos šilumos išlaidos, pagerėja gyvenimo kokybė (buto vidaus temperatūra pakyla nuo +18C° iki +21C°) [5].

Išlaidos už šilumos energiją sudaro iki 80% išlaidų, skirtų viso būsto energijai [6]. Racionaliai naudojant šilumos energiją, sumažinamos išlaidas šildymui. Kai tarp pastato išorės ir vidaus susidaro temperatūrų skirtumas, šilumos energija iš šiltesnės aplinkos teka į vėsesnę. Daugiabučiuose gyvenamuosiuose namuose, tai vyksta per stogus (iki 7%), sienas (-24%), grindis (-24%), duris ir langus (33%), vėdinimo angas (iki 31%) [7]. Šiems šilumos nuostoliams kompensuoti, reikalinga papildoma šilumos energija.

Prarandamos šilumos energijos kiekis priklauso nuo daugelio veiksnių: naudojamų medžiagų šiluminės varžos, jų sluoksnio storio, atliktų darbų kokybės, jei medžiaga įgerianti vandenį, tai jos apsauga nuo vandens.

Norint suskaičiuoti pastato energinius nuostolius, reikia žinoti pastato konstrukcijas, statybinių medžiagų ir gaminių šiluminių techninių dydžių projektinės vertes.

Kadangi vienu iš svarbių šilumos nuostolius generuojančių elementų yra sienos, nutarėme panagrinėti kaip keičiasi sienų šiluminė varža, suvartotos energijos kiekis, kuris lemia sąskaitos dydį už šilumos energiją.

**Darbo tikslas** – konkrečiais skaičiavimais parodyti kiek kartų galima sumažinti šilumos nuostolius, apšiltinant daugiabučio namo sienas, kokią įtaką turi medžiagos šiluminė varža, termoizoliacinės medžiagos sluoksnio storis.

### **Pagrindiniai darbo uždaviniai:**

- Parinkti optimalią šiltinimo medžiagą;
- Nustatyti termoizoliacinių medžiagų šiluminės varžos (R) pokytį, esant skirtingiems storiams;
- Nustatyti nerenovuoto ir renovuoto pastato 100 m<sup>2</sup> sienų šilumos nuostolius;
- Nustatyti daugiabučio buto šilumos poreikius šildymui ir vėdinimui;
- Palyginti gautus rezultatus ir pateikti išvadas.

# 1. LITERATŪROS APŽVALGA

## 1.1. Baigiamojo darbo temos aktualumas

Lietuvai yra labai svarbu centralizuotas busto šildymas, nes centrinis gyvenamųjų namų šildymas sudaro apie 50 % [1]. Nuo tai priklauso, gyventojų biudžeto išlaidos.

Šiluma, tai ne medžiaga, o yra energija. Net ir labai sandarioje talpykloje neįmanoma išsaugoti jos, neprarandant tam tikro šilumos kiekio. Kur bebūtų šiluma, jos kryptis bus ten, kur temperatūra žemesnė. Šildant pastatus, šiluma sklinda per atitvarus ir patalpas. Saulės šiluma, sklinda spinduliavimo būdu. Tokiai šilumai nereikia nei vamzdžių, nei laidų ar dar kokių nors priemonių.

Dažniausiai šilumos tiekimui naudojamas vanduo, tik jis nėra savaime šiluma. Šis vanduo dar vadinamas šilumos nešėju. Nors ir nebus prarasta nė lašo šio vandens (aukštos temperatūros skysčio, garų ar dujų), vis tiek neišeis išsaugoti visos tos šilumos, kurią jis atnešė. Patalpoje gali nebūti jokio šilumos šaltinio, bet ji gali sušilti nuo aplink supančios aukštesnės oro temperatūros patalpos. Šiluma sklinda nesvarbu kokiam tai būtų medžiaga. Šis intensyvumas priklauso nuo temperatūros skirtumo ir medžiagos laidumo savybių [1].

## 1.2. Energijos sunaudojimas

Tiekiamą į pastatą šilumą yra skirta padengti šilumos nuostoliams pastate ir padeda palaikyti reikalingą komforto lygį patalpose. Bet kuriame pastate šilumos nuostoliai priklauso nuo šių dalykų[2]:

- išorės klimatinių sąlygų;
- pastato išorinių sienų statybinių medžiagų ir jų matmenų;
- reikalavimų ventiliacijai;
- gyventojų (darbuotojų) skaičiaus;
- aplinkos komforto sąlygų.

Įvertinus šiuos faktorius, pagrindinė priemonė, sumažinti šilumos nuostolius, yra patalpų temperatūra, kurią reikia nustatyti atsižvelgiant į nustatytas komforto sąlygas.

Dalis šilumos nuostolių kompensuojama vidiniais šilumos šaltiniais tokiais kaip orkaitės, televizoriai, apšvietimas ir t.t. Sunaudota pastate energija susideda iš dedamosios, skirtos padengti nekompensuotus šilumos nuostolius ir dedamosios, reikalingos padengti neefektyvius šilumos perdavimo nuostolius.

Energijos suvartojimo metodai, panaudojant įrenginių technines galimybes [1]:

- a) Šilumos nuostolių apribojimas palaikant pastovią temperatūrą tol, kol patalpose yra žmonių:



- temperatūros sumažinimas naktį, kai patalpose nėra žmonių;
  - „atliekinės energijos“ ar vidinių energijos šaltinių panaudojimas;
- b) Paskirstymo efektyvumas padidinamas:
- jei šilumnešio srautas yra per mažas, nėra galimybės pasiekti komforto sąlygas;
  - jei šilumnešio srautas yra per didelis, mažos apkrovos negali būti efektyviai valdomos ir todėl srautas viršijimas kitose pastato dalyse;
  - vandens temperatūros optimizavimas pagal komforto sąlygas ir šilumos nuostolius.

Imantis įgyvendinti šias priemones, reikia įvertinti ir vartotojo elgesį, kuris kartais gali norėti perkaitinti ar per daug išvėdinti savo patalpas, ypač tada, kai jo veiksmai tiesiogiai neatsiliepia jo sąskaitai už šildymą. [2]

### 1.3. Pastato patalpų temperatūros ribos

Tiekiami į pastatą šiluma yra skirta padėti šilumos nuostoliams pastate ir padeda palaikyti reikalingą komforto lygį patalpose.

**1.1 lentelė.** Gyvenamųjų patalpų temperatūrų ribinės vertės šaltuoju metų laikotarpiu [8]

Eil. Nr.	Patalpos	Temperatūrų ribinės vertės, (C°)
1.	Buto pagalbinės	
1.1.	Koridoriai ir sandėliukai	18–21
1.2.	Drabužinės	18–20
1.3.	Vonios ir tualetai	20–23
2.	Gyvenamųjų pastatų bendrojo naudojimo	
2.1.	Laiptinės, koridoriai, holai, vestibuliai	14–16
2.2.	Bendros virtuvės	18–22
2.3.	Tualetai, prausyklos, dušai, vonios kambariai	20–23
2.4.	Rūšiai ir sandėliai	4–8
2.5.	Darbo ir poilsio kambariai	18–22
2.6.	Skalbyklos	18–22
2.7.	Džiovyklos	20–23

## 1.4. Lietuvos klimatas

Lietuva yra vėsiojo vidutinio klimato zonoje su vidutinio šaltumo vasaromis bei vidutinio šaltumo žiemomis. Vidutinė liepos mėnesio temperatūra yra apie 17°C šilumos, žiemą – apie 5°C šalčio. Skirtumas tarp temperatūrų vidurkio yra apie 20°C. Lietuvoje buvo gana karštų vasarų, kai oras sušildavo iki 30°C ar 35°C, ir gana šaltų žiemų, kai oras atšaldavo iki -20°C, o naktimis net iki -30°C. Pajūryje ne taip šalta, čia vidutinė oro temperatūra žiemą būna apie -2°C. Dažnai žiemą veikia Atlanto ciklonai, jie atneša sniegą, šlapdriabą ir šiltesnį orą, užkloja storesnę sniego dangą. Kartais iš rytų ir šiaurės ateina anticiklonai, kurie atneša šaltus ir saulėtus orus. Oro temperatūra tuomet dienomis būna nuo -7°C iki -11°C, o naktimis atšąla iki -20°C, -30°C ar net iki -35°C. 1.2 lentelėje parodytos vidutinės 1961–1990 metų vidutinė temperatūra. [1]

**1.2 lentelė.** Lietuvos klimatą apibūdinanti temperatūra [1]

	Mėnuo	Vidutinė	Lietuvos temperatūrų rekordai (C°)	Karščio rekordai	Šalčio rekordai
	Vidutinė daugiametė temperatūra Lietuvoje (C°)	Sausis		-0,5	
Vasaris		-4,6		+16,5 (1990)	-42,9 (1956)
Kovas		-0,6		+21,8 (1968)	-37,5 (1964)
Balandis		5,4		+28,8 (1950)	-23 (1963)
Gegužė		12,0		+34 (1892)	-6,8 (1965)
Birželis		15,2		+35 (1885)	-2,8 (1977)
Liepa		16,6		+37,5 (1994)	+0,9 (1971)
Rugpjūtis		16,0		+36 (1992)	-2,9 (1966)
Rugsėjis		11,8		+32 (1992)	-6,3 (1993)
Spalis		7,2		+26 (1985)	-19,5 (1956)
Lapkritis		2,0		+18 (1968)	-23 (1998)
Gruodis		-2,4		+15,6 (1982)	-34 (1969)

1.2 lentelėje pateikti ir Lietuvos temperatūrų rekordai. Iš jos matyti, kad būdami vidutiniškai vėsioje klimato zonoje kartais sulaukiame gana atšiaurių oro sąlygų. Nepaisant to, šildymo sistemos turi būti pasirengusios patalpose sudaryti priimtinas sąlygas, palaikyti reikiamą temperatūrą. Tad šildymo įrenginių galia turi būti parenkama atsižvelgiant į vadinamąją skaičiuotiną lauko temperatūrą. Taip vadinama ilgalaikių temperatūros stebėjimų šalčiausio penkiadienio vidutinė temperatūra. Vilniuje ji lygi -23 °C, Kaune -22 °C, Klaipėdoje -20 °C. [1]

Pastato architektūriniais, bei technologiniais sprendimais. Vietovės klimato sąlygomis, bei vartotojų elgsena suformuojamus energijos ir gryno oro poreikius patalpų šiluminiam komfortui. Geram mikroklimatui užtikrinti padeda pastatų šildymo, vėdinimo ir vėsavimo sistemos. Šildymui sunaudotos šilumos kiekis proporcingas šildymo sezono trukmei bei vidutinei lauko temperatūrai.

Skaitiniai šių rodiklių duomenys pagal daugiamečius stebėjimus pateikiami 1.3 lentelėje. Šiuos rodiklius atitinkančios sąlygos šildymo technikoje vadinamos norminėmis sąlygomis.

**1.3 lentelė.** Metinė išorės oro temperatūra, vidutinė šildymo sezono ir jo išorės oro temperatūra [1]

Vietovė	Šildymo sezono pradžia - pabaiga <10(C°)		Metinė vidaus temperatūra (C°)
	Vidutinė temperatūra, (C°)	Trukmė paromis, (d)	
Šiauliai	-1,2	222	6
Panevėžys	-1,4	212	5,6
Klaipėda	0,1	214	7
Dūkštas	-2,1	223	5,5
Raseiniai	-1,3	225	5,9
Kaunas	-1,1	219	6,3
Vilnius	-1,6	225	6,7
Kybartai	-0,8	213	6,7
Lazdijai	-1,7	219	6,2

Kiekvieną šildymo sezoną šie rodikliai būna daugiau ar mažiau skirtingi, o tam pačiam pastatui skirtingais metais, priklausomai nuo to, ar jie buvo šilti, ar šalti, šilumos sąnaudos skiriasi. Projektiniai, inžineriniai skaičiavimai, priimamų sprendimų vertinimai, susiję su pastatų šilumos poreikiais, atliekami pagal normines sąlygas. [1]

### 1.5. Šildymo sezono pradžia ir pabaiga

Šildymo sezono pradžią ir pabaigą, atsižvelgdama į faktines lauko oro temperatūras, nustato savivaldybės institucija.

Šildymo sezoną galima pradėti, kai tris paras iš eilės vidutinė lauko oro temperatūra yra žemesnė už +10 °C, ir baigti, kai ši temperatūra tris paras iš eilės yra aukštesnė už +10 °C. [8]

Savivaldybės institucijos patvirtintuose sąrašuose numatytų įstaigų pastatų (vaikų darželių, lopšelių, mokymosi įstaigų, ligoninių ir pan.) šildymo sezono pradžia ir pabaiga nustatoma savivaldybės institucijos sprendimu.

Šilumos vartotojai turi teisę patys nuspręsti dėl savo pastatų šildymo pradžios ir pabaigos, nepažeidžiant teisės aktuose nustatytų higienos normų.

Jeigu šilumos vartotojai, išskyrus savivaldybės institucijos patvirtintuose sąrašuose numatytas įstaigas, nusprendė anksčiau pradėti arba vėliau baigti savo pastatų šildymą kitu laiku negu savivaldybės institucijos nustatyta šildymo sezono pradžia ar pabaiga, jie apie savo sprendimą

praneša šilumos tiekėjui, o šis ne vėliau kaip per 2 darbo dienas duoda leidimą pastato savininkui arba šildymo ir karšto vandens sistemos prižiūrėtojai sprendimą įgyvendinti arba, jeigu dėl objektyvių priežasčių nėra techninių galimybių, pateikia motyvuotą atsisakymą leisti pradėti pastato šildymą. [10]

Pradėjus pastato šildymą ar atnaujinus jį po remonto, kai buvo išleistas šilumnešio vanduo, daugiabučių namų viršutinių aukštų gyventojai turi norinti šildymo sistemą, atsukdami nuorinimo ventilius prie kiekvieno šilumos įrenginio, arba leisti tai atlikti šildymo sistemų prižiūrėtojai. [10]

## 1.6. Atitvarų šilumos perdavimo rodikliai

Pastato grindys, sienos, lubos, stogas ir t.t. vadinamos atitvaromis. Visos šios atitvoros turi savo šilumines savybes. Šis rodiklis vadinamas atitvaro šilumos perdavimo koeficientu (U). U paprastai matuojamas  $W/(m^2K)$ .

1.4 lentelė. Sienos U reikalavimai [11]

	B ir C klasės pastatai		A klasės pastatai	
	Sienos U vertė $W/(m^2K)$	Sienos šilumos izoliacijos storis (mm)	Sienos U vertė $W/(m^2K)$	Sienos šilumos izoliacijos storis (mm)
Nuo 2014-2016 metų	0,2	150-200	neprivaloma	neprivaloma
Nuo 2016-2018 metų	Nauja statyba negalima	Nauja statyba negalima	0,12	300-350

## 1.7. Termoizoliacinės medžiagos

Kiekvieną kūną ar kūnų sistemą sudaro daugybė dalelių (atomų, molekulių ir kt.), kurios dalyvauja netvarkingame šiluminiame judėjime ir nuolat sąveikauja viena su kita. Visų šių dalelių pilnutinė energija, veikiama netvarkingo jų judėjimo ir tarpusavio sąveikos, vadinama kūno vidine energija. Ją sudaro atomų ir molekulių slenkamojo judėjimo, jų virpesių, atomų, molekulių tarpusavio sąveikos potencinė energija, potencinė, kinetinė elektronų, branduolinė energija.

Tarpusavyje sąveikaudami kūnai gali keistis ir mechanine, ir vidine energija. Šiluma vadinama sklindanti vidinė energija, t.y. vidinės energijos dalis, kuri pereina iš vieno kūno į kitą arba iš vienos kūno vietos į kitą. Fiziniu požiūriu negalima sakyti, kad įkaitęs kūnas turi daug šilumos. Jis turi daug vidinės energijos, bet šaltesniam kūnui gali perduoti šilumą. [3]

### 1.7.1. Mineralinė vata



**1.1 pav.** Mineralinė vata

TP mineralinės vatos plokštės skirtos naudoti vėdinamo fasado konstrukcijos, lengvų konstrukcijų sienų plakiravimo (segmentinių sienų) šilumos ir garso izoliavimui bei išorinių sienų izoliacijai, įrengiamai sienų vidinėje pusėje. [12]

Montuojant ant vėdinamų fasadų, plokštes patartina aptraukti atsparia vėjui membrana, kad izoliacijos negairintų vėjai. Išorinių sienų izoliacijos sistemose vandens garų užtvaro membrana turi būti montuojama į patalpos vidų nukreiptoje pusėje, kad potinkliniame sluoksnyje nesikondensuotų drėgmė. Montuojant ant metalo segmentinių sienų, vandens garų užtvaro funkciją atlieka sienos vidinis metalo plakiravimas. Plokštes taip pat galima kloti horizontaliose konstrukcijose (pvz., ant surenkamųjų perdangų medinių grindų, sutvirtinimo rėmų arba lengvų rėmų konstrukcijose) kaip šilumos ir garso izoliaciją, montuojant jas tarp grindų sijų (ilginių). Klojant ant grindų, esančių virš patalpų su dideliu vandens garų slėgiu (pvz., patalpose, kuriose aukšta temperatūra arba didelis santykinės drėgmės skirtumas), siekiant apsaugoti izoliaciją nuo nuolatinio drėgmės poveikio, patartina įrengti vandens garų užtvaro membraną. [13]

Pranašumai [14]

- labai geros šilumos ir triukšmo izoliavimo savybės
- labai atsparus ugniai
- labai gerai išlaiko formą
- nesudėtinga ir patogiu montuoti
- visa plokštė padengta stipresnio poveikio hidrofobiniu tirpalu

Pagal ECOSE technologiją pagaminta natūrali mineralinė vata – tai naujos kartos medžiaga. Novatoriška mineralinė vata „Knauf Insulation“ įmonėje gaminama iš gamtinių ir (arba) antrinių žaliavų taikant natūralių sudedamųjų dalių pagrindu iš gautų skaidulų ir pluoštų sujungimo biotechnologiją. Šios mineralinės vatos sudėtyje nėra formaldehido, fenolio ir akrilo, ir ji nedažoma ir nešviesinama. Dėl taikomos novatoriškos rišamųjų medžiagų technologijos, naujoji „Knauf

Insulation“ įmonėje pagal ECOSE technologiją gaminama mineralinė vata yra natūralios rudos spalvos - be jokių cheminių dažiklių. Privalumai: [14]

- palietus minkšta
- mažiau dulkanti
- bekvapė
- lengvai pjaustoma

Kokybė „Knauf Insulation“ izoliacinių medžiagų gamykla taiko kompleksinę kokybės valdymo sistemą sertifikuotą pagal ISO 9001:2008, EN ISO 14001:2004 ir OHSAS 18001:2007 standartus. Šių plokščių gamybos metu emisijų normos, kurias matuoja ir stebi „Knauf“ kokybės skyrius, nėra viršijamos. [15]

### ***1.7.2. Putų poliuretanas (termolitas)***



**1.2 pav.** Apšiltinimas putu poliuretanu (termolitas)

Putų poliuretanas – tai šiuolaikinė uždaros arba atviros ląstelinės struktūros termoizoliacinė medžiaga. Išskirtinės putų poliuretano savybės: lengvumas, stiprumas, mažas šilumos ir drėgmės laidumas, atsparumas mikroorganizmams, puvimui, puvenoms, temperatūros svyravimams, padaro šią medžiagą universalią. [17]

Izoliacinę medžiagų termolitas, galima panaudoti atliekant visus gyvenamojo namo šiltinimo ir izoliavimo išorės ir vidaus darbus (stogui, luboms, sienoms, grindims, pamatams, terasoms).

Purškiamų putų izoliacija termolitas formuoja monolitinę šilumos izoliacijos ir hidroizoliacijos dangą. Ši danga leidžia dengti paviršius besiūliu šilumos izoliacijos bei hidroizoliacijos sluoksniu, kuris tvirtai sukimba su bet kurios statybinės medžiagos paviršiumi net sunkiausiai prieinamose vietose arba ten, kur neįmanoma naudoti kitų šilumos izoliacinių medžiagų. Kadangi dviejų komponentų putų poliuretano šiluminės izoliacijos padengimas leidžia dengti paviršius įvairaus storio

besiūliais šiluminės izoliacijos sluoksniais, mes galime savo klientams pasiūlyti įvairaus efektyvumo šiltinimo sprendimų ir užtikrinti optimalią patalpų šiluminę varžą.

Per dieną yra apšiltinama apytikriai iki 300 m<sup>2</sup> ploto, suformuojamas visas dangos storis. Vienu purškimu yra suformuojamas 2–3 cm storio PUR sluoksnis (jei reikia apšiltinti sieną, pavyzdžiui, 5 cm storio izoliacija, ji bus suformuojama per 2 purškimus, kiekvienas po 2,5 cm). [16]

Uždarų porų putų struktūra užtikrina nelaidumą vandeniui (todėl šiltinant fasadą iš išorės nebūtina priešvėjinė plėvelė), tačiau ji yra iš dalies laidi vandens garams, susidariusiems pastato viduje (todėl šiltinant pastatą iš vidaus nebūtina garo izoliacija). Šilumos laidumo koeficientas yra vienas mažiausių, lyginant su kitomis šiuolaikinėmis termoizoliacinėmis medžiagomis, –  $\lambda=0,022-0,030\text{W/mK}$ . Besiūlė technologija užtikrina, kad pastatas bus apšiltintas vientisa besiūle danga ir nesusidarys šilumos tiltų. [16]

- Iki 70 % sumažinsite šilumos energijos sunaudojimo išlaidas;
- Likviduosite šilumos nutekėjimą pastatų elementų sujungimuose – nuo cokolio iki stogo;
- Sumažinsite sienų storį, reikės mažiau radiatorių bei mažesnio galingumo katilo;
- Pašalinsite kondensaciją sienose, apsaugosite savo patalpas nuo grybelio ir pelėsio;
- Prailginsite pastato gyvavimo laiką ir padidinsite savo turto vertę;
- Padidinsite garso izoliaciją, tai ypač aktualu arti kelių esantiems pastatams;
- Pašalinsite mažų įtrūkimų sienose atsiradimo galimybę, nes pastato elementai bus vienodos temperatūros.

### ***1.7.3. Polistireno putplastis (neoporas)***



**1.3 pav.** Polistireno putplastis (neoporas)

Neoporas yra naujos kartos polistireninis putplastis, skirtas pilkšvos spalvos izoliacinėms polistireninio putplasčio medžiagoms gaminti. Ši medžiaga buvo sukurta “BASF” tyrimų laboratorijoje. Ją sukūrusiai mokslininkų grupei 2001 metais buvo paskirta “BASF” inovacinė premija. [18]

”BASF” pagamintos plėtiklio prisotintos juodos spalvos granulės perdirbamos į pilkšvos spalvos polistireninio putplasčio medžiagą, kuriai pirmiausia žemesniųjų tankių zonoje būdingos iš

esmės geresnės termoizoliacinės savybės negu iki šiol taikytų EPS izoliacinių medžiagų. Tai reiškia, kad tas pats izoliacinis efektas pasiekiamas sunaudojant aiškiai mažiau žaliavos ar esant mažesniai izoliacinės medžiagos storii. [18]

Putų medžiagos iš neoporo gaminamos įprastiniais EPS perdirbimo įrengimais. Atsižvelgdami į poreikį ir taikymo pobūdį, perdirbėjai iš neoporo gamina blokus, plokštes arba formines dalis. Privalumai, sąlygojami žemesnio tankio ir puikių medžiagos izoliacinių savybių, atveria naujas taikymo sritis bei ekonomiškės izoliacijos galimybę.

Vienas iš namo apšiltinimo sprendimų, naudojant būtent pilkšvajį polistireninį putplastį - neoporą. Pilkšvajį polistireninį putplastį iš neoporo galima taikyti visų pastato elementų (stogo, fasadų, grindų) šiluminei izoliacijai. Lietuvoje tokiu putplasčiu daugiausia šiltinami fasadai ir grindys. Neoporo privalukai: [18]

- Neoporo izoliacinio sluoksnio storį galima priderinti bet kurioms statybinėms situacijoms ir norimoms izoliacinėms vertėms. Taip galima patenkinti įvairius šiluminės izoliacijos reikalavimus iki “nuolinės šildymo energijos namo”.

- Šiluminės izoliacijos kompleksinės sistemos su neoporu laiduoja sveiką, malonų klimatą gyvenamojoje patalpoje – vėsą vasarą, šilumą žiemą.

- Išorines sienas galima gaminti iš pigiausių statybinių medžiagų ir sienų storį bei pamatus sumažinti iki statinio minimumo.

- Reikia ne tokių galingų ir mažiau vietos užimančių šildymo įrenginių. Tai savo ruožtu sąlygoja mažesnes investicijas ir mažesnę aplinkos apkrovą.

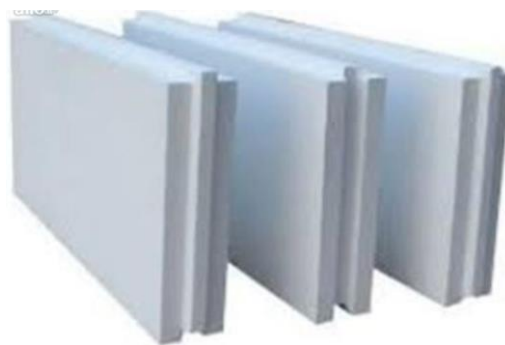
- Nebūtina specialiai izoliuoti radiatorių nišų, vietų, prie kurių pritaikomos lubos, ankerių ar instaliacinių šachtų, siekiant išvengti terminių tiltų susidarymo.

- Neoporas laiduoja lengvą ir ekonomišką būdą pagerinti senų pastatų išorinių sienų šiluminę izoliaciją, ypač tada, kai fasadai sanuojami.

- Tada, kai dėl konstrukcinių priežasčių – modernizuojant – būtina riboti šiluminės izoliacijos storį, daug geresnės neoporo izoliacinės savybės leidžia pasiekti gerų energijos taupymo rezultatų.



#### **1.7.4. Baltasis polistireno putplastis**



**1.4 pav.** Baltasis polistireno putplastis

Polistireninis putplastis yra termoizoliacinė medžiaga, išsiskirianti puikiu kainos ir efektyvumo santykiu. Putplastį sudaro 98% oro ir 2% polistireno. Kadangi, pagal gamintojų technologiją oras neišsisklaido iš putplasčio, yra išlaikomas pastovus termoizoliacinis poveikis. Polistireninio putplasčio šilumos laidumas 0,030 – 0,045 W/(m<sup>2</sup>K). [19]

- Lengvas, tvirtas ir pigus;
- Nepralenkiamas termoizoliacinėmis savybėmis;
- Nekenksmingas sveikatai;
- Neteršia aplinkos;
- Mažiausiai degus iš degių statybinių medžiagų;
- Ilgaamžis;
- Biologiškai neutralus;
- Efektyviausia išorinių atitvarų apšiltinimo medžiaga.

EPS polisterinis putplastis – tai baltos spalvos, ilgaamžės plokštės. EPS putplastis yra ekologiška ir efektyvi termoizoliacinė medžiaga. Šilumos laidumas  $\leq 0,039$  W/(m<sup>2</sup>K) . EPS polisterinis putplastis naudojamas: apšiltinti plokšties stogams, šlaitinių stogų šilumos izoliacijai, rindų šilumos izoliacijai ir kitai termoizoliacijai. [19]

## 2. TYRIMŲ METODIKA

Eksperimentinėje dalyje naudojant Microsoft Excel programą yra analizuojami apdoroti bandymų rezultatai.

### 2.1. Termoizoliacinės medžiagos

Savo tyrimams pasirinkau šias termoizoliacines medžiagas yra mineralinės vatos (akmens ir Knauf), polistireninio putplastis (EPS100N, EPS100, EPS50), putų poliuretanai (termolitas) [9]. Jų šiluminio laidumo koeficientų vertės pateiktos 3.1 lentelėje. Nagrinėjame medžiagas turinčias kuo skirtingesnę šiluminį laidumą.

Putų polistirenas (polistirolas) arba (polistirolas) putplastis – medžiaga, pagaminta iš dujomis išpūsto polistireno. Tokiu būdu medžiaga tampa daug lengvesnė ir pasižymi mažesniu šiluminiu laidumu. [9]

Neoporas - pilkos spalvos polistireninis putplastis, kurio termoizoliacinės savybės yra pagerintos polistireninio putplasčio žaliavą papildant grafitu. Mažos grafito dalelės atspindi arba absorbuoja infraraudonuosius spindulius, taip žymiai sumažindamos šilumos nuostolius. Neoporo termoizoliacinės savybės yra iki 20 % geresnės negu analogiško tankio paprastas polistireninis putplastis. [20]

Mineralinė vata (Knauf) – tai naujos kartos medžiaga, gaminama iš gamtinių ir (arba) antrinių žaliavų taikant natūralių sudedamųjų dalių pagrindu iš gautų skaidulų ir pluoštų sujungimo biotechnologiją. Šios mineralinės vatos sudėtyje nėra formaldehido, fenolio ir akrilo. [21]

Putų poliuretano izoliacijos technologija paremta unikaliomis fizikinėmis ir mechaninėmis šios medžiagos – poliuretano – savybėmis: mažiausias tarp šiuolaikinių šilumos izoliacijos medžiagų šiluminis laidumas, kuris, priklausomai nuo tankio, siekia 0,019–0,033 Wt/m°C, tai reiškia minimalų izoliacijos storį. [22]

### 2.2. Šilumos nuostolių per atitvarus skaičiavimas

Sienų ir atitvarų iš termiškai vienalyčių sluoksnių suminė varža  $R_s$  [ $m^2 \cdot K/W$ ] [10]:

$$R_s = R_1 + R_2 + \dots + R_n; \quad (2.1)$$

čia:

$R_1, \dots, R_n$  – skirtingu sienos sluoksnių šiluminės varžos;

Vienalyčio sluoksnio šiluminė varža [10]:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}; \quad (2.2)$$

čia:

$\delta$  - sluoksnio storis [m];

$\lambda$  - projektinis medžiagos sluoksnio šilumos laidumo koeficientas [W/(m · K)];

Sienos šilumos perdavimo koeficientas  $U$  [W/(m<sup>2</sup> · K)] [10]:

$$U = \frac{1}{R_t}; \quad (2.3)$$

čia:

$R_s$  - sienos visuminė šiluminė varža [m<sup>2</sup> · K/W];

Kaip pastato vidaus temperatūra yra aukštesnė už lauko temperatūrą. Ir juos skiria atitvaras (siena, stogas...), per kuria tuo metu perduodamas šiluma. Ši šiluma yra matuojama vatais  $Q_k$  [W].

Šilumos nuostoliai per pastato išorės sienas  $Q_k$  [W] [10]:

$$Q_k = U \cdot A \cdot (T_2 - T_1); \quad (2.4)$$

čia:

$Q_k$  - bendri konvekciniai šilumos nuostoliai [W arba J/s];

$U$  - visuminis šilumos perdavimo koeficientas [W/m<sup>2</sup> · K];

$A$  - pastato paviršiaus plotas [m<sup>2</sup>];

$T_1$  - lauko oro temperatūra [°C];

$T_2$  - vidaus oro temperatūra [°C];

1 m<sup>2</sup> sienos mėnesinio šilumos nuostoliai  $Q_{k,men}$  [kWh] [10]:

$$Q_{k,men} = \frac{DD_{h,men} \cdot U \cdot 24}{1000} \text{ [kWh]}; \quad (2.5)$$

čia:

$DD_{h,men}$  - šildymo dienos laipsniai (Dienos laipsnių skaičius per mėn.) [10]:

$$DD = (T_i - T_e) \cdot t; \quad (2.6)$$

čia:

$T_i$  - vyraujanti patalpų vidaus temperatūra [°C],  $T_i = 18$  °C;

$T_e$  - nagrinėjamo vidutinė mėnesio išorės temperatūra [°C];

$t$  - parų skaičius per nagrinėjamą mėnesį;

### 2.3. Šilumos srautas $Q_v$ [W] ir nuostoliai vėdinimui $H_v$ [kWh]

Kad žmogus gyventų, jam reikalingas deguonis. Jei patalpos bus sandarios, tai žmogus tokiose patalpose neišgyvens. Taip pat nevėdinamos patalpos, kenkia žmogaus sveikatai. Vėdinamo oro procesu, kai gryno oro poreikis patalpoje ( $n$ ), parodančiu kiek karta per h turi būti pakeistas oras grynu oru (l/h). Rekomenduojama oro apykaita turi būti tarp 0,5 ir 1,0. Tai reiškia, kad oras turi pasikeisti, kas valanda ar dvi.

Šilumos kiekis reikalingas, kad  $1\text{ m}^3$  oro temperatūra pakiltu vienu laipsniu, vadinamas oro tūrio savitąja šiluma  $C$ . Šis rodiklis yra lygus  $0,36\text{Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ .

Šilumos srautas vėdinimui  $Q_v$  [W] [1]:

$$Q_v = C \cdot n \cdot V \cdot (T_2 - T_1) \text{ [W]}; \quad (2.7)$$

čia:

$Q_v$  – šilumos srautas vėdinimui [W];

$C$  – oro tūrio savitoji šiluma [ $0,36\text{Wh}/(\text{m}^3\text{K})$ ];

$n$  – oro apykaita nuo 0,5 iki 1,0 [1/h];

$V$  – patalpos tūris [ $\text{m}^3$ ];

$T_1$  – lauko oro temperatūra [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$T_2$  – vidaus oro temperatūra [ $^{\circ}\text{C}$ ];

Pastatas ar renovuotas, ar nerenovuotas, nuo to nepriklauso vėdinimas. Vėdinimo kWh priklauso nuo patalpos tūrio, nuo vėdinimo poreikio (kaip virtuvę reikia dvigubai daugiau vėdinti, nei gyvenamas kambarys), nuo išorės ir vidaus temperatūros skirtumo ir laikotarpio.

Vėdinimo šilumos nuostoliai [kWh] [1]:

$$H_v = (1/3 \cdot n \cdot V \cdot (\Delta T \cdot L) \cdot 24) / 1000 \text{ [kWh]}; \quad (2.8)$$

čia:

$H_v$  – vėdinimo šilumos nuostoliai [kWh];

$1/3$  – oro specifinė šiluma [ $\text{Wh}/\text{m}^3 \cdot \text{K}$ ];

$n$  – oro apykaita nuo 0,5 iki 1,0 [1/h];

$V$  – patalpos tūris [ $\text{m}^3$ ];

$\Delta T$  – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas ( $T_2 - T_1$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ];

$L$  – šildymo dienų skaičius [d];

### 2.4. Patalpos šilumos pralaidumas $H$ [W/K] ir jos šilumos nuostoliai $Q$ [kWh]

Šilumos pralaidumas  $H$  [W/K], kaip šiuo atveju yra skaičiuojamas sienos šilumos pralaidumas. Tai yra sienos savybė praleisti šilumą. Šią savybę apibūdina šilumos pralaidumo koeficientas. Kuris priklauso nuo sienos sudedamųjų medžiagų šilumos laidumo koeficiento  $\lambda$ .

Patalpos šilumos pralaidumas  $H$  [W/K] [1]:

$$H = (A \cdot U) + (1/3 \cdot n \cdot V) \text{ [W/K];} \quad (2.9)$$

čia:

$H$  – patalpos šilumos pralaidumas [W/K];

$A$  - pastato paviršiaus plotas [ $m^2$ ];

$U$  – visuminis šilumos perdavimo koeficientas [ $W/m^2 \cdot K$ ];

$n$  – oro apykaita nuo 0,5 iki 1,0 [1/h];

$V$  – patalpos tūris [ $m^3$ ];

Patalpos šilumos nuostoliai priklauso nuo atitvarų. Atitvarai (sienos, lubos, grindys ir t.t.), kurie skiria žemesnės oro temperatūros, nuo didesnės vidaus temperatūros. Priklauso nuo izoliacinės medžiagos, jos storio atitvaruose.

Šilumos nuostoliai yra skaičiuojami norint nustatyti reikiama pastato, patalpų šildymo sistemos ir jos įrengimo galią. Kad nebūtu įrengtos per galingos patalpos šildymo sistemos, nes tada bus švaistoma šilumos energija. Įrengus per silpną šildymo sistemą, nebus sudarytas reikiamas mikroklimatas.

Patalpos šilumos nuostoliai  $Q$  [kWh] [1]:

$$Q = H \cdot \Delta T \cdot L \cdot (24/1000) \text{ [kWh];} \quad (2.10)$$

čia:

$Q$  – Patalpos šilumos nuostoliai [kWh];

$H$  – patalpos šilumos pralaidumas [W/K];

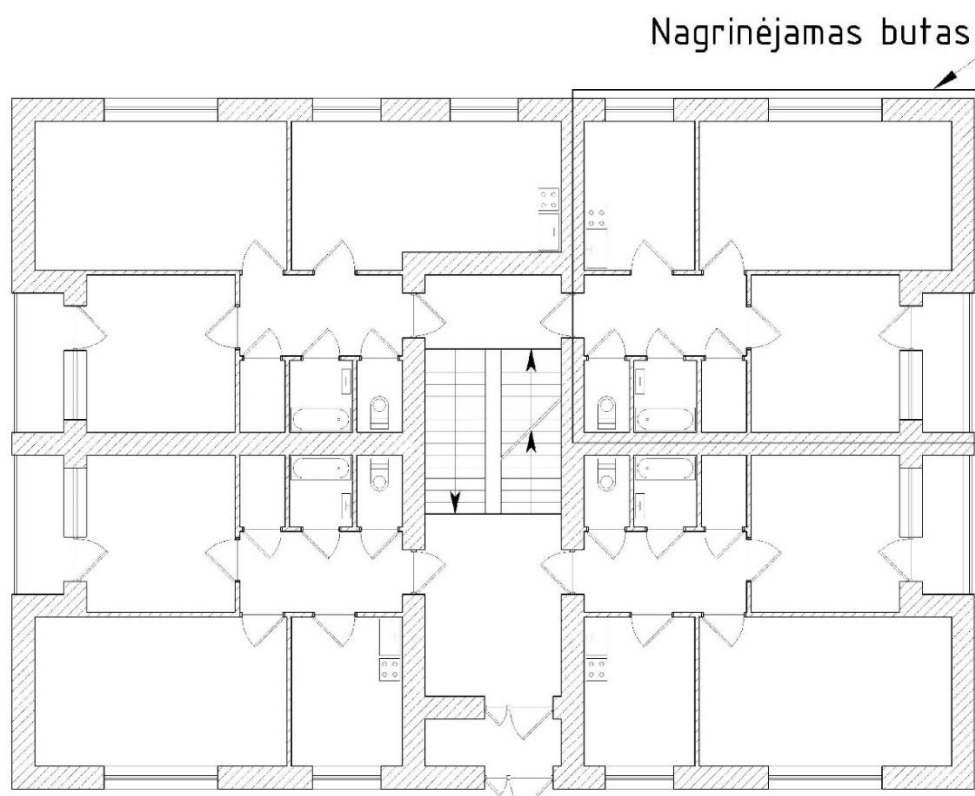
$\Delta T$  – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas ( $T_2 - T_1$ ) [ $^{\circ}C$ ];

$L$  – šildymo dienų skaičius [d];

### 3. EKSPERIMENTĖ DALIS

#### 3.1. Tyrimo objektas ir naudotos termoizoliacinės medžiagos

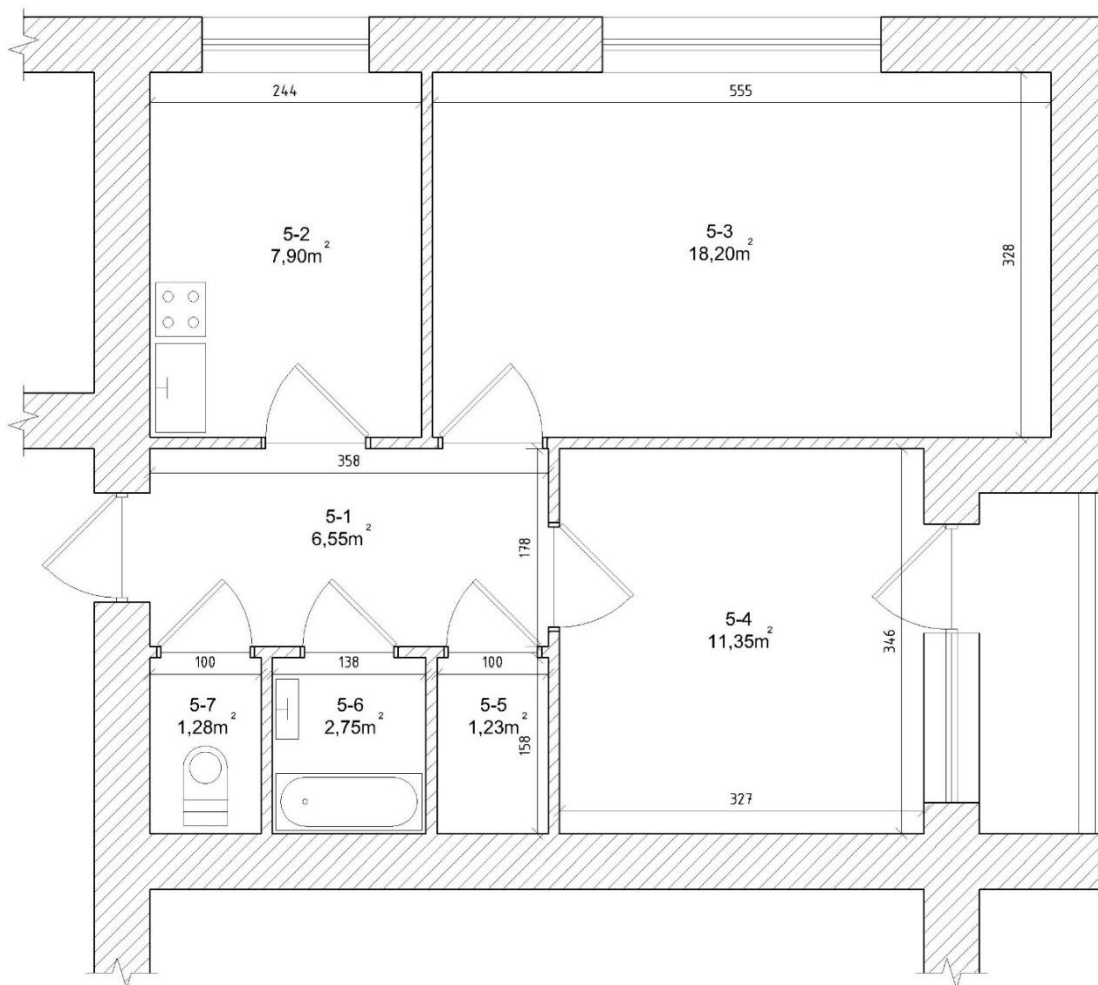
Tyrimo objektas – daugiabutis gyvenamas namas, esantis Panevėžio mieste. Namas pastatytas 1987 metai. Nagrinėjamas daugiabutis yra 6 aukštų, 22 butų, 1 laiptinės. Nagrinėjamo buto plotas yra 49,26m<sup>2</sup>. Visos patalpos yra 2,5m aukščio. Tai visas buto tūris gaunasi 123,15m<sup>3</sup>.



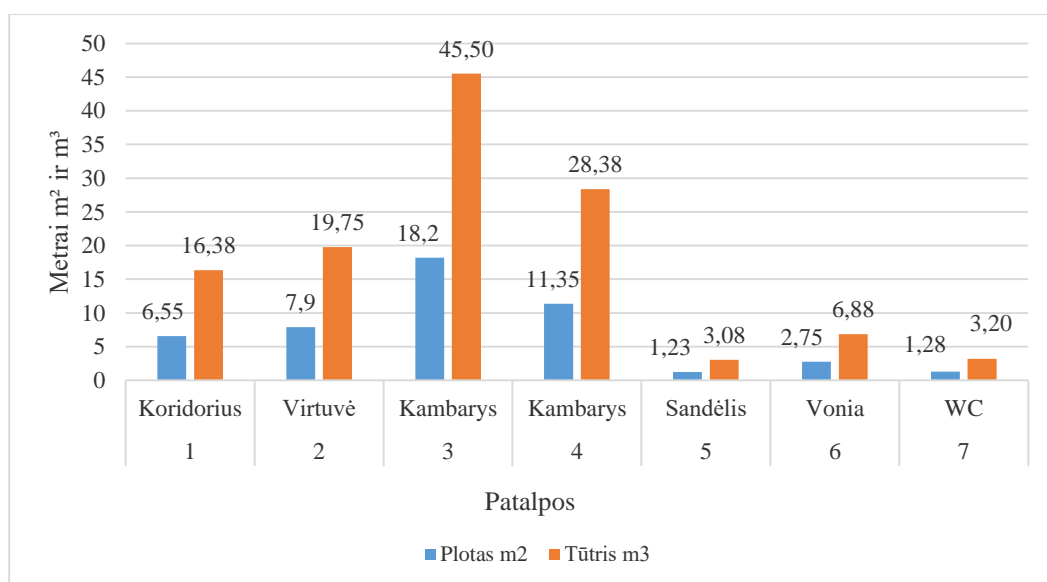
3.1 pav. Nagrinėjamo gyvenamojo namo vieno aukšto planas.

3.1 lentelė. Buto eksplikacija

Patalpos pažymėjimas plane	Patalpų pavadinimas	Plotas m <sup>2</sup>	Tūris m <sup>3</sup>	Išorės sienų m <sup>2</sup>	Koridoriaus sienų m <sup>2</sup>	Langu plotas m <sup>2</sup>
1	Koridorius	6,55	16,38	-	3,75	-
2	Virtuvė	7,9	19,75	4,66	-	1,44
3	Kambarys	18,2	45,50	19,44	-	2,64
4	Kambarys	11,35	28,38	5,23	-	3,42
5	Sandėlis	1,23	3,08	-	-	-
6	Vonia	2,75	6,88	-	-	-
7	Tualetas	1,28	3,20	-	5	-
Viso:		49,26	123,15	29,33	8,75	7,5



3.2 pav. Buto planas su patalpų numeracija ir kvadratūra.



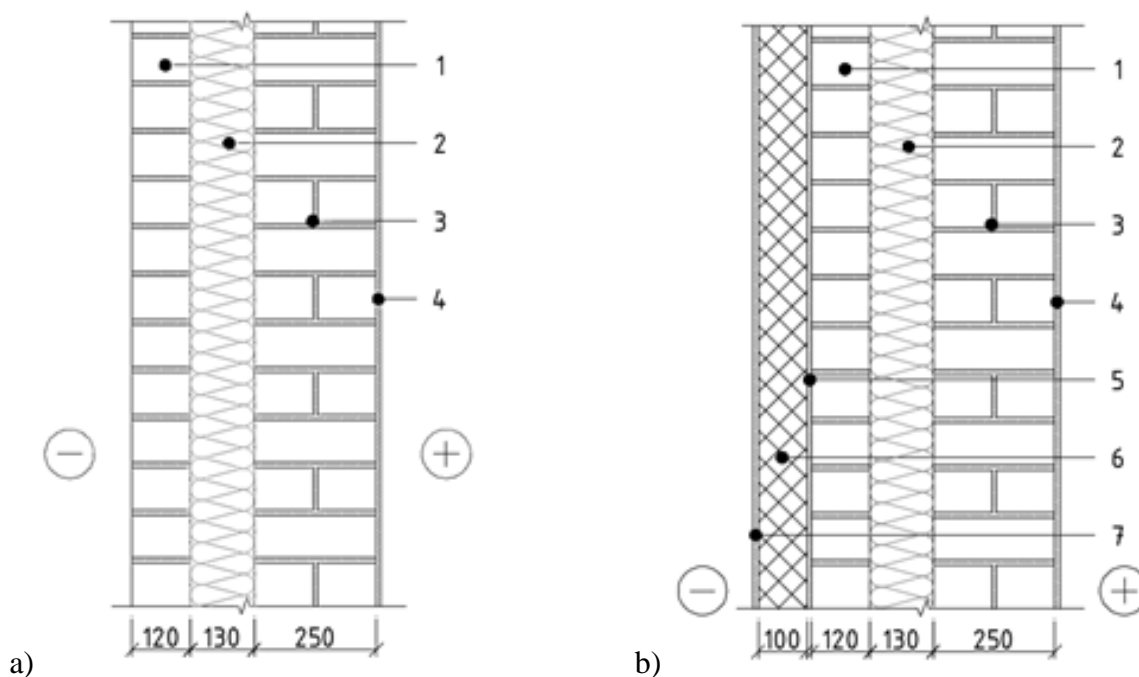
3.3 pav. Buto planas su patalpų numeracija ir tūriai.

Tyrimė nagrinėjimo nerenovuoto ir po renovacijos namo siena yra tradicinės struktūros (3.4 pav.). Sienų šiltinimui nagrinėju skirtingas termoizoliacines medžiagas, kurios pateiktos (3.2lent.). Sluoksnių storį keičiau nuo 5cm iki 40cm, su 5 cm intervalu.

**3.2 lentelė.** Naudojamos termoizoliacinės medžiagos ir jų šiluminio laidumo koeficientas

Eil. Nr.	Medžiaga	Šiluminio laidumo koeficientas
1	Knauf vata	0,016
2	Putų poliuretaną (termolitas)	0,020
3	Polistireno putplastis (neoporas) EPS100N	0,031
4	Baltasis polistireno putplastis EPS100	0,037
5	Baltasis polistireno putplastis EPS50	0,043

Tyrimui naudojamo, daugiabučio namo sienas sudaro: apdailinių plytų mūras, ekovata, skylėtų molio plytų mūras ir tinkas (3.4pav., a). Renovacijos metu ant išorinės lauko sienos pusės dedami klijai, termoizoliacinė medžiaga ir tinkas (3.4pav., b). Sienos sluoksnių storiai ir jų šilumos charakteristikos pateiktos lentelėje 3.4. Šilumos nuostoliams per pastato išorės sienas  $Q_k$  [W] skaičiuoti reikalingi duomenys apie vidutinę temperatūrą Panevėžio mieste (žr. 3.4 lentelę).



**3.4 pav.** Nerenovuoto ir renovuoto namo išorės sienos pjūvis

1 - apdailinių plytų mūras, 2 - ekovata, 3- skylėtų molio plytų mūras, 4- tinkas, 5 – klijai, 6- termoizoliacinė medžiaga, 7 - dekoratyvinis tinkas.



**3.3 lentelė.** Sienos sluoksnių storiai ir naudojamos medžiagos

Nr.	Medžiagos	$\rho$ - tankis, kg/m <sup>3</sup>	-medžiagos sluoksniu šilumos laidumo koeficientas, W/(m · K)	$\delta$ - sluoksniu storis, m
1	Apdailinių plytų mūras	1600	0,64	0,12
2	Ekovata	65	0,05	0,13
3	Skylėtų molio plytų mūras	1600	0,64	0,25
4	Tinkas	1700	0,87	0,02
5	Klijai	1700	0,80	0,01
6	Termoizoliacinė medžiaga	17	0,016 - 0,043	0,05 - 0,4
7	Dekoratyvinis tinkas	1800	0,95	0,01

**3.4 lentelė.** Vidutinė temperatūra Panevėžyje per 10m. T1[°C] [23]

Mėnuo	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	Metų vidurkis
10m. vidurkis	-8,5	-6,5	0,4	6,6	13,1	16,2	18,1	17,6	11,8	5,35	-1,7	-5,9	5,55

Namo sienų šiluminiai nuostoliai buvo skaičiuoti 100 m<sup>2</sup> plotui. Skaičiavimai atlikti pagal formules, pateiktas antrame – metodikos skyriuje (formulės 2.1 - 2.6) [9] ir [24].

### 3.2. Termoizoliacinių medžiagų įtaka

Norėdamas apsispręsti kokios termoizoliacinės medžiagos geriausiai tinka nagrinėjamu atveju ir kokie būtų reikalingi sluoksnių storiai, pagal 2 skyriuje pateiktą metodiką (2.1 - 2.6) atlieku šiluminės varžos ir šilumos nuostolių skaičiavimus. Skaičiavimų rezultatai pateikti lentelėse 3.5.

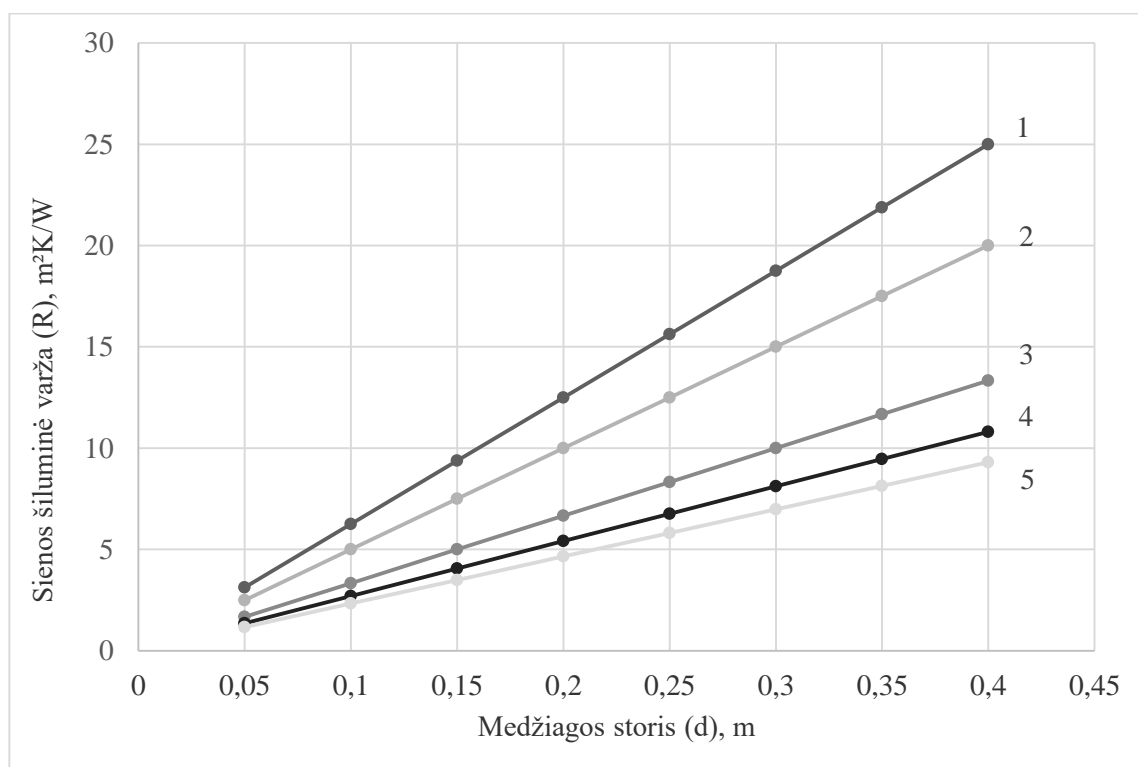
**3.5 lentelė.** Termoizoliacinių medžiagų ( $\lambda$ ) šiluminės varžos (R), esant skirtingiems storiams.

Storis (d), m	Sienos šiluminė varža (R), m <sup>2</sup> K/W				
	Knauf vata (0,016 $\lambda$ )	Putų poliuretanas (termolitas) (0,020 $\lambda$ )	Polistireno putplastis (neoporas) EPS100N (0,031 $\lambda$ )	Baltasis polistireno putplastis EPS100 (0,037 $\lambda$ )	Baltasis polistireno putplastis EPS50 (0,043 $\lambda$ )
0,05	3,13	2,50	1,67	1,35	1,16
0,1	6,25	5,00	3,33	2,7	2,33
0,15	9,38	7,50	5,00	4,05	3,49
0,2	12,50	10,00	6,67	5,41	4,65
0,25	15,63	12,50	8,33	6,76	5,81
0,3	18,75	15,00	10,00	8,11	6,98
0,35	21,88	17,50	11,67	9,46	8,14
0,4	25,00	20,00	13,33	10,81	9,30

Gauti duomenys (3.5 pav.) rodo, kad didėjant izoliacinės medžiagos sluoksnio storiui, tiesiog proporcingai didėja sluoksnio šiluminė varža (R). Šie duomenys taip pat leidžia spręsti apie šiluminio laidumo koeficiento ( $\lambda$ ) įtaką. Kuo  $\lambda$  reikšmė mažesnė, tuo tiesinė priklausomybė  $R = f(d)$  yra išsidėsčiusi aukščiau kitų tiesių, t.y. konstrukcinio elemento šiluminė varža yra didesnė. Skirtingi atstumai tarp nagrinėjamų funkcijų (tiesių), esant mažoms ir didesnėms medžiagos storio vertėms, rodo netiesinę priklausomybę nuo šiluminio laidumo koeficiento ( $\lambda$ ). Minėtas netiesiškumas aiškiai matyti iš kreivių, pateiktų (pav. 3.6). Tai yra atvirkščio proporcingumo ( $y=f(1/x)$ ) kreivių kreivumas. Visa tai rodo, kad šiluminio laidumo koeficiento įtaka, nėra tiesinė ir jos įtaka, yra žymiai didesnė, nei jo storis kitimas.

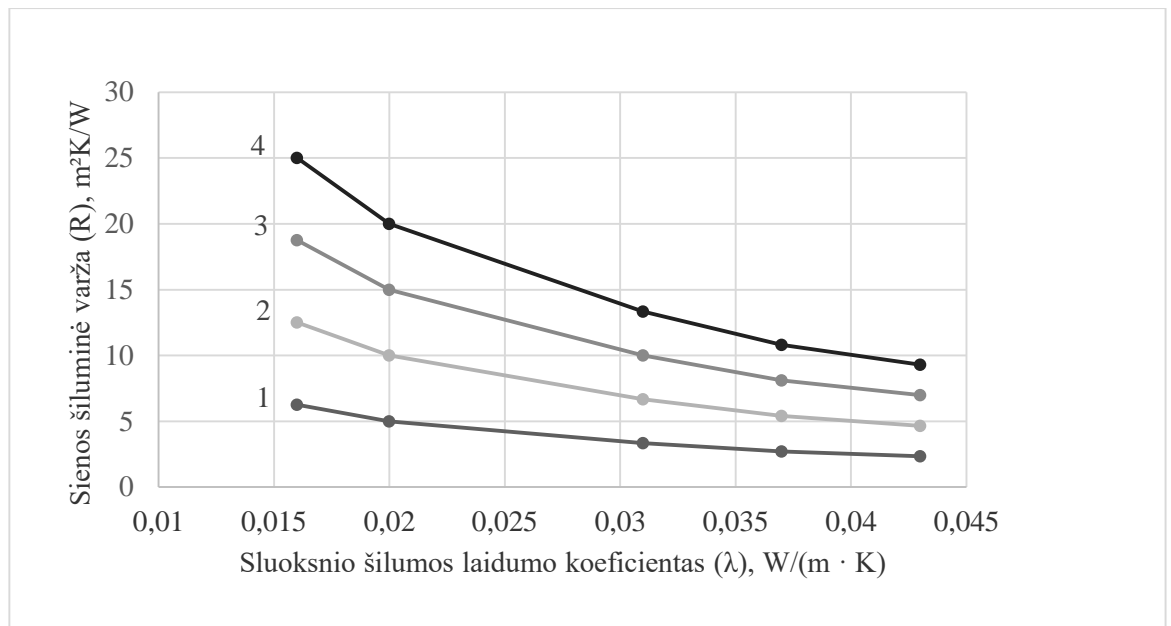
**3.6 lentelė.** 100 m<sup>2</sup> sienų šilumos nuostoliai, įvairių termoizoliacinių medžiagų ir skirtingiems (d)

Storis (d), m	100 m <sup>2</sup> sienų šilumos nuostoliai, €/(2014 10-2015 02)				
	Knauf vata (0,016 λ)	Putų poliuretanas (termolitas) (0,020 λ)	Polistireno putplastis (neoporas) EPS100N (0,031 λ)	Baltasis polistireno putplastis EPS100 (0,037 λ)	Baltasis polistireno putplastis EPS50 (0,043 λ)
0,05	153,57	169,86	197,86	211,07	219,75
0,1	103,79	119,25	148,81	164,28	175,05
0,15	78,38	91,87	119,25	134,47	145,45
0,2	62,96	74,72	99,49	113,69	124,42
0,25	52,62	62,96	85,34	98,60	108,70
0,3	45,19	54,40	74,72	87,01	96,51
0,35	39,60	47,89	66,45	77,86	86,78
0,4	35,24	42,77	59,83	70,45	78,83



**3.5 pav.** Sienos (R) kitimo priklausomybės nuo termoizoliacinės medžiagos (d).

1 – Knauf vata, 2 – putų poliuretanas (termolitas). 3 – polistireno putplastis (neoporas) EPS 100N, 4 – baltasis polistireno putplastis EPS100, 5 – baltasis polistiereno putplastis EPS50.



**3.6 pav.** Šiluminės (R) kitimo priklausomybės nuo šiluminio ( $\lambda$ ), esant skirtingiems d(m).

1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,3; 4 – 0,4.

Lentelėje 3.6 pateikti duomenys apie 100 m<sup>2</sup> sienos šilumos nuostolius pinigine išraiška (eurais - €), apskaičiuotus 2014 10 - 2015 02 laikotarpiui . Gauti duomenys rodo, kad esant termoizoliacinės medžiagos storiui 0,1m, didžiausi finansiniai kaštai (175 eurai) būtų gauti naudojant baltąjį polistireno putplastį EPS50, kurio šiluminio laidumo koeficientas  $\lambda = 0,043$ , o mažiausi (103 eurai), naudojant mineralinę vatą Knauf ( $\lambda = 0,016$ ). Iš pateiktų duomenų (3.5 ir 3.6 lentelėse) galima spręsti, kokia termoizoliacinė medžiaga racionalu naudoti vienu ar kitu atveju.

**3.7 lentelė.** Pastato sienų bendrieji šilumos energijos nuostoliai

Išorės sienos	Sienos storis (d), mm	Sienos šiluminė varža (R), m <sup>2</sup> K/W	Sienos šilumos energijos perdavimo koeficientas (U), W/m <sup>2</sup> K	100 m <sup>2</sup> sienų šilumos nuostoliai, €/ (2014 10-2015 02)
Nerenovuota	510	3,37	0,29	290,14
Renovuota siena šiltinta neoporas d=0,1m EPS100N	630	6,72	0,15	150,07

(kai šilumos energijos kaina su PVM – 0,129 €/kWh).

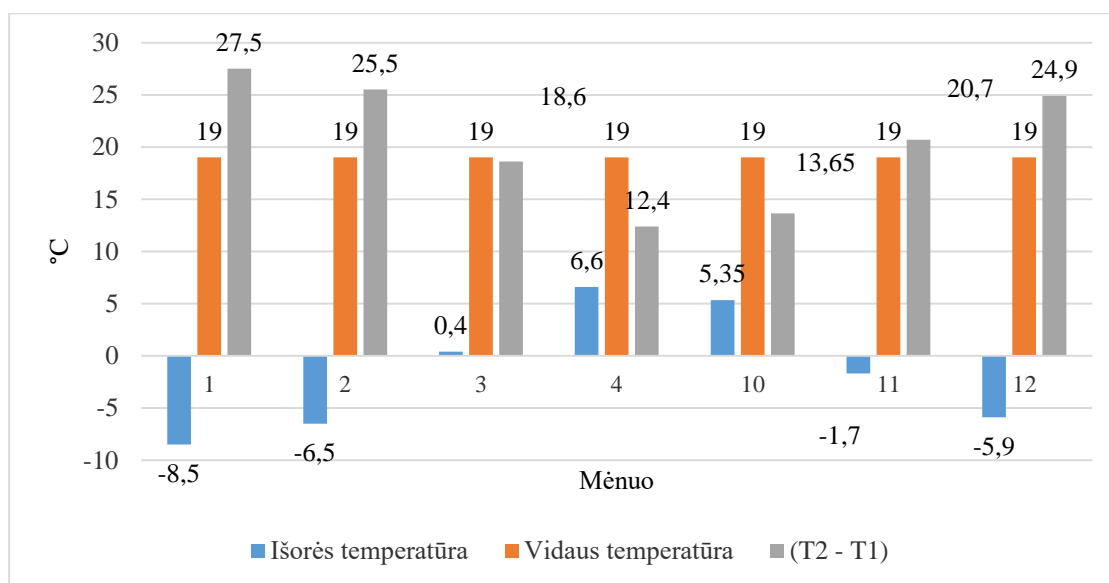
### 3.3. Šilumos nuostolių per sienas tyrimas

Šilumos srautas išeinantis per lauko sienas skaičiuojama pagal formules (2.3 - 2.6). Skaičiuojama yra patalpos kuriose yra lauko sienos ir patalpos kurios yra koridoriaus sienos. Nes tarp šių patalpų, bei patalpų ir lauko yra temperatūrų skirtumas. Šiltas oras visada sklinda į šaltesni orą.

Norint apskaičiuoti šilumos srautą, reikia turėti vidaus ir išorės temperatūros vidurkį. Šių temperatūrų pagalba apskaičiuojame  $\Delta T$  lentelėje 3.8.

**3.8 lentelė.**  $\Delta T$  – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas ( $T_2 - T_1$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ].

Mėnuo	1	2	3	4	10	11	12
Dienų	31	28	31	30	31	30	31
Išorės temperatūra ( $T_1$ )	-8,5	-6,5	0,4	6,6	5,35	-1,7	-5,9
Vidaus temperatūra ( $T_2$ )	19	19	19	19	19	19	19
$\Delta T$ ( $T_2 - T_1$ )	27,5	25,5	18,6	12,4	13,65	20,7	24,9



**3.7 pav.**  $\Delta T$  – vidaus ir lauko temperatūros skirtumas ( $T_2 - T_1$ ) [ $^{\circ}\text{C}$ ]

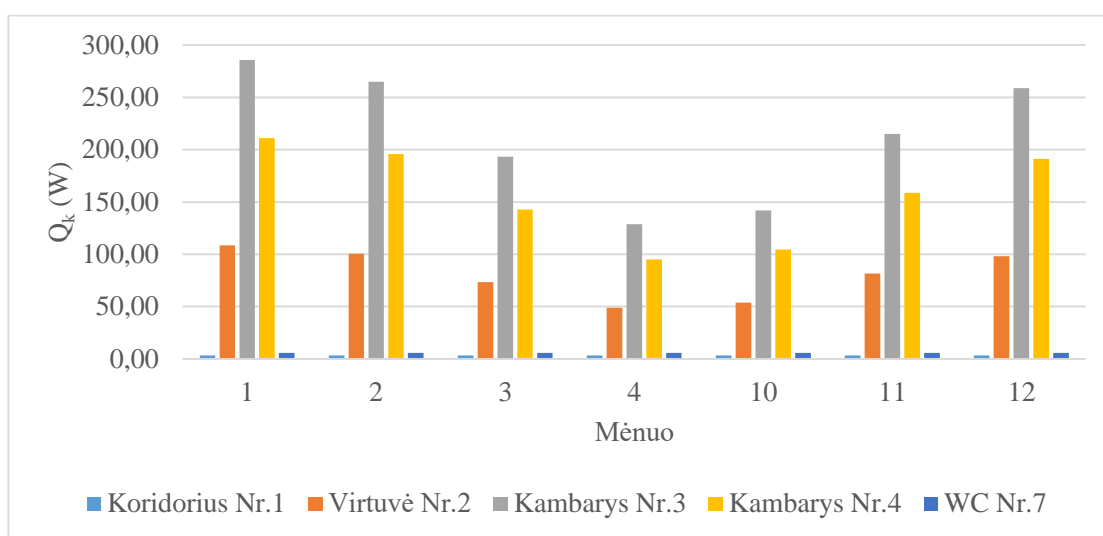
Šis butas yra kampinis. Tai virtuvė Nr.2, kambarys Nr.3 ir kambarys Nr.4 yra su lauko sienomis. O koridorius Nr.1 ir WC Nr.7 yra su atitvaru į laiptinės koridoriumi. Kokie plotai ir kurios patalpos kontaktuoja su skirtingos temperatūros patalpomis ir išore yra pateikti lentelėje 3.1. Kur yra skirtumas temperatūrų. Suskaičiavus gauname tokius šilumos nuostolius per atitvarus  $Q_k$  [W] pagal formulę 2.4.

**3.9 lentelė.** Šilumos energijos perdavimo koeficientai ( $U$ ),  $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$

	Išorės sienos	Vidaus sienos	Lango
Nerenovuota pastato	0,29	0,29	1,8
Renovuota pastato	0,15	0,29	1,4

**3.10 lentelė.** Šilumos perdavimo srautas (nerenovuoto)  $Q_k$  [W]

Nerenovuoto pastato	Mėnuo							Matmuo
	1	2	3	4	10	11	12	
Koridorius Nr.1	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	W
Virtuvė Nr.2	108,44	100,56	73,35	48,90	53,83	81,63	98,19	W
Kambarys Nr.3	285,67	264,90	193,22	128,81	141,80	215,03	258,66	W
Kambarys Nr.4	211,00	195,65	142,71	95,14	104,73	158,82	191,05	W
WC Nr.7	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	W

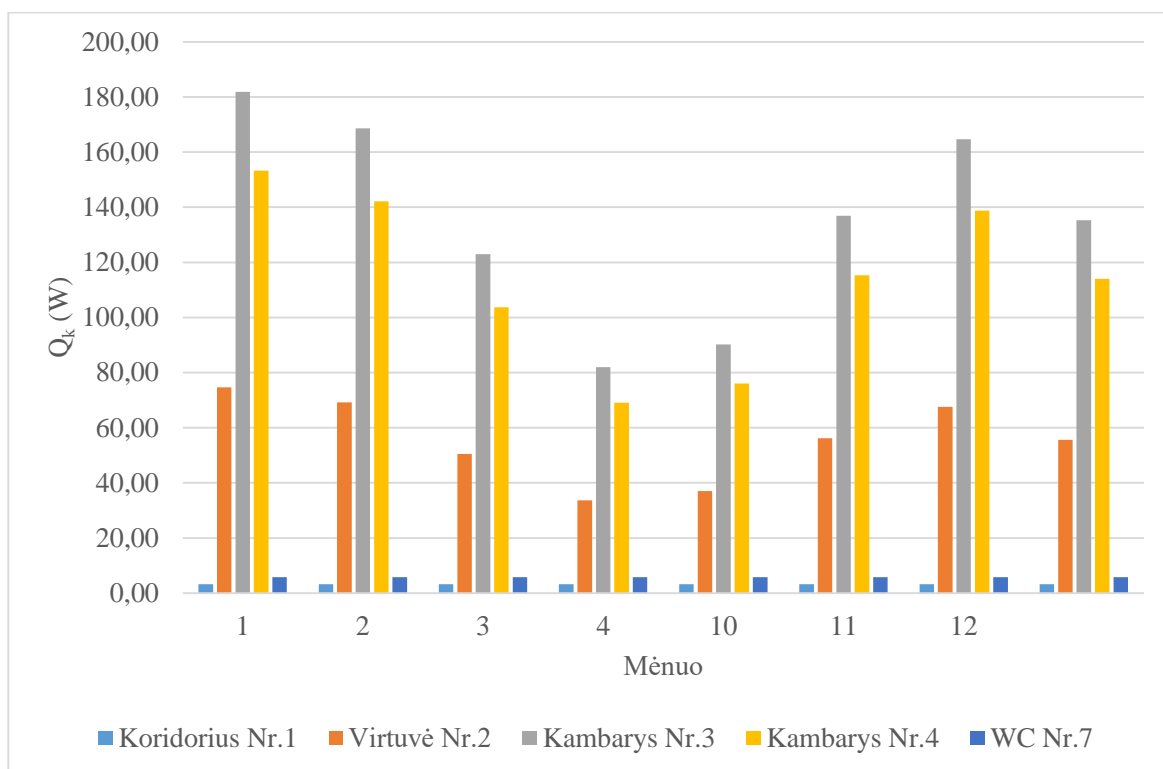


**3.8 pav.** Nerenovuoto namo šilumos perdavimo srauto nuostoliai  $Q_k$  (W)

Skirtumas tarp nerenovuoto ir renovuoto pastato yra ženklus. Šalčiausia sausio mėnesi ir daugiausiai energijos reikalingiausiame kambaryje Nr.3. Šilumos srauto nuostoliai yra nerenovuotame 285,67W, o renovuotame 181,81W. Skirtumas gaunamas 103,86W. Šiame kambaryje buvo apšiltinta išorės siena ir pakeistas langas.

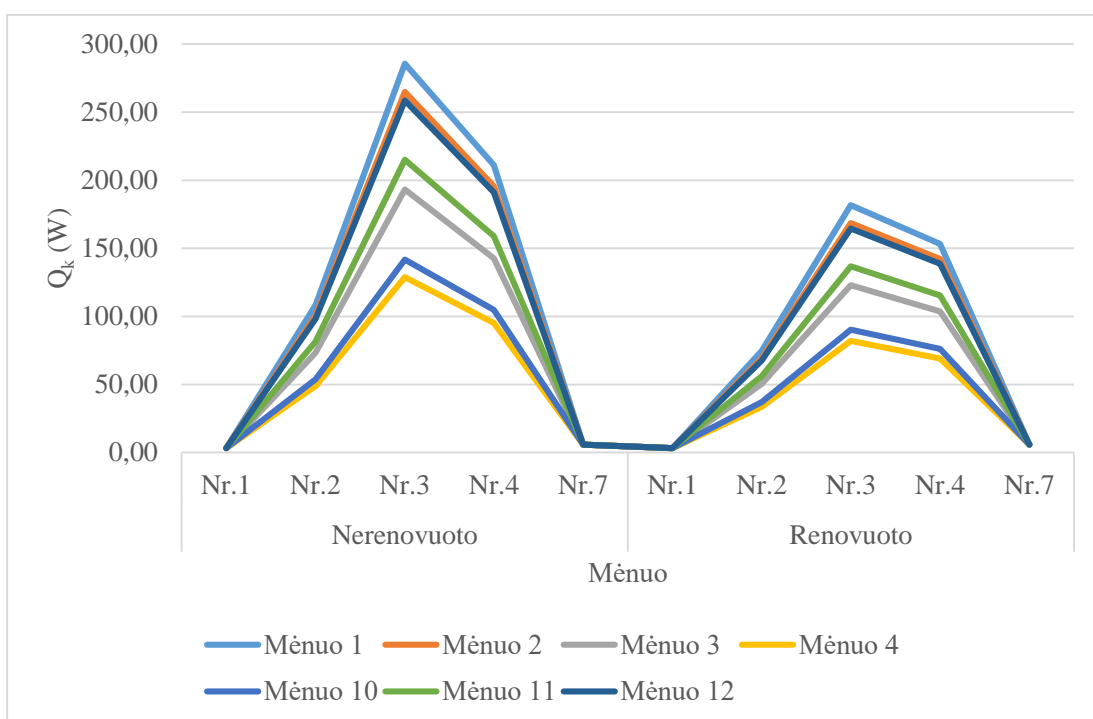
**3.11 lentelė.** Šilumos perdavimo srautas (renovuoto)  $Q_k$  [W]

Renovuoto pastato	Mėnuo							Matmuo
	1	2	3	4	10	11	12	
Koridorius Nr.1	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	3,26	W
Virtuvė Nr.2	74,66	69,23	50,50	33,67	37,06	56,20	67,60	W
Kambarys Nr.3	181,81	168,59	122,97	81,98	90,24	136,85	164,62	W
Kambarys Nr.4	153,24	142,10	103,65	69,10	76,06	115,35	138,76	W
WC Nr.7	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	5,80	W



**3.9 pav.** Renovuoto namo šilumos perdavimo srauto nuostoliai  $Q_k$  (W)

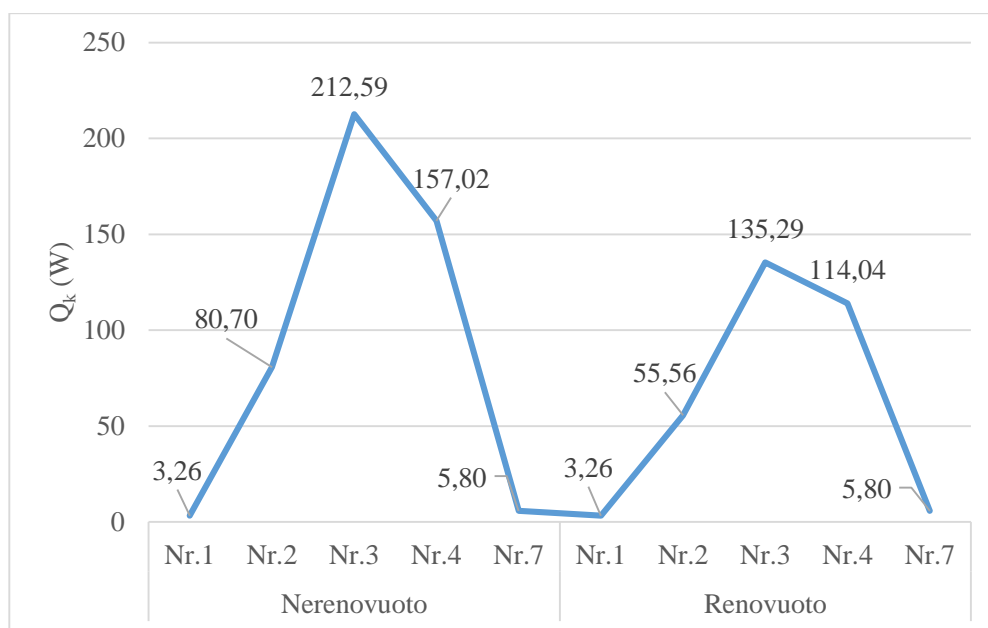
Iš gautu rezultatų matome lentelė 3.10 ir 3.11. Esant didesniai skirtumui lauko ir vidaus temperatūroms. Bei didesniai plotui (šiuo atveju sienai ir langui) skiriančiam šias temperatūras. Perdavimo srauto nuostoliai  $Q_k$  (W) yra didesni.



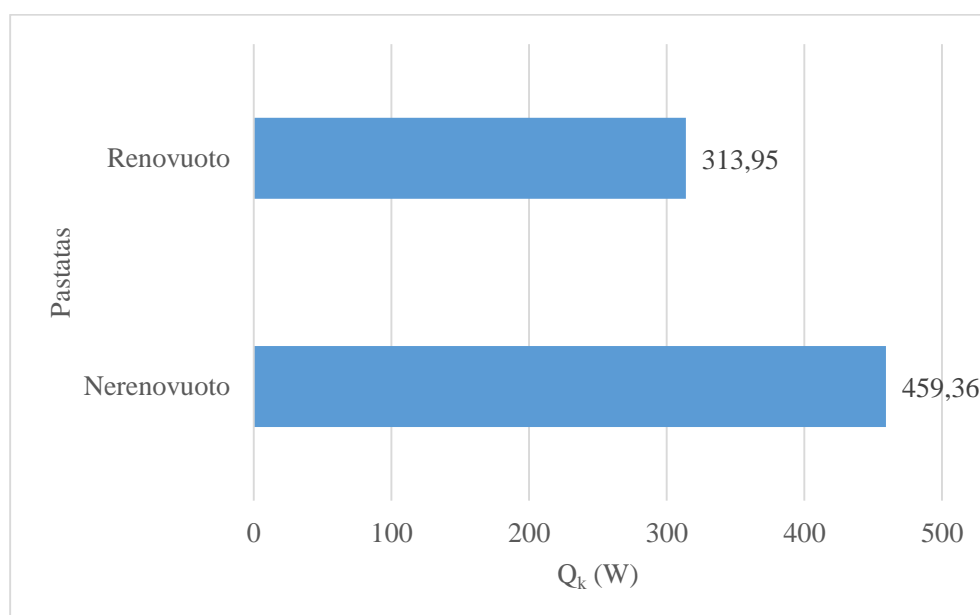
**3.10 pav.** Dviejų namų palyginimai mėn., šilumos perdavimo srauto nuostoliai  $Q_k$  (W)

**3.12 lentelė.** Šilumos perdavimo srautas vidurkis viso šildymo sezono  $Q_k$  [W]

Nr.	Patalpa	Nerenovuoto	Renovuoto	Matmuo
1	Koridorius	3,26	3,26	W
2	Virtuvė	80,70	55,56	W
3	Kambarys	212,59	135,29	W
4	Kambarys	157,02	114,04	W
7	WC	5,80	5,80	W
Viso:		459,36	313,95	W



**3.11 pav.** Nerenovuoto ir renovuoto viso buto viso šildymo sezono vidurkio  $Q_k$  (W)



**3.12 pav.** Nerenovuoto ir renovuoto viso buto palyginimai šildymo sezono  $Q_k$  (W)

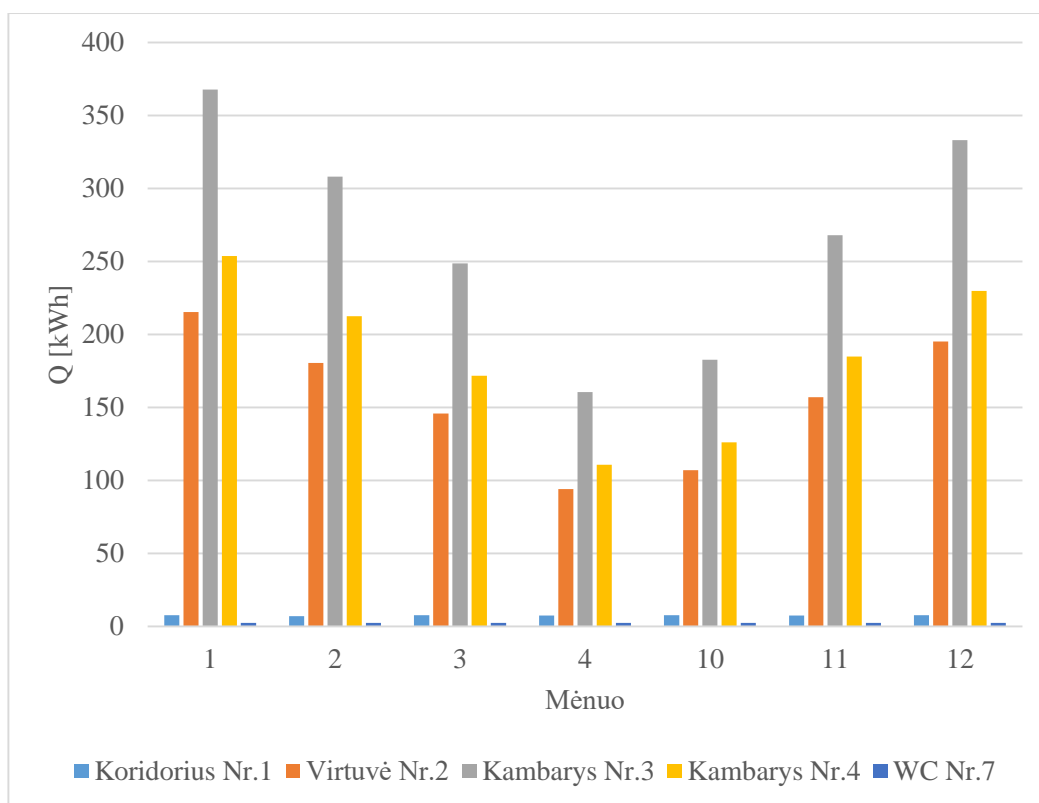


Gauti rezultatai rodo, kad didžiausias perdavimo šilumos srautas yra kambaryje Nr.3. Nes šioje patalpoje yra didžiausias sienos plotas su išore. Koridoriuje Nr.1 ir WC Nr.7 visiškai niekas nepasikeitė, nes šių patalpų pertvaros nebuvo šiltintos.

Lietuvoje šildymo sezonas per metus būna apie 7 mėn. (lentelė 3.4). Šiuo skaičiavimo metu buvo skaičiuojama 212d.. Dažniausiai jis prasideda spalio ir baigiasi balandžio mėnesiais.

**3.13 lentelė.** Patalpos šilumos nuostoliai (nerenovuoto) Q [kWh]

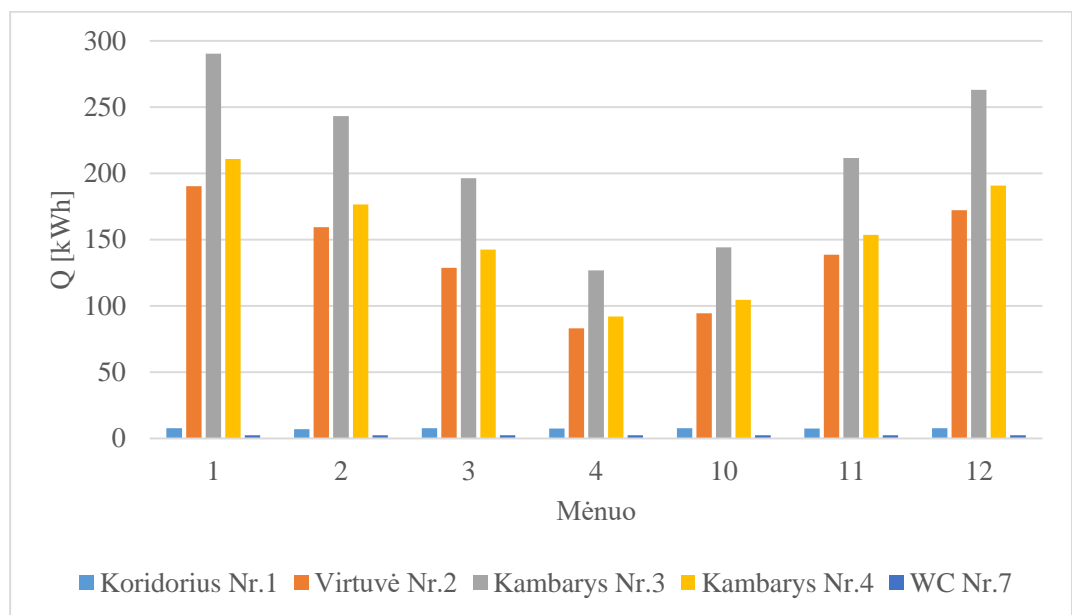
Patalpos nerenovuoto pastato	Mėnuo							Viso šildymo sezono
	1	2	3	4	10	11	12	
Koridorius Nr.1	7,61	6,88	7,61	7,37	7,61	7,37	7,61	52,06
Virtuvė Nr.2	215,38	180,39	145,67	93,98	106,91	156,89	195,01	1094,23
Kambarys Nr.3	367,70	307,96	248,70	160,45	182,51	267,85	332,93	1868,09
Kambarys Nr.4	253,74	212,52	171,62	110,72	125,95	184,84	229,75	1289,14
WC Nr.7	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	16,63
Viso (kWh) :								4320,16



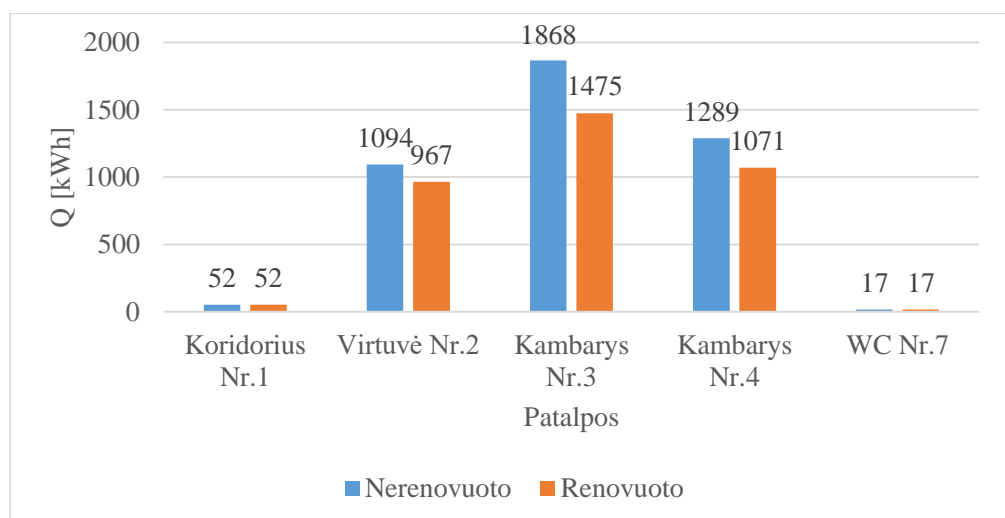
**3.13 pav.** Patalpos šilumos nuostoliai (nerenovuoto) Q [kWh]

**3.14 lentelė. Patalpos šilumos nuostoliai (renovuoto) Q [kWh]**

Patalpos renovuoto pastato	Mėnuo							Viso šildymo sezono
	1	2	3	4	10	11	12	
Koridorius Nr.1	7,61	6,88	7,61	7,37	7,61	7,37	7,61	109,76
Virtuvė Nr.2	190,24	159,34	128,67	83,02	94,43	138,58	172,26	1028,14
Kambarys Nr.3	290,42	243,24	196,43	126,73	144,15	211,56	262,96	1587,93
Kambarys Nr.4	210,77	176,53	142,56	91,97	104,62	153,54	190,84	1215,07
WC Nr.7	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	2,38	45,02
Viso (kWh) :								3581,56



**3.14 pav. Patalpos šilumos nuostoliai (renovuoto) Q [kWh]**



**3.15 pav. Patalpos šilumos nuostoliai per visą šildymo sezoną Q [kWh]**

Perdavimo šilumos nuostoliai butui, per šildymo sezoną pasikeitė nuo 4320,16kWh iki 3581,56Wh. Skirtumas gaunasi 738,60kWh.

### 3.4. Šilumos nuostoliai susiję su vėdinimu $Q_v$ [W]

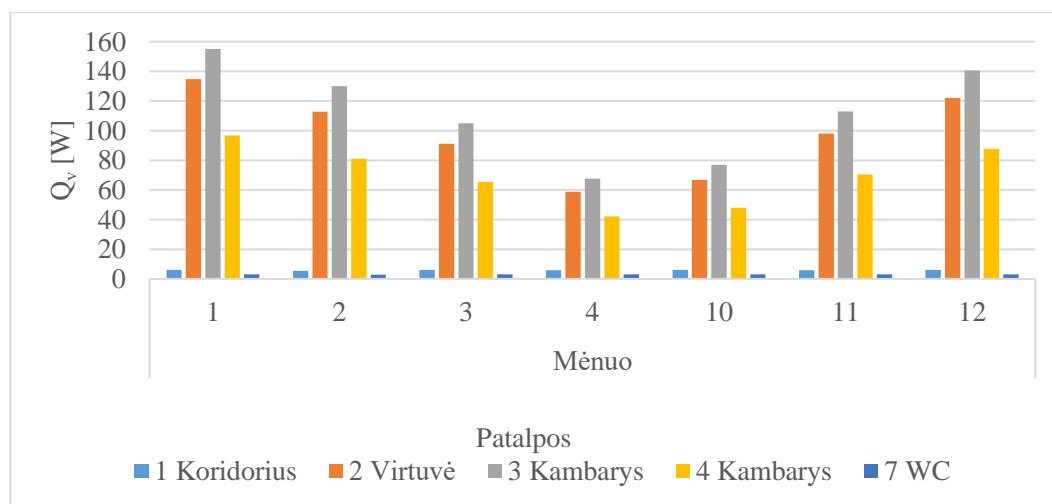
Tiek nerenovuotame, tiek renovuotame pastate reikalinga oro apykaita n lentelė 3.15. Virtuvėje, WC, vonioje, reikalinga didesnė dvigubai oro apykaita, nei kambariuose. Nes virtuvėje esant dujinei viryklei, deginasi oras. Vonioje, pašalinti drėgmei. WC, gynam orui pakeisti. Skaičiuojamas pagal formulę 2.7.

**3.15 lentelė.** Patalpų oro apykaitai koeficientas  $n$  [1/h]

Nr.	Patalpos buto	$n$ – oro apykaita nuo 0,5 iki 1,0 [1/h]
1	Koridorius	0,5
2	Virtuvė	1
3	Kambarys	0,5
4	Kambarys	0,5
5	Sandėlis	0,5
6	Vonia	1
7	WC	1

**3.16 lentelė.** Buto šilumos srautas vėdinimui  $Q_v$  [W]

Nr.	Patalpa	Mėnuo							Vidurkis	Matmuo
		1	2	3	4	10	11	12		
1	Koridorius	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	8,84	W
2	Virtuvė	195,53	181,31	132,25	88,16	97,05	147,18	177,04	145,50	W
3	Kambarys	225,23	208,85	152,33	101,56	111,79	169,53	203,93	167,60	W
4	Kambarys	140,46	130,24	95,00	63,33	69,72	105,73	127,18	104,52	W
7	WC	4,61	4,61	4,61	4,61	4,61	4,61	4,61	4,61	W



**3.16 pav.** Buto šilumos srautas vėdinimui  $Q_v$  [W]

Kuo didesnė patalpa ir labiau šalant išorės orui, tuo didesnės sąnaudos reikalingos šilumos srauto vėdinimui  $Q_v$  [W].

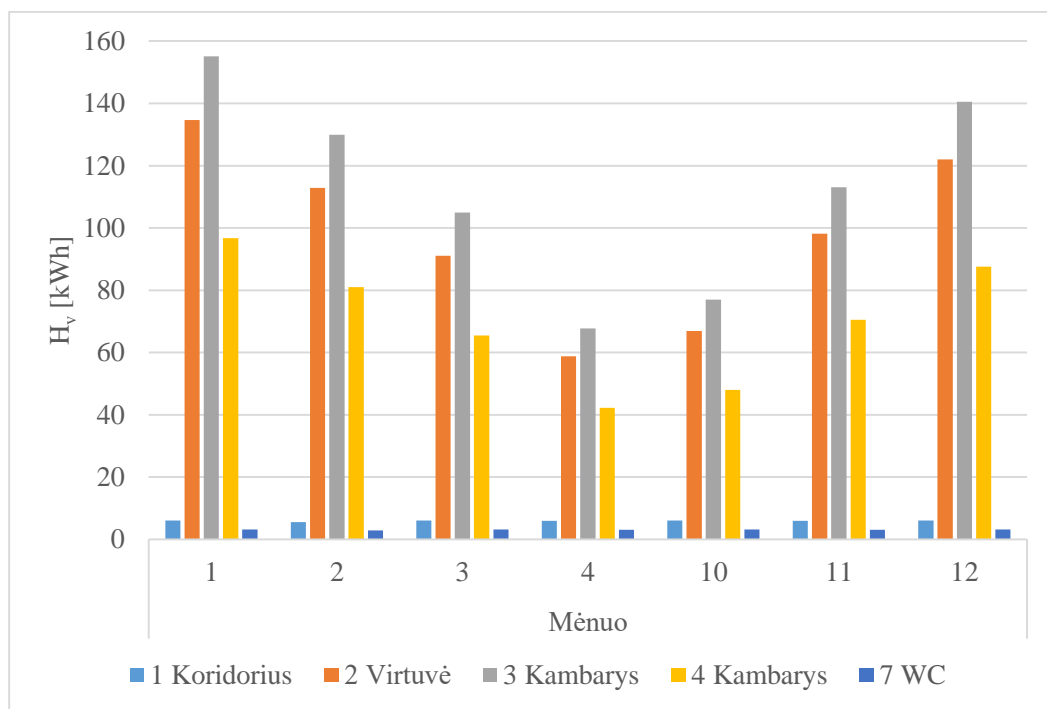
Šilumos srautas priklauso nuo oro kaitos skaičiaus  $n$ , kuris kinta nuo 0,5 iki 1 [1/h], priklausomai nuo patalpos poreikio vėdinti. Skaičiuojamos patalpos tūrio  $m^3$ . Oro specifinės šilumos  $0,36 \text{ Wh} / (m^3 \cdot K)$ . Bei vidaus ir lauko temperatūros skirtumo.

Šilumos srautas vėdinimui, nepriklauso, nuo konotacijos sudedamųjų medžiagų

Vėdinimas šilumos nuostoliai įtakoja labai į patalpos turį, skirtumą tarp išorės ir vidaus temperatūros, nuo oro apykaitos  $n$  (0,5 iki 1,0 [1/h]) reikalingumo lentelė 3.15. 3.17 lentelėje yra pateikta, kiek kWh reikia būto vėdinimo šilumos nuostolių.

**3.17 lentelė.** Vėdinimo šilumos nuostoliai  $H_v$  [kWh]

Patalpos pastato	Mėnuo							Viso šildymo sezono
	1	2	3	4	10	11	12	
Koridorius Nr.1	6,09	5,50	6,09	5,90	6,09	5,90	6,09	41,66
Virtuvė Nr.2	134,70	112,81	91,10	58,78	66,86	98,12	121,96	684,32
Kambarys Nr.3	155,16	129,95	104,94	67,70	77,01	113,02	140,49	788,27
Kambarys Nr.4	96,76	81,04	65,44	42,22	48,03	70,48	87,61	491,59
WC Nr.7	3,17	2,87	3,17	3,07	3,17	3,07	3,17	21,71
Viso (kWh) :								2027,54



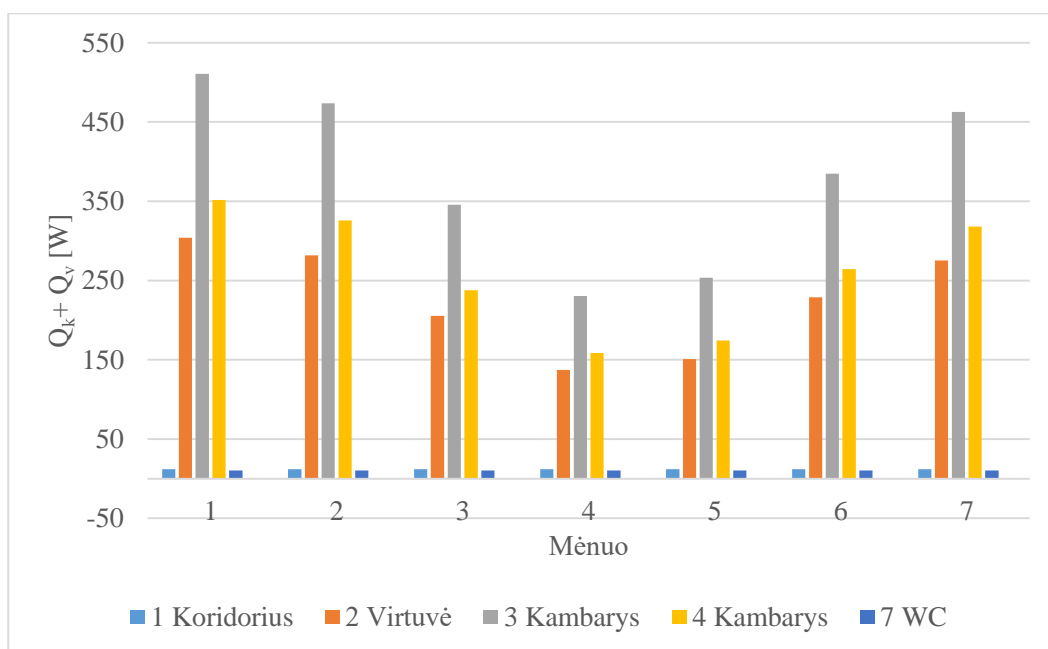
**3.17 pav.** Vėdinimo šilumos nuostoliai  $H_v$  [kWh]

### 3.5. Bendri perdavimo ir vėdinimo šilumos nuostoliai

Bendri šilumos nuostoliai, tai yra šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo šilumos  $Q_v$  [W] nuostolių suma.

**3.18 lentelė.** Buto šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo  $Q_v$  [W] nuostolių suma (nerenuovoto)

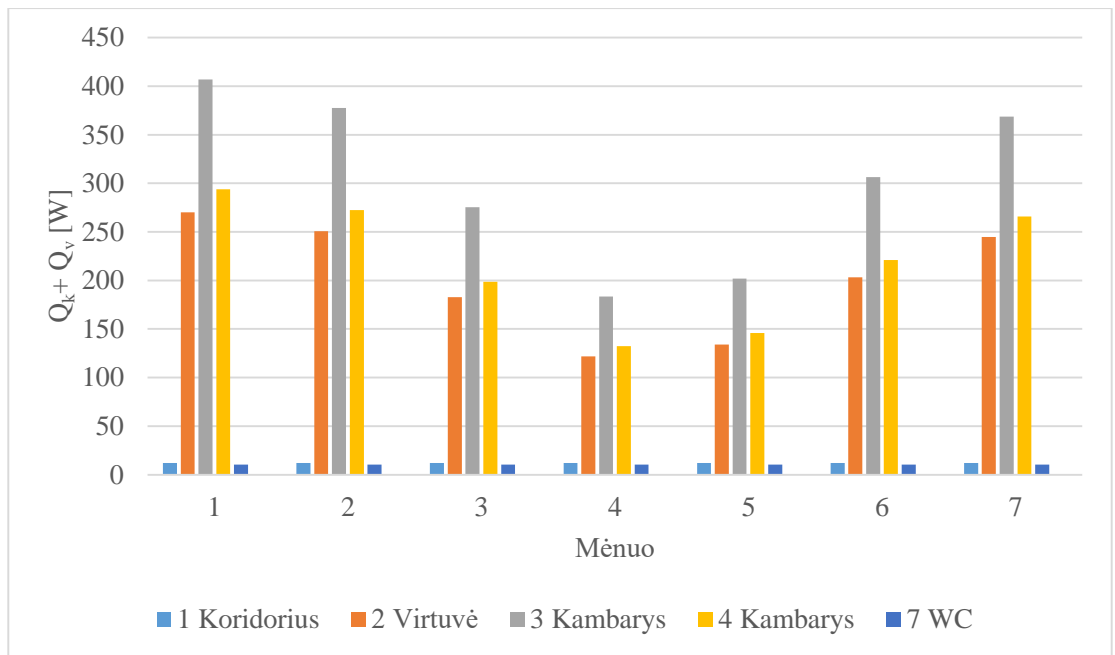
Nr.	Patalpa	Mėnuo							Vidurkis	Matmuo
		1	2	3	4	10	11	12		
1	Koridorius	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	W
2	Virtuvė	303,97	281,86	205,59	137,06	150,88	228,81	275,23	226,20	W
3	Kambarys	510,90	473,74	345,55	230,37	253,59	384,57	462,60	380,19	W
4	Kambarys	351,46	325,90	237,71	158,47	174,45	264,55	318,23	261,54	W
7	WC	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	W



**3.18 pav.** Buto šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo  $Q_v$  [W] nuostolių suma (nerenuovoto)

**3.19 lentelė.** Buto šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo  $Q_v$  [W] nuostolių suma (renuovoto)

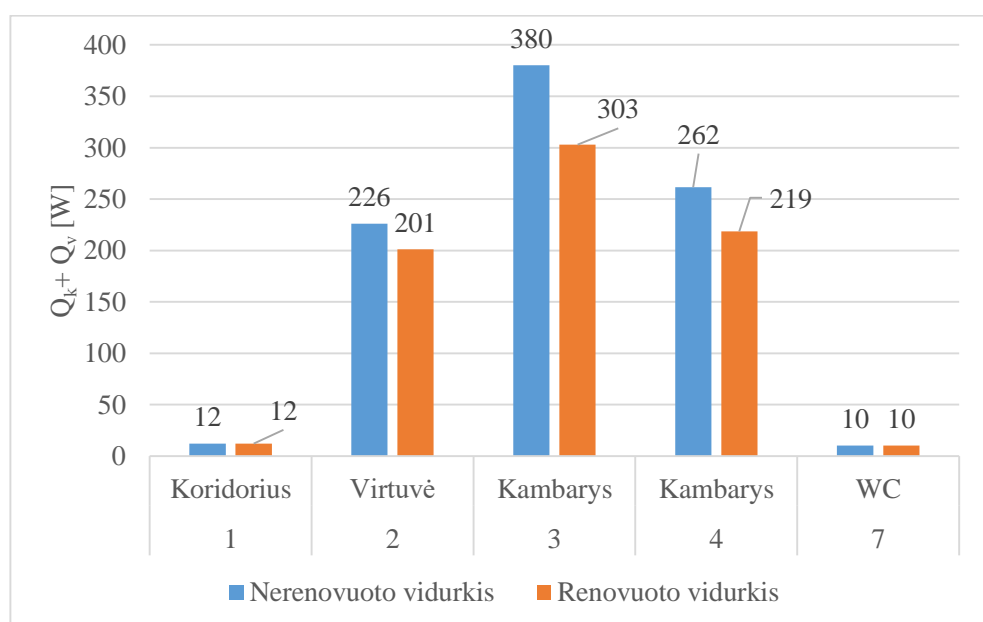
Nr.	Patalpa	Mėnuo							Vidurkis	Matmuo
		1	2	3	4	10	11	12		
1	Koridorius	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	12,11	W
2	Virtuvė	270,19	250,54	182,75	121,83	134,11	203,38	244,64	201,06	W
3	Kambarys	407,03	377,43	275,30	183,54	202,04	306,39	368,55	302,90	W
4	Kambarys	293,70	272,34	198,65	132,43	145,78	221,08	265,93	218,56	W
7	WC	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	10,41	W



**3.19 pav.** Buto šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo  $Q_v$  [W] nuostolių suma (renovuoto)

**3.20 lentelė.** Buto šilumos perdavimo  $Q_k$  [W] ir vėdinimo  $Q_v$  [W] nuostolių sumų skirtumai

Nr.	Patalpa	Nerenovuoto vidurkis	Renovuoto vidurkis	Skirtumas	Matmuo
1	Koridorius	12,11	12,11	0,00	W
2	Virtuvė	226,20	201,06	25,14	W
3	Kambarys	380,19	302,90	77,29	W
4	Kambarys	261,54	218,56	42,98	W
7	WC	10,41	10,41	0,00	W
Viso:				145,41	W



**3.20 pav.**  $Q_k$  [W] ir  $Q_v$  [W] skirtumai tarp nerenovuoto ir renovuoto pastato per šildymo sezoną

Šio buto šildymui ir vėdinimui reikalinga:

**3.21 lentelė.** Nerenovuoto buto šilumos pralaidumo duomenys

Patalpos Nr.	Patalpų pavadinimas	Oro apykaitos rodiklis, 1/h	Patalpos tūris, m <sup>3</sup>	Šilumos pralaidumas, W/K	Šilumos pralaidumo dalis, %
1	Koridorius	0,5	16,38	12,11	1,2
2	Virtuvė	1	19,75	226,20	22,7
3	Kambarys	0,5	45,50	380,19	38,2
4	Kambarys	0,5	28,38	261,54	26,3
5	Sandėlis	0,5	3,08	0,51	0,1
6	Vonia	1	6,88	2,29	0,2
7	WC	1	3,20	10,41	1,0
Iš viso vėdinimui:				893,24	89,7
Išorės atitvoros pavadinimas		Šilumos perdavimo koeficientas (U), W/m <sup>2</sup> K	Išorės atitvoros plotas, m <sup>2</sup>		
Išorės sienos		0,29	29,33	39,71	3,99
Koridoriaus sienos		0,29	8,75	9,06	0,91
Langai		1,8	7,5	44,71	4,49
Lauko durys		1,8	2,1	9,24	0,93
Iš viso perdavimui:				102,72	10,31
Iš viso:				995,97	100

**3.22 lentelė.** Renovuoto buto šilumos pralaidumo duomenys

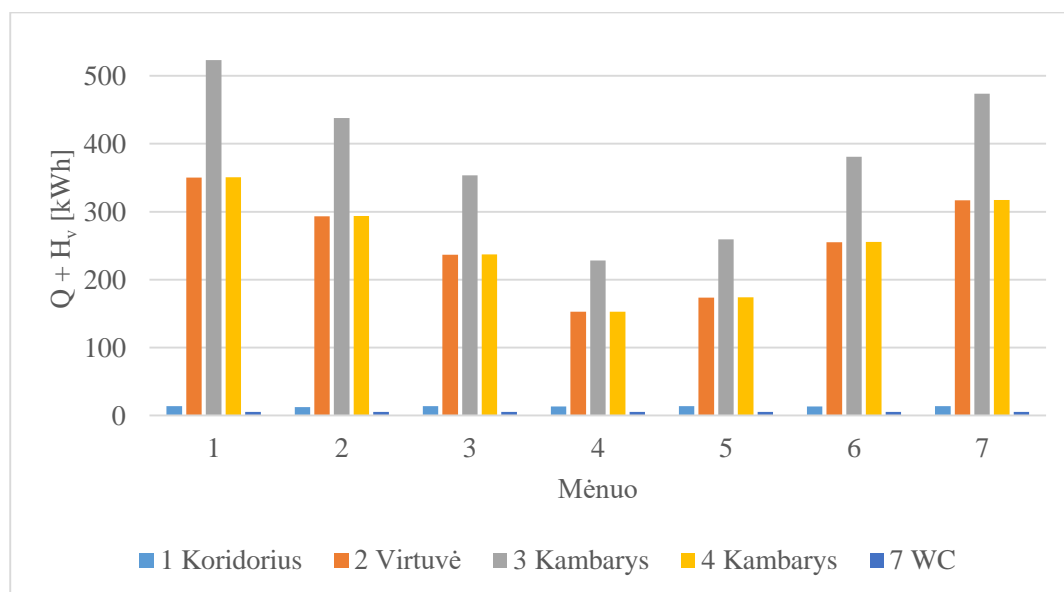
Patalpos Nr.	Patalpų pavadinimas	Oro apykaitos rodiklis, 1/h	Patalpos tūris, m <sup>3</sup>	Šilumos pralaidumas, W/K	Šilumos pralaidumo dalis, %
1	Koridorius	0,5	16,38	12,11	1,44
2	Virtuvė	1	19,75	201,06	23,84
3	Kambarys	0,5	45,50	302,90	35,91
4	Kambarys	0,5	28,38	218,56	25,91
5	Sandėlis	0,5	3,08	0,51	0,06
6	Vonia	1	6,88	2,29	0,27
7	WC	1	3,20	10,41	1,23
Iš viso vėdinimui:				747,83	88,66

Išorės atitvoros pavadinimas	Šilumos perdavimo koeficientas (U), W/m <sup>2</sup> K	Išorės atitvoros plotas, m <sup>2</sup>		
Išorės sienos	0,15	29,33	35,61	4,22
Koridoriaus sienos	0,29	8,75	9,06	1,07
Langai	1,8	7,5	41,71	4,94
Lauko durys	1,8	2,1	9,24	1,10
Iš viso perdavimui:			95,62	11,34
Iš viso:			843,45	100

Apskaičiuojama, kiek reikės kWh butui per šildymo sezoną, kiekviena mėnesi ir visam šildymo sezonui. Taip pat yra suskaičiuojama du variantai. Nerenovuoto namo ir renovuoto namo, kaip buvo apšiltintos išorės namo sienos ir pakeisti langai. Gauti rezultatai pateikti į lenteles 3.23 ir 3.24.

**3.23 lentelė.** Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H<sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (nereno).

Nr.	Patalpa	Mėnuo							Bendras	Matmuo
		1	2	3	4	10	11	12		
1	Koridorius	13,70	12,38	13,70	13,26	13,70	13,26	13,70	93,72	kWh
2	Virtuvė	350,07	293,20	236,78	152,76	173,76	255,01	316,97	1778,55	kWh
3	Kambarys	522,85	437,91	353,64	228,15	259,52	380,87	473,42	2656,36	kWh
4	Kambarys	350,50	293,56	237,07	152,95	173,98	255,32	317,36	1780,73	kWh
7	WC	5,55	5,24	5,55	5,45	5,55	5,45	5,55	38,34	kWh
Viso:									6347,70	kWh

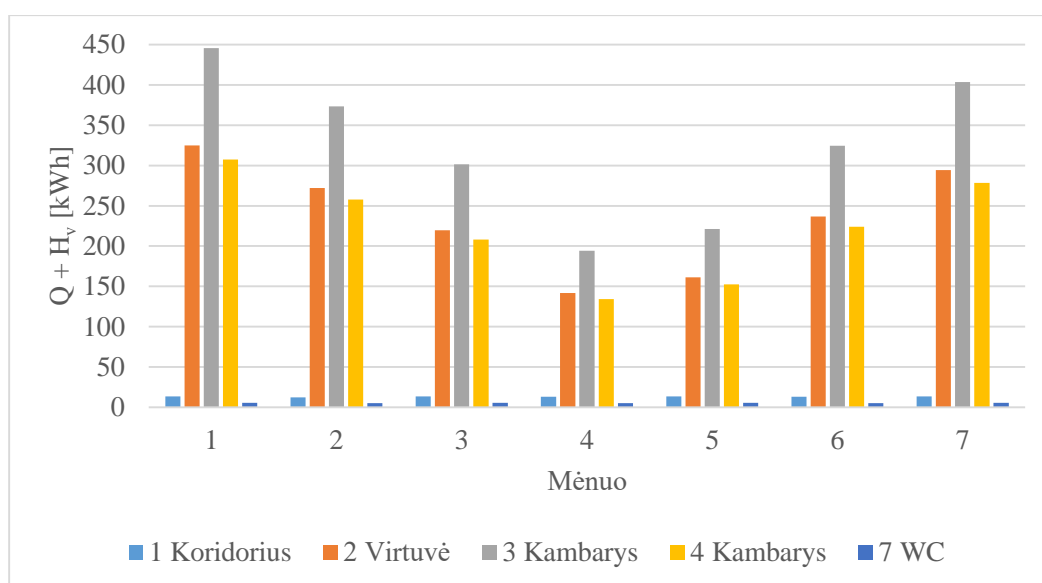


**3.21 pav.** Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H<sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (nereno.)



**3.24 lentelė.** Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H<sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (reno.)

Nr.	Patalpa	Mėnuo							Bendras	Matmuo
		1	2	3	4	10	11	12		
1	Koridorius	13,70	12,38	13,70	13,26	13,70	13,26	13,70	93,72	kWh
2	Virtuvė	324,94	272,15	219,78	141,79	161,29	236,70	294,22	1650,86	kWh
3	Kambarys	445,58	373,19	301,37	194,43	221,17	324,58	403,45	2263,76	kWh
4	Kambarys	307,53	257,57	208,00	134,20	152,65	224,02	278,46	1562,42	kWh
7	WC	5,55	5,24	5,55	5,45	5,55	5,45	5,55	38,34	kWh
Viso:									5609,10	kWh

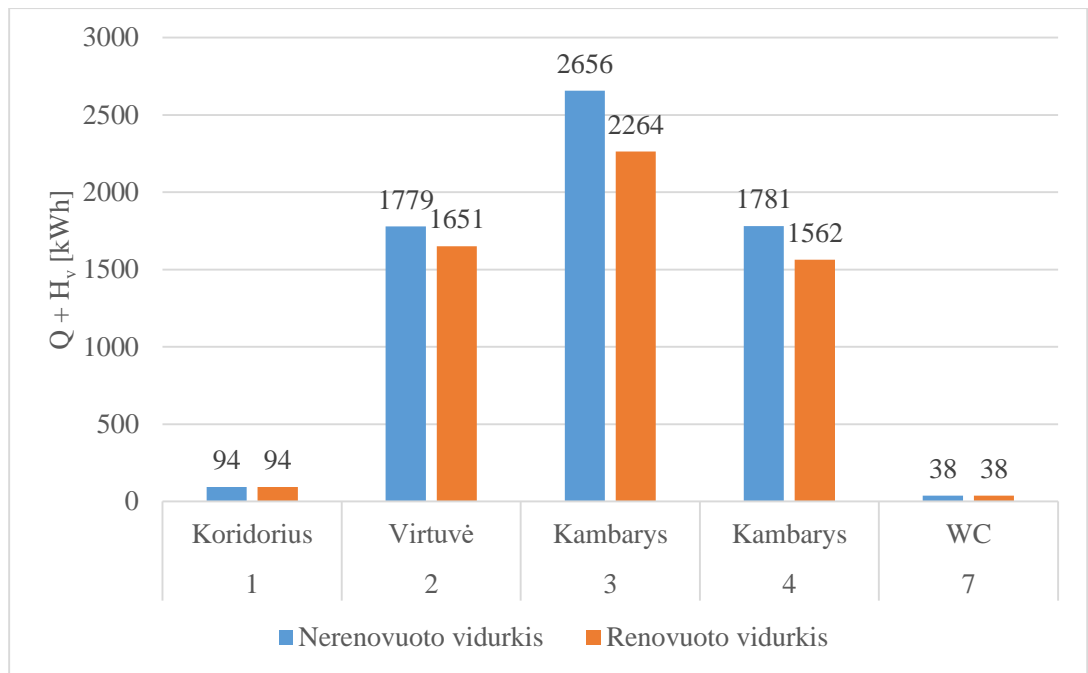


**3.22 pav.** Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H<sub>v</sub> [kWh] nuostolių suma (renovuoto)

Gauti bendri rezultatai, kiek reikia visam šildymo sezonui kWh visam būstui, tiek Nerenovuoto tiek renovuoto namo. Sulyginami yra lentelėje 3.25. Patalpos kurios nekontaktuoja su išorės siena, rodmenys nepasikeitė. Patalpose, kurios kontaktuoja su išorės siena rodmenys pasikeitė. Renovuotame pastate, per šildymo sezoną, pastatas suvartojo 738,6 kWh mažiau energijos.

**3.25 lentelė.** Buto šilumos perdavimo Q [kWh] ir vėdinimo H<sub>v</sub> [kWh] nuostolių sumų skirtumai

Nr.	Patalpa	Nerenovuoto vidurkis	Renovuoto vidurkis	Skirtumas	Matmuo
1	Koridorius	93,72	93,72	0,00	kWh
2	Virtuvė	1778,55	1650,86	127,69	kWh
3	Kambarys	2656,36	2263,76	392,60	kWh
4	Kambarys	1780,73	1562,42	218,31	kWh
7	WC	38,34	38,34	0,00	kWh
Viso:				738,60	kWh



**3.23 pav.** Q[kWh] ir  $H_v$ [kWh] nuostolių skirtumai pastatų, per šildymo sezoną

### 3.6. Pastato vizualiniai pasikeitimai

Ilga laiko tarpą Lietuvoje, senesnės statybos daugiabučiai namai nebuvo remontuojami ar renovuojami. Tai per ilga laiko tarpą, jų techninė būklė ir vizualinė išvaizda suprastėjo.

Vietomis ištrupėjo tinkas, kai kur pradėjo leisti drėgmę. Seni langai, nebėra tokie sandarus, kaip šiuolaikiniai langai. Viso to pasekmė yra toliau gendančios konstrukcijos. Nesandarus butai, kurie reikalauja daugiau išlaidų šildymui.

Paveikslėliuose 3.24 ir 3.25 yra pateikti vaizdai, kaip atrodė namas prieš renovaciją ir po renovacijos.



**3.24 pav.** Nerenovuoto namo fasadas



**3.25 pav.** Renovuoto namo fasadas

## IŠVADOS

1. Šiais laikais Lietuvoje yra daug visokių šiltinimo medžiagų. Lauko sienas galima šildyti, tiek iš vidaus, tiek iš išorės. Šiltinimo medžiagą gali būti tinkuojamos, tiek uždengiamos plokštėmis. Šiame darbe sienos buvo apšiltintos su neoporu 10cm. Sienos varža pasikeitė nuo 3,37 iki  $6,72\text{m}^2\text{K/W}$ .

2. Darbe išnagrinėta penkių termoizoliacinių medžiagų, turinčių skirtingas šiluminio laidumo koeficiento vertes. Nustatyta, kokią įtaką šiluminės varžos dydis (R) kinta tiesiškai, keičiant naudojamos izoliacinės medžiagos storį, bei atvirkščiai proporcingai šiluminio laidumo koeficientui.

3. Gauti duomenys apie  $100\text{ m}^2$  sienos šilumos nuostolius pinigine išraiška (eurais -€), apskaičiuotus 2014 10 - 2015 02 laikotarpiui. Gauti duomenys rodo, kad esant termoizoliacinės medžiagos storiui 0,1m, didžiausi finansiniai kaštai (175 eurai) būtų gauti naudojant baltąjį polistireno putplastį EPS50, kurio šiluminio laidumo koeficientas  $\lambda = 0,043$ , o mažiausi (103 eurai), naudojant mineralinę vatą Knauf ( $\lambda = 0,016$ ). Iš gautu duomenų galima spręsti, kokia termoizoliacinę medžiaga racionalu naudoti vienu ar kitu atveju.

4. Šilumos perdavimo srautas  $Q_k$  (W) nerenovuoto pastato buvo 459,36 W, o renovuoto namo pasidarė 313,95 W per visą šildymo sezoną. Pokytis yra 145.41 W. Šis rezultatas buvo pasiektas pakeitus langų ir išorės sienų U ( $\text{W/m}^2 \cdot \text{K}$ ) šilumos perdavimo koeficientą.

5. Šilumos perdavimo nuostoliai Q (kWh) per visą šildymo sezoną nerenovuotame name yra 4320,16k kWh, o renovuotame name 3581,56 kWh. Gautas skirtumas yra 738,60 kWh. Šis rezultatas buvo pasiektas pakeitus langų ir išorės sienų H (W/K) patalpos šilumos pralaidumą.

6. Vėdinimo šilumos nuostoliai  $H_v$  (kWh) nepriklauso nuo namo būsenos, ar jis renovuotas, ar ne. Patalpas reikia vėdinti, kad būtų sudaryta komfortiška aplinka gyventi žmonėms. Ir atitiktų higienos normas. Skaičiuojamam būstui reikia 2027,54 kWh per visą šildymo sezoną.

7. Po renovacijos vizualinis namo fasado vaizdas pasikeitė ženkliai. Tapo gražesnis, buvo panaikinti atsiradę per ilgą gyvavimo laiką defektai.

## LITERATŪRA

1. dr. Juozas Gudzinskas, dr. Valdas Lukoševičius, dr. Edvardas Tuomas, habil. dr. Vytautas Martinaitis, „Šilumos vartotojo vadovas“ 2011 Vilnius, 1-28. [žiūrėta 2015 08 23]
2. E. Tuomas, „Šiluminė technika“ 2000. Vilnius, 10-12. [žiūrėta 2015 10 20]
3. A. Gailius, S. Vėjelis „Akustinės ir termoizoliacinės medžiagos“ Vilnius 2012. 18-19. [žiūrėta 2015 08 20]
4. Aplinkos ministerija [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 04 15] Prieiga per Internetą: <http://www.am.lt/VI/index.php#a/13581>
5. Renovacija [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 27] Prieiga per Internetą: <http://www.renovacija.lt/klausimas/kokia-nauda-atnes-busto-renovavimas.23/>
6. Lietuvos Respublikos energijos ministerija [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 26] Prieiga per Internetą: [http://www.enmin.lt/lt/activity/veiklos\\_kryptys/energijos\\_efektyvumas/tp\\_siluma.php](http://www.enmin.lt/lt/activity/veiklos_kryptys/energijos_efektyvumas/tp_siluma.php)
7. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 26] Prieiga per Internetą: [http://www.ena.lt/pat\\_sil\\_nuost.htm](http://www.ena.lt/pat_sil_nuost.htm)
8. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 20 22] Prieiga per Internetą: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/TAR.480FD840BA61>
9. [STR 2.01.09:2005](#) [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 26] Prieiga per Internetą: <http://www.am.lt/VI/files/0.427544001333353928.doc>
10. Šildymo sezonas [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 07] Prieiga per Internetą: <http://www.senergija.lt/Gyventojams/Sildymo-sezono-pradzia-ir-pabaiga>
11. Pastatų skirstymas į klases. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 08] Prieiga per Internetą: <http://etaplus.lt/kitais-metais-projektavimo-ir-statybos-paslaugos-smarkiai-brangs/>
12. Mineralinė vata Knauf. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 10] Prieiga per Internetą: <http://comlita.lt/mineraline-vata-knauf-tp-116>
13. Mineralinė vata Knauf. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 11] Prieiga per Internetą: <http://www.idejosnamai.lt/items/show/56490>
14. Akmens vata. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 12] Prieiga per Internetą: [http://www.akmensvata.eu/mineraline\\_vata\\_knauf\\_kaina\\_vilniuje/](http://www.akmensvata.eu/mineraline_vata_knauf_kaina_vilniuje/)
15. Mineralinė vata Knauf. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 12] Prieiga per Internetą: <http://selgeta.lt/statybines-prekes-parduoda/knauf-tp-116/>
16. Termolitas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 14] Prieiga per Internetą: [http://www.prim.lt/statyba/straipsniai/siltinimas\\_technine\\_izoliacija/hidroizoliacija/termolitas\\_namams/](http://www.prim.lt/statyba/straipsniai/siltinimas_technine_izoliacija/hidroizoliacija/termolitas_namams/)
17. Termolitas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 15] Prieiga per Internetą: <http://termolitas.lt/kas-yra-siltinimo-sistema-termolitas>

18. Neoporas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 16] Prieiga per Internetą: [http://www.ekspertai.lt/pasyvus\\_namas/straipsniai/neoporas\\_pasyviu\\_namu\\_siltinimui](http://www.ekspertai.lt/pasyvus_namas/straipsniai/neoporas_pasyviu_namu_siltinimui)
19. Neoporas. [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 10 16] Prieiga per Internetą: <http://www.pirkstoga.lt/polistireninis-putplastis/>
20. Neoporas [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 27] Prieiga per Internetą: <http://www.ukmergesgelzbetonis.lt/index.php?id=54>
21. Mineralinė vata (Knauf) [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 27] Prieiga per Internetą: [http://www.vedrana.lt/knauf\\_vata\\_super\\_kaina/](http://www.vedrana.lt/knauf_vata_super_kaina/)
22. Putų poliuretano [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 27] Prieiga per Internetą: <http://termolitas.lt/siltinimo-sistemas-termolitas-technologija>
23. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 22] Prieiga per Internetą: <http://www.meteo.lt/apzvalgos.php>
24. Statybinių medžiagų techninių dydžių projektinės vertės [interaktyvus]. [žiūrėta 2015 03 25] Prieiga per Internetą: <http://termolitas.lt/siltinimo-sistemas-termolitas-silumine-varza-ir-kuo-skiriasi-atviru-ir-uzdaru-poru-ppu>

## **PRIEDAI**



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS  
Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas

(Fakultetas)

Raimondas Simonaitis

(Studento vardas, pavardė)

Statyba (621J80001)

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

Baigiamojo projekto „Daugiabučio namo, buto šilumos nuostolių tyrimas“

### AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA

20 15 m. gruodžio 23 d.  
Panevėžys

Patvirtinu, kad mano **Raimondo Simonaičio** baigiamasis projektas tema „Daugiabučio namo, buto šilumos nuostolių 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.

RAIMONDAS SIMONAITIS

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Simonaitis R. Daugiabučio namo, buto šilumos nuostolių tyrimas. Baigiamasis magistro projektas / vadovas doc. dr. Jonas Bareišis; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas, Technologijų katedra.

Panevėžys, 2016. 50 psl.

## SANTRAUKA

Darbe pateikta tyrimų medžiaga apie, pastaruju metu plačiai pradėtų renovuoti gyvenamųjų namų, išorės sienų apšiltinimo efektyvumą. Pateikti įvairių termoizoliacinių medžiagų šiluminės varžos ir šilumos nuostolių kitimo skaičiavimai, esant įvairiems sluoksnių storiams. Atliktas renovuoto namo sienų šiluminių nuostolių palyginimas su nerenuotu.

Darbe išnagrinėta penkių termoizoliacinių medžiagų, turinčių skirtingas šiluminio laidumo koeficiento vertes. Nustatyta, kokią įtaką šiluminės varžos dydis (R) kinta tiesiškai, keičiant naudojamos izoliacinės medžiagos storį, bei atvirkščiai proporcingai šiluminio laidumo koeficientui.

Apskaičiuoti finansiniai šiluminiai kaštai daugiabučio namo mūro sienai, naudojant įvairias termoizoliacines medžiagas ir jų įvairius storius. Taip nustatyta, kad daugiabučio namo išorinių sienų apšiltinimas, naudojant 0,1m neoporą EPS100N.

Eksperimentinėje dalyje atliktų tyrimų rezultatai yra lyginami tarpusavyje ir pateikiami grafiškai.

Darbą sudaro 6 dalys: įvadas, literatūros apžvalga, metodinė dalis, eksperimentinė dalis, išvados ir literatūros sąrašas.

Simonaitis R. Research into the loss of apartment buildings/apartments. Master final work / supervisor doc. dr. Jonas Bareišis; Kaunas University of Technology, Panevezys faculty of technologies and business, Technologies Department.

Panevėžys, 2016. 50 psl.

## **SUMMARY**

This article contains research material about the efficiency of external walls of the living houses currently being widely renovated. Provided there are calculations of thermal resistances and changes of thermal losses for different thermo-insulation materials at various thicknesses of layers. The comparison was made between the thermal losses of walls of a renovated house and a non-renovated house.

This study has analyzed five thermo-insulation materials having different values of thermal conductivity factor. It is concluded what influence thermal resistance value (R) has to direct linear change by changing insulation material thickness being used and has opposite proportion to thermal conductivity factor.

The costs were calculated for the multi-storey house masonry wall of by using various thermo-insulation materials and their various thicknesses. This way it is determined that insulation of external walls of multi-storey house by using 0,1m neopor EPS100N.

In experimental part research results are compared with each other and are presented graphically.

The work consists of 6 parts: introduction, the methodical part, experimental part, conclusion, references, appendices.