



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ARCHITKTŪROS IR STATYBOS FAKULTETAS

Tadas Vitkauskas

**PASTATŲ MODERNIZAVIMO MODELIAI SIEKIANT A++
ENERGETINIO NAUDINGUMO KLASĖS**

Magistro projektas

Vadovas

Prof. dr. Vitoldas Vaitkevičius

KAUNAS, 2016

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ARCHITEKTŪROS IR STATYBOS FAKULTETAS

**PASTATŲ MODERNIZAVIMO MODELIAI SIEKIANT A++
ENERGETINIO NAUDINGUMO KLASĖS**

Magistro projektas

Nekilnojamojo turto valdymas (kodas M6066M21)

Vadovas

Prof. dr. Vitoldas Vaitkevičius

2016.05.____

Recenzentas

Doc. dr. Valdas Paukštys

2016.05.____

KAUNAS, 2016



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
ARCHITEKTŪROS IR STATYBOS FAKULTETAS

Tadas Vitkauskas

Nekilnojamojo turto valdymas (kodas M6066M21)

**„PASTATŲ MODERNIZAVIMO MODELIAI SIEKIANT A++ ENERGETINIO
NAUDINGUMO KLASĖS“
AKADEMINIO SAŽININGUMO DEKLARACIJA**

2016 m. Gegužės 12 d.
Kaunas

Patvirtinu, kad mano, **Tado Vitkausko**, baigiamasis projektas tema **„Pastatų modernizavimo modeliai siekiant A++ energetinio naudingumo klasės“** yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

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

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Vitkauskas Tadas. „Pastatų modernizavimo modeliai siekiant A++ energetinio naudingumo klasės“ Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Vitoldas Vaitkevičius; Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas.

Reikšminiai žodžiai: modernizacija, renovacija, energetinis naudingumas, energetinis efektyvumas, šilumos vartojimas, termopora.

Kaunas, 2016. 77 p.

SANTRAUKA

Pagrindinis šio darbo tikslas – analizuojant pastatų modernizavimo modelius bei alternatyvas, išskirti pagrindines daugiabučių namų konstrukcinius ir energetinius nusidėvėjimus bei parinkti optimaliausią ir efektyviausią modernizavimo alternatyvą, pagal kurios numatytus darbus būtų galima atlikti parinkto namo modernizacijos darbus.

Apskaičiuojamas alternatyvų vertinimo kriterijų reikšmingumas, naudojant porinio palyginimo, rangavimo bei artumo idealiam, metodus.

Taip pat atliktas temperatūrų matavimo bandymas naudojant termoporas, kurio metu buvo nustatyta pasirinkto nemodernizuoto namo modernizacijos darbų atlikimo būtinybė.

Šio magistro projekto rengimo metu buvo naudojami Lietuvos ir užsienio autorių leidiniai, teisiniai Lietuvos ir užsienio aktai, knygos bei informacija internetiniuose puslapiuose.

Darbą sudaro: 77 puslapiai, 39 paveikslai, 23 lentelės.

Vitkauskas Tadas. "Building modernization models reaching for A++ energy efficiency class" Master's thesis in Real Estate Management / supervisor assoc. prof. Vitoldas Vaitkevičius. The Faculty of Engineering and Architecture, Kaunas University of Technology.

Key words: modernization, renovation, energy performance, energy efficiency, heat consumption, thermocouple.

Kaunas, 2016. 77 pages.

SUMMARY

The main purpose of this work - the analysis of building modernization models and alternatives to define the main apartment building design and energy depreciation and choose the most optimal and cost-effective alternative to upgrading, according to which the works can be carried out selected home modernization.

The significance of alternative evaluation criteria is calculated using the pairwise comparison, ranking and the proximity of the ideal methods.

Also a test of temperature measurement using thermocouples was carried out, while the selected non-upgraded home modernization works necessity were established.

For the master project preparation were used publications of Lithuanian and foreign authors, the laws of Lithuania and foreign acts, books and information in websites.

The work consists of 77 pages, 39 figures, 23 tables.

MAGISTRO BAIGIAMOJO DARBO KALBOS TAISYKLINGUMO VERTINIMAS

Statybos ir architektūros fakultetas

Tadas Vitkauskas „Pastatų modernizavimo modeliai siekiant A++ energetinio naudingumo klasės“

Klaidų tipai	Klaidų skaičius, psl.	Pavyzdžiai
Rašybos klaidos		
Skyrybos klaidos*		
Kalbos kultūros klaidos		
Formalieji dalykai** (korektūros, kompiuteriu renkamo teksto klaidos)		
Bendras klaidų skaičius		
Raštingumo lygis:		

*Viena skyrybos klaida skaičiuojama kaip 0,5 klaidos.

**Neįeina į bendrą klaidų skaičių, tačiau jei tokių pažeidimų daug, darbas nevertinamas kaip aukšto raštingumo.

Vertintojo vardas, pavardė

PASTABOS:

- 1) Lentelėse nurodomas bendras klaidų skaičius. Pateikiama pavyzdžių.
- 2) Raštingumas aukštas – iki 8 klaidų, vidutinis – 8–15 klaidų, žemas – daugiau nei 16 klaidų.

TURINYS

Įvadas.....	8
1. Energetinio naudingumo klasės	9
1.1. Pagrindinės sąvokos.....	9
1.2. Pastatų klasifikacija pagal energinio naudingumo klases.....	12
1.3. Pastatų energetinio naudingumo vertinimo ir projektavimo pagrindiniai reikalavimai .	14
2. Pastatų modernizavimo svarba.....	21
3. Modernizavimo modeliai	29
3.1. Modernizavimo modelių parinkimas	33
3.2. Modernizavimo alternatyvų vertinimo kriterijų pagrindimas.....	37
3.2.1. Porinio palyginimo metodas.....	37
3.2.2. Rangavimo metodas	39
3.2.3. Artumo idealiam taškui metodas	41
3.2.4. Vertinimo kriterijų analizė.....	41
3.3. Analizuojamas pastatas	42
3.4. Modernizavimo modelių analizė	44
3.4.1. 1 Alternatyvos analizė	44
3.4.2. 2 Alternatyvos analizė	46
3.4.3. 3 Alternatyvos analizė	47
3.4.4. 4 Alternatyvos analizė	49
3.4.5. 5 Alternatyvos analizė	51
3.4.6. Parinktų modernizavimo alternatyvų rezultatai.....	52
4. Temperatūrų matavimas termoporomis	56
4.1. Nmodernizuoto namo aprašymas.....	57
4.2. Modernizuoto namo aprašymas	58
4.3. Temperatūrų matavimo termoporomis duomenys	59
4.4. Nmodernizuoto namo tyrimo analizė.....	63
4.5. Modernizuoto namo tyrimo analizė.....	71
4.6. Tyrimo analizės rezultatai.....	78
Išvados.....	79
LITERATŪRA	80

Ivadas

Siekiant neatsilikti nuo vis sparčiau modernėjančio pasaulio, vis aktualesnė tema tampa energijos taupymas, efektyvus energijos naudojimas bei daromas poveikis aplinkai ir žmonių sveikatai. Ypatingai šią politiką akcentuojanti Europos Sąjunga (ES) kuria teisės aktus, griežtina reikalavimus susijusius su energetiniu efektyvumu, kurie tiesiogiai keičia ir Lietuvos energetinius prioritetus. Europos Parlamento patvirtintame Efektyvaus energijos vartojimo veiksmų plane įtvirtinti pagrindiniai principai, kurie įnešė naujų pasvarstymų ne tik energijos vartojimo, bet ir statybų sektoriuose. Tačiau šiuo metu tiek Lietuvoje, tiek visame Baltijos šalių regione efektyviu energijos naudojimu pasižyminčių (pasyvių) pastatų yra tik keletas. Visgi remiantis Europos Sąjungos direktyvomis, ši situacija privalės kardinaliai keistis.

Siekiant sukurti tinkamą požiūrį ir jį integruoti visuomenėje, pastatų energinio naudingumo direktyvoje yra nurodyti keturi pagrindiniai pastatų energinio naudingumo reikalavimai:

- Bendra pastatų energinio naudingumo skaičiavimo metodika;
- Energinio naudingumo reikalavimai naujiems ir esamiems renovuojamiems pastatams;
- Naujų ir esamų pastatų energinio naudingumo sertifikavimo sistemos;
- Sertifikavimo ir kitos informacijos aiškus demonstravimas viešosios paskirties pastatuose.

Analizuojant esamą situaciją Lietuvos rinkoje siekiant kuo maksimaliau modernizuoti pastatus ir išgauti kuo aukštesnę pastatų energetinio naudingumo klasę, pagrindinis dėmesys yra nukreiptas į skirtingų statybų metų, skirtingų būklių gyvenamuosius daugiabučius pastatus. Ir analizuojant gyvenamųjų pastatų sektorių yra išskirtas pagrindinis šio darbo tikslas:

Išanalizuoti gyvenamųjų pastatų modernizavimo ir projektavimo darbų esamą situaciją, siekiant A++ energetinio efektyvumo klasės, parinkti efektyviausius modernizavimo modelius ir juos tarpusavyje palyginti.

Siekiant įgyvendinti šį darbo tikslą yra išsikelti pagrindiniai darbo uždaviniai:

- Išskirti ir apibendrinti pagrindines Lietuvos ir ES teisinės bazes bei teisinius dokumentus, kurie yra rengiami/ koreguojami ir taikomi pastatų projektavime bei modernizavime;
- Parinkti kelis modernizavimo modelius, juos išanalizuoti, įvertinti jų efektyvumą, tarpusavyje palyginti bei išrinkti efektyviausią sprendinį;
- Išanalizuoti problematiką, kodėl nėra statomi nauji gyvenamieji daugiabučiai pastatai, vietoje jau pasenusių ir nusidėvėjusių daugiabučių.

Tinkamas modernizacijos modelis lemia efektyviausią reikiamų sąnaudų panaudojimą, greičiausią atsipirkimą, mažiausias energijos sąnaudas, reikalingas pastatui apšildyti bei maksimaliai padidėjantį komfortabilumą pastato gyventojams.

1. Energetinio naudingumo klasės

1.1. Pagrindinės sąvokos

Pastatas – stogu apdengtas statinys, kuriame yra vienas ar daugiau kambarių ar kitų patalpų, išdėstytų tarp sienų ir pertvarų ir naudojamų žmonėms gyventi ar žemės ūkio, prekybos, kultūros, transporto ir kitai veiklai.

Atsinaujinančių išteklių energija – energija iš atsinaujinančių neišskastinių išteklių: vėjo, saulės energija, aeroterminiai, geoterminiai, hidroterminiai ištekliai ir vandenynų energija, hidroenergija, biomasė, biodujos, įskaitant sąvartynų ir nuotekų perdirbimo įrenginių dujas, taip pat kitų atsinaujinančių neišskastinių išteklių, kurių panaudojimas technologiškai yra galimas dabar arba bus galimas ateityje, energija.

Pastato ar jo dalies energinis naudingumas – pagal STR 2.01.09.2012 „Pastatų energetinis naudingumas. Pastatų energetinio naudingumo sertifikavimas“ reikalavimus apskaičiuotas energijos kiekis, išreikštas pastato (jo dalies) energetinio naudingumo klase, reikalingas naudojant pastatą pagal paskirtį.

Pastato ar jo dalies energetinio naudingumo sertifikatas – Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos nustatyta tvarka išduotas sertifikatas, kuriame pagal STR 2.01.09.2012 „Pastatų energetinis naudingumas. Pastatų energetinio naudingumo sertifikavimas“ reikalavimus įvertintas pastato (jo dalies) energijos suvartojimas ir nurodoma energetinio naudingumo klasė.

Pastato ar jo dalies energetinio naudingumo sertifikavimas – teisės aktų reglamentuotas procesas, kurio metu nustatomas pastato (jo dalies) energijos sunaudojimas, įvertinamas pastato (jo dalies) energetinis naudingumas priskiriant pastatą (jo dalį) energetinio naudingumo klasei ir išduodamas pastato (jo dalies) energetinio naudingumo sertifikatas.

Pastato ar jo dalies energijos vartojimo efektyvumo rodikliai – pagal STR 2.01.09.2012 „Pastatų energetinis naudingumas. Pastatų energetinio naudingumo sertifikavimas“ reikalavimus apskaičiuoti rodikliai, pagal kurių vertę nustatoma pastato (jo dalies) energetinio naudingumo klasė.

Pastato ar jo dalies energetinio naudingumo klasė – pagal energijos vartojimo efektyvumo rodiklių vertes ir STR 2.01.09.2012 „Pastatų energetinis naudingumas. Pastatų energetinio naudingumo sertifikavimas“ nustatyta pastato (jo dalies) energetinio naudingumo klasė.

Pirminė energija – atsinaujinančių ir neatsinaujinančių energijos išteklių energija, kuri nebuvo kaip nors konvertuota ar transformuota,.

Pastato ar jo dalies norminės energijos sąnaudos – tam tikros paskirties pastatų (jų dalių) energijos sąnaudos, atitinkančios statybos techninių reglamentų reikalavimus.

Pastato ar jo dalies atskaitinės energijos sąnaudos – numatomos mažiausiai energijos

naudojančių 50% tam tikros paskirties pastatų vidutinės energijos sąnaudos.

Pastato ar jo dalies skaičiuojamosios energijos sąnaudos – pagal STR 2.01.09:2012 „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ reglamento reikalavimus apskaičiuotos pastato ar jo dalies standartinės naudojimo sąlygas atitinkančios energijos sąnaudos.

Modernizavimas – tai seno, fiziškai, konstituciškai nusidėvėjusio, pasenusio pastato naujinimas, siekiant pagerinti arba atstatyti konstrukcines pastato savybes, padidinti pastato ekonominę vertę, mažinti energijos kiekį, reikalingą pastatui šildyti.

Renovacija – ekonominis išimtų dėl fizinio ir moralinio nusidėvėjimo pagrindinių gamybos priemonių elementų, užtikrinančių fondų paprastą ir išplėstinę reprodukciją, atnaujinimo procesas.

Statinio rekonstravimas – tai viena iš statybos rūšių, kai pagrindinis tikslas yra iš esmės pertvarkyti esamą statinį ar jo dalį, kartu sukurti jo naują kokybę: pastatyti naujus aukštus (antstatus) ar nugriauti dalį esamų (nedidinant statinio užimto žemės ploto matmenų, išskyrus šioje dalyje nurodytą priestato atvejį) pastatų. Pristatyti prie statinio (ar pastatyti tarp gretimų statinių) priestatą – pagalbinį statinį (pagal naudojimo paskirtį susijusį su statiniu, prie kurio jis yra pristatomas), kurio visų aukštų, taip pat rūsio (pusrūsio), antstatų, pastogės patalpų plotų suma nebūtų didesnė kaip 10 proc. už tokiu pat būdu apskaičiuotą statinio, prie kurio priestatas pristatomas, plotų sumą. Iš esmės keisti statinio fasadų išvaizdą (keičiant apdailą – jos konstrukcijas, medžiagas, įrengiant naujus statinio elementus – balkonus, duris, langus, architektūros detales, keičiant šių statinio elementų matmenis, tipą, išdėstymą ar juos pašalinant). Keisti ar pašalinti nereikalingas bet kurias laikančiąsias konstrukcijas kito tipo konstrukcijomis. Iš esmės keisti pastato patalpų planą, pertvarkant laikančiąsias konstrukcijas, apšiltinti statinio išorines atitvaras (sienas, stogą), atlikti šio straipsnio 20 dalyje išvardytus statinio kapitalinio remonto darbus, jei šie darbai atliekami kartu su statinio rekonstravimu. Pertvarkyti statinio bendrąsias inžinerines sistemas keičiant jų tipą, pralaidumą, atlikti technologinių įrenginių ir technologinių inžinerinių sistemų, inžinerinių tinklų ir susisiekimo komunikacijų rekonstravimo darbus, nurodytus normatyviniuose statinio saugos ir paskirties dokumentuose. Pritaikyti statinį naujai paskirčiai, kai normatyvinių statybos techninių dokumentų ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų nustatyti naujos statinio paskirties reikalavimai yra griežtesni negu buvusios ir kai šių reikalavimų negalima laikytis, atliekant paprastąjį ar kapitalinį remontą.

Statinio remontas – statybos rūšis, kai yra tikslas iš dalies arba visiškai atkurti normatyvinių statybos techninių dokumentų nustatytas statinio ar jo dalies savybes, pablogėjusias dėl statinio naudojimo, arba jas pagerinti.

Rekuperacija – iš pastato išleidžiamo oro šilumos energijos dalies grąžinimas pakartotiniam panaudojimui.

Mažai energijos naudojančios pastatai (jų dalys) – pastatai ar jų dalys, atitinkantys A, ir A+, A++ energetinio naudingumo klasių reikalavimus.

Energijos beveik nevarojantys pastatai – tai labai aukšto energetinio naudingumo pastatai, kuriuose energijos sunaudojimas beveik lygus nuliui arba energijos sunaudojimas labai mažas, didžiąją sunaudojamos energijos dalį sudaro atsinaujinančių išteklių energija, įskaitant vietoje ar netoliese pagamintą atsinaujinančių išteklių energiją.

Energetinis efektyvumas – tai vienas iš pagrindinių Europos Sąjungos klimato politikos tikslų.

Energetinis naudingumas – tai sutaupyto energijos kiekio ir suvartoto (arba prognozuojamo) energijos kiekio santykis. Kitaip tariant, efektyvaus energijos vartojimo tikslas yra sumažinti energiją gaminant, eksploatuojant ar teikiant paslaugas. Pastatuose tai taikoma šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo energijai arba elektros energijai, kurią suvartoja pastate veikiančios įrenginiai.

Aplinkos tvarumas – pastatų statybos, statybų ir pastatų eksploatavimo priežiūra turi būti taip atliekama, kad šie darbai kuo efektyviau tausotų gamtos išteklius bei kuo mažiau terštų aplinką.

Socialinis tvarumas – parodo, kaip aplinka bei jai priklausantys elementai turi puoselėti socialinę sanglaudą bei turi užtikrinti saugią ir švarią aplinką ne tik turto savininkams (gyventojams), bet ir statybvietėje dirbantiems statybininkams ar kasdienius valymo ir priežiūros darbus atliekantiems asmenims.

Ekonominis tvarumas – turi rentabiliai kilti ir funkciškai patenkinti vartotojų reikalavimus, taupyti veikos sąnaudas ir kaštus, kuo ilgiau pratęsti pastato tarnavimo laikotarpį, kartu turi kuo ilgiau išlaikyti aukštą turto vertę.

Kvartalinė – kompleksinė renovacija - ja yra siekiama didinti ne tik pavienių pastatų energetinį efektyvumą, bet kartu siekiama ir gyvenamosios aplinkos atkūrimą, gerinimą, pasenusių ar nusidėvėjusių infrastruktūros objektų atstatymą bei sutvarkymą, bendrų miesto šilumos sistemų, patenkančių į kvartalinės renovacijos zoną, modernizavimas ir pan.

Darnus būstas - tai aplinka, kurioje jis yra, įvairių galimybių: poilsio zonų, susisiekimo ir kitų zonų – erdvių užtikrinimas.

Termoporos – tai labiausia paplitę pramonėje temperatūros davikliai, kurie turi labai trumpą suveikimo laiką, taip pat yra naudojamos labai plačiame temperatūros diapazone.

Termofikatas – tai miesto šilumos gamintojų, tiekėjų, miesto šilumos sistemoje naudojamas prisotintas vanduo, pagamintai šilumai pernešti.

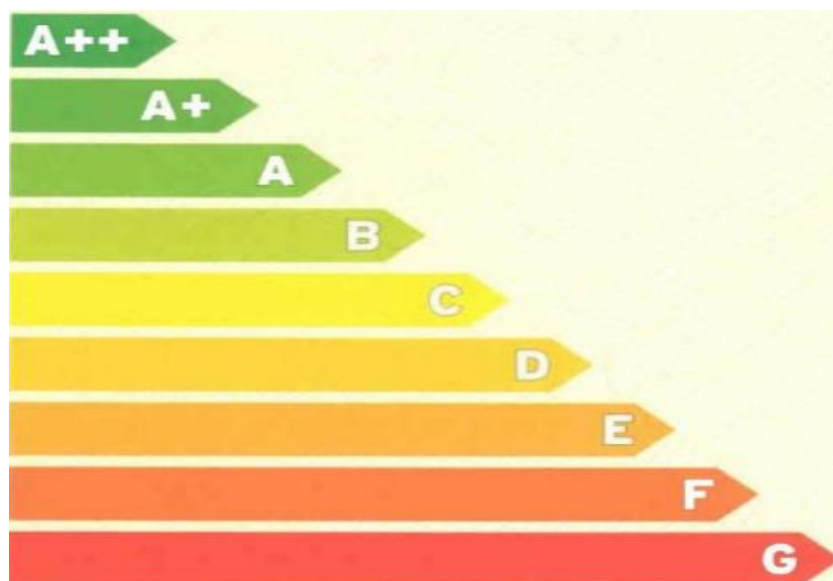
Prisotintas vanduo – tai šilumos sistemoje naudojamas vanduo šilumai pernešti, kurio virimo temperatūra yra didesnė nei 100 °C.

1.2. Pastatų klasifikacija pagal energinio naudingumo klases

Kiekvienas pastatas ar tai būtų senosios statybos, ar naujai statomas, ar renovuojamas yra skirstomas į energinio naudingumo klases pagal energijos kiekį, kuris yra sunaudojamas pastatui apšiltinti. Kiekvienas statinys pagal skirtingus rodiklius pritaikomas energinio naudingumo klasei.

Viso yra 9 energinio naudingumo klasės (1 pav.): A++ (aukščiausia klasė, kai yra suvartojama mažiausiai energijos), A+, A, B, C, D, E, F, G (žemiausia klasė, kai sunaudojama daugiausia energijos). Pastarosios klasės pastatai yra visiškai neekonomiški ir energetiškai neefektyvūs.

Naujai pastatyti pastatų (pastato dalių) energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip B. Didesnių kaip 1000 kvadratinių metrų naudingojo ploto kapitaliai renovuojamų pastatų (pastato dalių) energinio naudingumo klasė turi būti ne žemesnė kaip C. Reikalavimai parduodamų ir išnuomojamų pastatų (pastato dalių) energinio naudingumo klasei nekeliama. Tačiau šie reikalavimai sparčiai griežtėja ir nuo 2021 metų naujai projektuojami ir pradedami statyti pastatai turės atitikti A++ energinio naudingumo klasę.



1 pav. Energinio naudingumo klasės [47]

Energinio naudingumo klasės nustatomos ne visiems pastatams. Pastatams, kuriems energinio naudingumo reikalavimai nenustatomi, priskiriami:

- pastatai, kurie yra kultūros paveldo statiniai, jeigu laikantis reikalavimų nepageidautinai pakistų charakteringos jų savybės ar išvaizda;
- maldos namai ir kitokios religinės veiklos pastatai;
- laikini pastatai, skirti naudoti ne ilgiau kaip 2 metus;

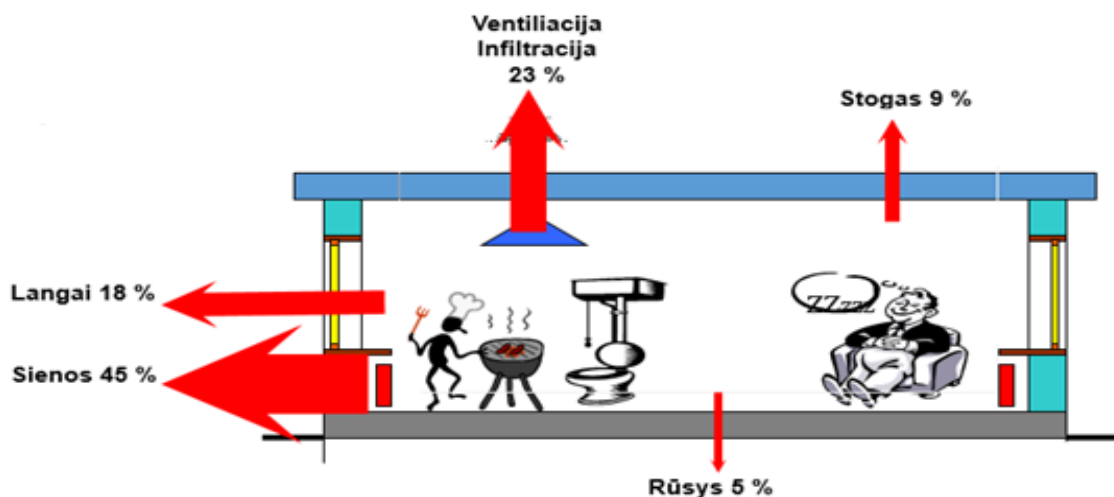
- poilsio paskirties, sodų paskirties pastatai, naudojami ne ilgiau kaip keturis mėnesius per metus;
- atskirai stovintys pastatai, kurių naudingasis plotas ne didesnis kaip 50 kvadratinų metrų;
- nedaug energijos sunaudojantys gamybos ir pramonės, sandėliavimo paskirties bei žemės ūkiui tvarkyti skirti negyvenamieji pastatai;
- nešildomi pastatai.

Norint pagerinti pastato energinį efektyvumą reikia atsižvelgti į tokias pastabas kaip:

- pastato aukštingumas;
- pastato sandarumo lygis;
- atitvarų šiluminės varžos;
- langų ir durų šiluminės varžos;
- langų ir durų orinio laidžio klasės;
- langų kiekis;
- durų kiekis į lauką ir nešildomas patalpas;
- šilumos tilteliai;
- vėdinimo sistemos parinkimas;
- karšto vandens ruošimo sistemos parinkimas;
- šildymo sistemos parinkimas.

Norint tinkamai suprojektuoti bei išgauti projektuojamo objekto aukščiausią energinio efektyvumo klasę, reikia tinkamai projektuoti atskiras pastato (statinio) dalis:

- pamatus;
- grindis ant grunto;
- statinių sienas;
- tarpaukštines perdangas;
- vidaus atitvarines sienas;
- langus, duris, vartus;
- stogą.



2 pav. Pagrindinės šilumos nuostolių kryptys [37]

1.3. Pastatų energetinio naudingumo vertinimo ir projektavimo pagrindiniai reikalavimai

Pastato ir jo dalių energetinio naudingumo klasė yra nustatoma pagal nagrinėjamų pastatų turimas ir planuojamas gauti rodiklių vertes, tokias kaip: pastato atitvarų skaičiuojamųjų savitųjų šilumos nuostolių; pastato sandarumo; mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistemos techninių rodiklių; pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklio C_1 vertę, apibūdinančią pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą šildymui, vėdinimui, vėsinimui ir apšvietimui; pastato energijos vartojimo efektyvumo rodiklio C_2 vertę, apibūdinančią pirminės neatsinaujinančios energijos vartojimo efektyvumą. [1]

Atitinkamos energetinio naudingumo klasės pastatų ir jų dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 verčių skaičiavimo tvarka yra nustatyta STR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“. C_1 ir C_2 verčių dydžiai privalo atitikti [1]:

- A++ klasės: $C_1 < 0,25$ ir $C_2 \leq 0,70$;
- A+ klasės: $0,25 \leq C_1 < 0,375$ ir $C_2 \leq 0,80$;
- A klasės: $0,375 \leq C_1 < 0,5$ ir $C_2 \leq 0,85$;
- B klasės: $0,5 \leq C_1 < 1$ ir $C_2 \leq 0,99$;
- C klasės: $1 \leq C_1 < 1,5$;
- D klasės: $1,5 \leq C_1 < 2$;
- E klasės: $2 \leq C_1 < 2,5$;
- F klasės: $2,5 \leq C_1 < 3$;
- G klasės: $C_1 \geq 3$.

1 lentelė. D, C, B, A, A+, A++ energetinio naudingumo klasių pastatams reikalavimai [2]

Pastatų energetinio naudingumo klasės	Reikalavimai atitinkamos energetinio naudingumo klasės pastatams
D klasės pastatai (jų dalys)	<p>1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklio C_1 vertė turi atitikti aukščiau parašytą reikšmę, pagal energetinio naudingumo klasę</p> <p>2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 2 lentelėje pateiktus reikalavimus.</p>
C klasės pastatai (jų dalys)	<p>1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.</p> <p>2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 2 lentelėje pateiktus reikalavimus.</p> <p>3. Pastato ar jo dalių sandarumas turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento X skyriaus reikalavimus.</p>
B klasės pastatai (jų dalys)	<p>1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.</p> <p>2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 2 lentelėje pateiktus reikalavimus.</p> <p>3. Pastato ar jo dalių pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento IX skyriaus reikalavimus.</p> <p>4. Pastato ar jo dalių sandarumas turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento X skyriaus reikalavimus.</p> <p>5. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui ar jo dalims šildyti turi būti ne didesnės už aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.</p>
A klasės pastatai (jų dalys)	<p>1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.</p> <p>2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 3 lentelėje pateiktus reikalavimus.</p>

1 lentelės tęsinys

Pastatų energinio naudingumo klasės	Reikalavimai atitinkamos energinio naudingumo klasės pastatams
A klasės pastatai (jų dalys)	3. Jei pastate ar jo dalyse įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,65, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti 0,75 Wh/m ³ .
	4. Pastato ar jo dalių pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento IX skyriaus reikalavimus.
	5. Pastato ar jo dalių sandarumas turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento X skyriaus reikalavimus.
	6. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui ar jo dalims šildyti turi būti ne didesnės už aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.
A+ klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.
	2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 4 lentelėje pateiktus reikalavimus.
	3. Jei pastate ar jo dalyse įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,80, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti 0,55 Wh/m ³ .
	4. Pastato ar jo dalių pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento IX skyriaus reikalavimus.
	5. Pastato ar jo dalių sandarumas turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento X skyriaus reikalavimus.
	6. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui ar jo dalims šildyti turi būti ne didesnės už aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.

1 lentelės tęsinys

Pastatų energinio naudingumo klasės	Reikalavimai atitinkamos energinio naudingumo klasės pastatams
A++ klasės pastatai (jų dalys)	1. Pastato ar jo dalių energijos vartojimo efektyvumo rodiklių C_1 ir C_2 vertės turi atitikti aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.
	2. Pastato ar jo dalių atitvarų skaičiuojamieji savitieji šilumos nuostoliai turi atitikti 5 lentelėje pateiktus reikalavimus.
	3. Jei pastate ar jo dalyse įrengta mechaninio vėdinimo su rekuperacija sistema, rekuperatoriaus naudingumo koeficientas turi būti ne mažesnis už 0,90, o rekuperatoriaus ventiliatoriaus naudojamas elektros energijos kiekis neturi viršyti $0,45 \text{ Wh/m}^3$.
	4. Pastato ar jo dalių pertvarų ir tarpaukštinių perdenginių šiluminės savybės turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento IX skyriaus reikalavimus.
	5. Pastato ar jo dalių sandarumas turi atitikti TR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinio naudingumo projektavimas“ reglamento X skyriaus reikalavimus.
	6. Pastate ar jo dalyse sunaudota energijos dalis iš atsinaujinančių išteklių turi atitikti STR 2.01.09:2012 [5.6] 2 priedo 90 punkto reikalavimus, t. y. didžiąją sunaudojamos energijos dalį turi sudaryti atsinaujinančių išteklių energija.
	7. Šiluminės energijos sąnaudos pastatui ar jo dalims šildyti turi būti ne didesnės už aukščiau parašytas reikšmes, pagal energetinio naudingumo klasę.

2 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A++)}$ ($W/(m^2 \cdot K)$) vertės B ir C energetinio naudingumo klasėms

Atitvaros rūšis	Atitvarą žymintis poraidis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
			Viešosios paskirties pastatai	Pramonės pastatai
Stogai	<i>r</i>	0,16* κ_2	0,20* κ_2	0,25* κ_1 * κ_2
Perdangos	<i>ce</i>			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	<i>fg</i>	0,25* κ_2	0,30* κ_2	0,40* κ_1 * κ_2
Perdangos virš nešildomų rūšių ir pogrindžių	<i>cc</i>			
Sienos	<i>w</i>	0,20* κ_2	0,25* κ_2	0,30* κ_1 * κ_2
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	<i>wda</i>	1,6* κ_2	1,6* κ_2	1,9* κ_1 * κ_2
Durys, vartai	<i>d</i>	1,6* κ_2	1,6* κ_2	1,9* κ_1 * κ_2

3 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A++)}$ ($W/(m^2 \cdot K)$) vertės A energetinio naudingumo klasei

Atitvarų apibūdinimas	Atitvarą žymintis poraidis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
			Viešosios paskirties pastatai	Pramonės pastatai
Stogai	<i>r</i>	0,10* κ_2	0,11* κ_2	0,16* κ_1 * κ_2
Perdangos	<i>ce</i>			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	<i>fg</i>	0,14* κ_2	0,16* κ_2	0,25* κ_1 * κ_2
Perdangos virš nešildomų rūšių ir pogrindžių	<i>cc</i>			
Sienos	<i>w</i>	0,12* κ_2	0,15* κ_2	0,20* κ_1 * κ_2
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	<i>wda</i>	1,0* κ_2	1,3* κ_2	1,4* κ_1 * κ_2
Durys, vartai	<i>d</i>	1,0* κ_2	1,3* κ_2	1,4* κ_1 * κ_2

4 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A++)}$ (W/(m²*K)) vertės A+ energetinio naudingumo klasei

Atitvarų apibūdinimas	Atitvarą žymintis poraidis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
			Viešosios paskirties pastatai	Pramonės pastatai
Stogai	<i>r</i>	0,09*κ ₂	0,10*κ ₂	0,14*κ ₁ *κ ₂
Perdangos	<i>ce</i>			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	<i>fg</i>	0,12*κ ₂	0,14*κ ₂	0,18*κ ₁ *κ ₂
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių	<i>cc</i>			
Sienos	<i>w</i>	0,11*κ ₂	0,13*κ ₂	0,17*κ ₁ *κ ₂
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	<i>wda</i>	0,85*κ ₂	1,0*κ ₂	1,2*κ ₁ *κ ₂
Durys, vartai	<i>d</i>	0,85*κ ₂	1,0*κ ₂	1,2*κ ₁ *κ ₂

5 lentelė. Pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų $U_{(A++)}$ (W/(m²*K)) vertės A++ energetinio naudingumo klasei

Atitvarų apibūdinimas	Atitvarą žymintis poraidis	Gyvenamieji pastatai	Negyvenamieji pastatai	
			Viešosios paskirties pastatai ¹⁾	Pramonės pastatai ²⁾
Stogai	<i>r</i>	0,080*κ ₂	0,090*κ ₂	0,12*κ ₁ *κ ₂
Perdangos	<i>ce</i>			
Šildomų patalpų atitvaros, kurios ribojasi su gruntu	<i>fg</i>	0,10*κ ₂	0,12*κ ₂	0,12*κ ₁ *κ ₂
Perdangos virš nešildomų rūsių ir pogrindžių	<i>cc</i>			
Sienos	<i>w</i>	0,10*κ ₂	0,11*κ ₂	0,14*κ ₁ *κ ₂
Langai, stoglangiai, švieslangiai ir kitos skaidrios atitvaros	<i>wda</i>	0,70*κ ₂	0,85*κ ₂	1,1*κ ₁ *κ ₂
Durys, vartai	<i>d</i>	0,70*κ ₂	0,85*κ ₂	1,1*κ ₁ *κ ₂

Šiame magistriniame darbe analizuojame tik gyvenamųjų pastatų šilumos perdavimo koeficientus A++ energetinio naudingumo klasei.

Pagal gyvenamųjų pastatų statybos metus, nesunkiai galima nustatyti ir esamų pastatų energetinio naudingumo klases. Kiekvienai šiai klasei yra nustatyta šilumos perdavimo ir varžos koeficientų dydžiai, kuriuos turėjo ar turi taikyti projektuotojai ir statytojai, įgyvendinami daugiabučių gyvenamųjų namų projektus. Todėl nagrinėdami Lietuvoje pastatytų gyvenamųjų daugiabučių namų amžių, galima juos suskirstyti į kelias pagrindines grupes pagal tai, kada pastatai buvo pastatyti ir kokio amžiaus pastatai yra:

- Gyvenamieji daugiabučiai pastatai, kurių amžius yra daugiau nei 35 metai;
- Gyvenamieji daugiabučiai pastatai, kurių amžius yra 20 – 35 metai;
- Gyvenamieji daugiabučiai pastatai, kurių amžius yra 10 – 20 metai;
- Gyvenamieji daugiabučiai pastatai, kurių amžius yra iki 10 metų.

Pagal statybos metus, pastatų amžių bei to meto naudojamas medžiagas yra nustatyta ir pastatų konstrukcijų šilumos perdavimo bei varžos koeficientai, kurių pagalba yra nustatoma gyvenamųjų daugiabučių pastatų energetinio naudingumo klasės. Pagal šiuos dydžius, gerėjančias statybines medžiagas, gerėjančias statybinių medžiagų savybes bei remiantis Europos sąjungos šalių patirtimi yra nustatyta ir kitų energetinio naudingumo klasių šilumos perdavimo ir varžos dydžiai, kuriuos turi tenkinti ir kur kas aukštesnės energetinio naudingumo klasės. Šilumos perdavimo ir varžos koeficientų dydžiai ir jų kitimas pagal statybos metus bei pastatų energetinio naudingumo klases yra pateikti 6 lentelėje.

6 lentelė. Reikalavimų gyvenamųjų pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientui – U, W ($m^2 \cdot K$) (varžoms – R, $m^2 \cdot K/W$) kitimas pagal statybos metus ir energetinio naudingumo klasę

Pastato atitvara	Iki 1992 m.	Nuo 1992 m. iki 1999 m.	Nuo 1999 m. iki 2005 m.	Nuo 2005 m. iki 2016 m.	A klasė	A+ klasė	A++ klasė
Stogas	0,85 (1,2)	0,25 (4,0)	0,18 (5,6)	0,16 (6,3)	0,1 (10)	0,09 (11)	0,08 (12,5)
Sienos	1,27 (0,8)	0,30 (3,3)	0,26 (3,8)	0,20 (5,0)	0,12 (8,3)	0,11 (9,1)	0,1 (10)
Grindys	0,71 (1,4)	0,30 (3,3)	0,26 (3,8)	0,15 (4,0)	0,14 (7,1)	0,12 (8,3)	0,1 (10)
Langai	2,5 (0,4)	1,9 (0,53)	1,9 (0,53)	1,6 (0,63)	1,0 (1,0)	0,85 (1,2)	0,7 (1,4)
Durys	2,2 (0,45)	2,0 (0,5)	1,9 (0,53)	1,6 (0,63)	1,0 (1,0)	0,85 (1,2)	0,7 (1,4)

2. Pastatų modernizavimo svarba

Lietuvos miestuose didžioji dalis gyvenamųjų namų yra pastatyti dar sovietmečiu. Tokie namai buvo projektuojami ir statomi pagal to meto galiojančius normatyvinius dokumentus ir normatyvines nuorodas. Tokių dar sovietmečiu statytų namų eksploatacijos trukmė buvo numatoma pagal pastato konstrukciją. Pagrindinių pastato konstrukcijų eksploatavimo laikas pateiktas 7 lentelėje.

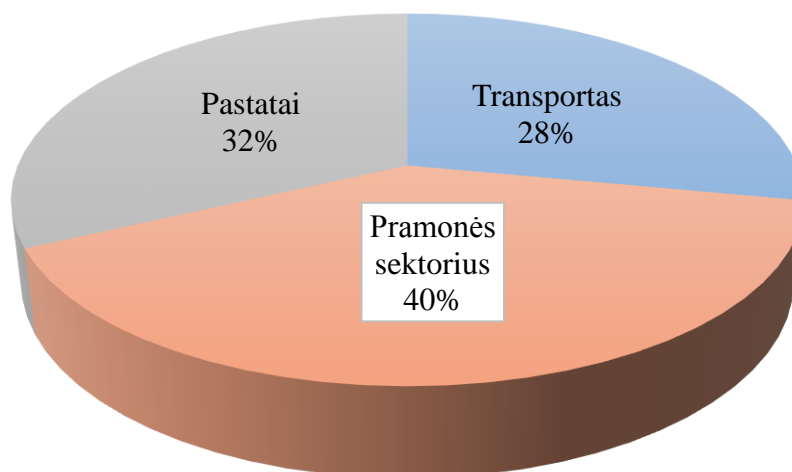
7 lentelė. Vidutinė eksploatacijos trukmė pagal galiojusias SSSR normas [6]

Eil Nr.	Konstrukcijų, jų dalių, inžinerinių tinklų pavadinimas	Eksploatacijos trukmė, metais
1.	Betoniniai ir/ ar gelžbetoniniai pamatai	125
2.	Surenkamos gelžbetoninės sienos	125
3.	Surenkamos gelžbetoninės perdangos	125
4.	Langai ir durys mediniuose rėmuose	40
5.	Patalpų medinės durys	50
6.	Grindų danga – lentos	40
7.	Grindų danga – linoleumas	20
8.	Grindų danga –keraminės plytelės	80
9.	Stogo danga iš 2 – 3 – jų sluoksnių ruberoido ir 1 – no sluoksnio perdengimo	10
10.	Sandūrų hermetizavimas	8
11.	Fasadų apdaila – dažai	6
12.	Fasadų apdaila – terazitinis fasadų tinkas	50
13.	Šalto vandentiekio sistema iš cinkuoto vamzdžio	30
14.	Karšto vandentiekio sistema iš cinkuoto vamzdžio	15
15.	Dujotiekio sistema	20

Nuolat augant energijos kainoms, gyventojams yra vis sunkiau pastatus ar jų dalis išlaikyti ir tai gyventojus skatina modernizuoti pastatus ar jų dalis. Tokiu būdu yra siekiama pagerinti energijos suvartojimą ir sumažinti biudžeto dalį, tenkančią energijos apmokėjimui. Pasak Antje Junghans (2013), pasiekti energijos taupymą, mažinant neatsinaujinančių energijos šaltinių (naftos, dujų, anglies) vartojimą, kartu atitinkamai sumažinti CO₂ išmetimą į aplinką, yra vienas pagrindinių visų pasaulio šalių tikslas. Todėl tinkamas ir išsamus strategijos pasirinkimas bei parengimas gali labai tiksliai įvertinti energijos vartojimo potencialų efektyvinimą esamuose pastatuose. Mizan Rahman bei Nafeez Fatima (2011) pabrėžia, kad valstybės ir visuomenės siekis

energijos suvartojimo mažinimo turi duoti kuo didesnę naudą, kartu ir tarnauti, kaip verslo modelis, kurio pagalba yra didinama jų turimo turto vertė. Junghans (2013) kartu pabrėžia, kad tinkamai sutelktas dėmesys į energijos suvartojimą ir kontrolę, įtakoja biudžeto taupymą, nes tinkamai parinkti energijos efektyvinimo modeliai įtakoja ir energijos vartojimo mažėjimą bei tinkamo modernizavimo modelio parinkimą, siekiant sukurti „Pasyvius namus“. Tokias pat problematikas išskiria ir autoriai Joshua M. Pearce bei Laura L. Miller (2006) sakydami, kad nuolatinis žmonių skaičiaus augimas pasaulyje ir jų siauras supratimas dėl aplinkosaugos lemia didelius energijos gavybos kiekius, vis didėjantį aplinkos užterštumą bei vis labiau nykstančius gamtinius išteklius. Kartu pabrėžia, kad tik po tinkamo ir išsamaus visuomenės apmokymo bei jų tikslo suformavimo atsiras ryškus ir tvirtas pagrindas spartaus vartojamos energijos mažinimui.

Sparčiai kylantys reikalavimai visų tipų projektuojamiems ir naujai statomiems pastatams bei šalių siekis kuo labiau sumažinti energijos sunaudojimą šilumos gavimui, įtakoja ir pastatų modernizavimo (renovavimo) sektorių. Toks daugelio pasaulio šalių užsibrėžtas tikslas nepralenkia ir Lietuvos. Europos šalių, tarp jų ir Lietuvos, energijos suvartojimas siekia net 40 proc. visos suvartojamos energijos pastatams šildyti bei palaikyti komforto zoną. Visos Europoje pagaminamos ir suvartojamos energijos sektoriai, su sunaudojama energija pateikti 3 pav.. Todėl tokie dideli energijos suvartojimai ir siekis mažinti aplinkos užterštumą verčia susimastyti ir siekti aukščiausių standartų ne tik naujų pastatų statyboje, bet ir juos renovuojant – modernizuojant. Pasak Graeme Newell, John MacFarlane, Roger Walker (2014), vieni iš pagrindinių siekių turėtų būti aplinkos saugojimas, jos puoselėjimas, spartesnis „Žaliųjų statybų“ sektoriaus vystymas. Šie siekiai turi būti pabrėžiami ne tik pasaulio šalių vadovų (vyriausybių), bet ir visų kitų nuosavybės subjektų: nuomininkų, investuotojų, vystytojų, savininkų, bendruomenių. Kadangi pramonės sektorius daro didžiausią poveikį aplinkai, tai parodo, kad pirmasis žingsnis turi būti pertvarkant visą pramonės sektorių, dėl ko būtų galima sumažinti CO₂ emisiją net 23 proc., energijos poreikį būtų galima sumažinti iki 40 proc., 16 proc. sumažėtų vandens naudojimas, net 30 proc. sumažėtų išmetamų atliekų į sąvartynus kiekis, iki 71 proc. būtų galima sumažinti elektros energijos suvartojimą.

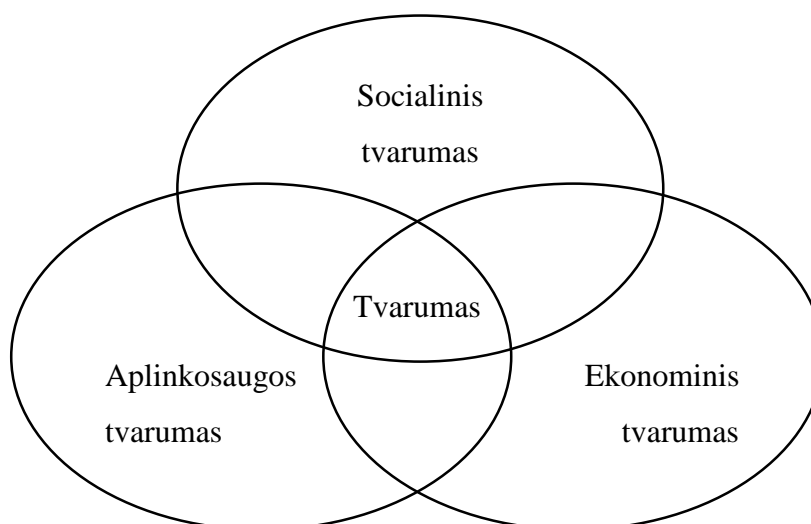


3 pav. Pirminės energijos suvartojimas Europos šalyse

Siekį tinkamai valdyti energijos vartojimą, efektyviau naudoti sparčiai senkančius gamtos išteklius, mažinti aplinkos taršą pabrėžia ir Kam – Din Wong ir Qing Fan (2013), autoriai apibūdina tvariąją statybą, kaip trijų elementų sąsają (4 pav.):

- **Aplinkos tvarumas** – pastatų statybos, statybų ir pastatų eksploatavimo priežiūra turi būti taip atliekama, kad šie darbai kuo efektyviau tausotų gamtos išteklius bei kuo mažiau terštų aplinką.
- **Socialinis tvarumas** – parodo, kaip aplinka bei jai priklausantys elementai turi puoselėti socialinę sanglaudą bei turi užtikrinti saugią ir švarią aplinką ne tik turto savininkams (gyventojams), bet ir statybvietėje dirbantiems statybininkams ar kasdienius valymo ir priežiūros darbus atliekantiems asmenims.
- **Ekonominis tvarumas** – turi rentabiliai kilti ir funkciškai patenkinti vartotojų reikalavimus, taupyti veikos sąnaudas ir kaštus, kuo ilgiau pratęsti pastato tarnavimo laikotarpį, kartu turi kuo ilgiau išlaikyti aukštą turto vertę.

Šių trijų pagrindinių elementų bendra visuma parodo, kad ne tik siekis modernizuoti ar statyti tik naujus energetiškai nepriklausomus pastatus, bet ir tinkama pastatų ar jų dalių eksploatacija ir tinkama priežiūra gali mažinti patiriamus kaštus dėl energijos gavybos ir vartojimo pastatams šildyti.



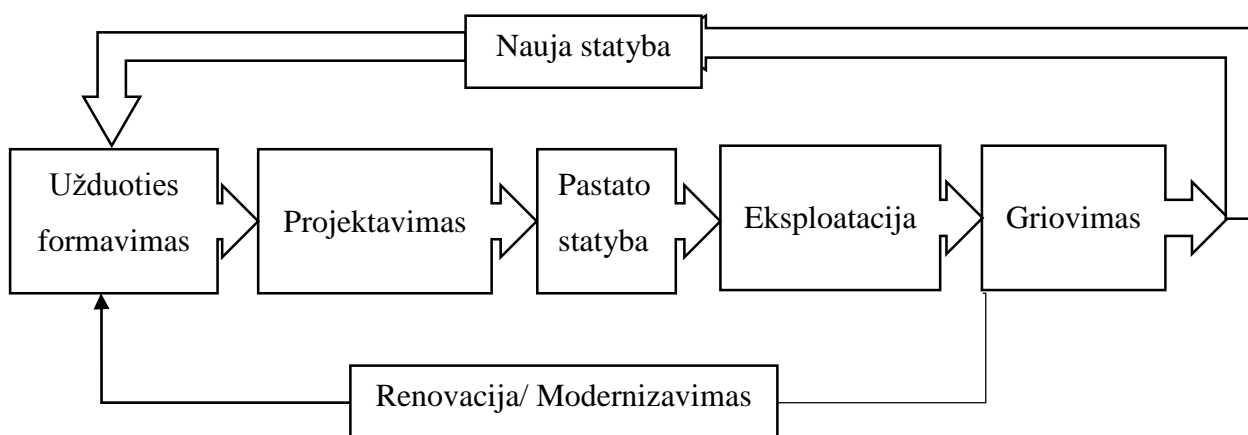
4 pav. Tvarios statybos sudėtis [24]

Siekiant šalyje įgyvendinti užsibrėžtus tikslus yra planuojama, kad 2015 – 2020 metų laikotarpiu papildomai bus renovuota nemažiau, kaip 4000 gyvenamųjų daugiabučių pastatų. Ir kartu siekiama, kad iki 2020 metų, renovuojant bei modernizuojant pastatus, bus pasiektas šiluminės energijos sąnaudų sumažėjimas daugiabučiuose pastatuose 1000 GWh per metus sumažėjimas. Tokie pateikti duomenys tik parodo svarbumą, kad tiek pramonės, tiek statybų sektoriuje turi būti būtinai vykdomi rinkų pakeitimai, nes tik tada bus galima pasiekti mažai energijos naudojamų statinių spartų vystymą ir įgyvendinimą.

Shanshan Bu, Geoffrey Shen, Chimay J. Anumba, Andy K.D. Wong, Xin Liang, (2015) pabrėžia, kad tinkamas pastatų ūkio valdymo parinkimas, tinkama priežiūra apima ne tik naujos statybos pastatus ar jau esamus ir eksploatuojamus ne pirmą dešimtį metų, bet ir renovuojamus ar net griaujamus statinius. Autoriai pabrėžia, kad padeda lengviau įvertinti maksimalų pastatų gyvavimo ciklą ne tik esamiems pastatams, bet ir naujai statomiems, konkrečiau nustatyti esminius klausimus, suformuluoti konkretesnes užduotis projektuojamiems pastatams. Todėl pradėti kelti reikalavimai ir siekis pasiekti A++ energetinio naudingumo klasę arba pradėti statyti Pasyvius namus ir didžiausias tikslas: kad pastatai gebėtų sunaudoti ne daugiau energijos, kaip 15 kWh/m² per metus. Tokie užsibrėžti šalių tikslai bei uždaviniai apima ne tik statybą, pastatų modernizavimą, bet ir tinkamą pastatų priežiūrą. Nes tinkama pastatų priežiūra ir laiku atliekami pastatų renovavimo darbai reikalingi tam, kad pastatai būtų energetiškai efektyvūs ir tarnautų visą jo gyvavimo ciklą (5 pav.). Autorių pagrindinis tikslas yra padėti pasiekti naują projektavimo metodų parinkimo sistemą, kartu apjungiant švietimo, informacinių sistemų, komunikacijų ir kitų sistemų susijungimą.

Smith (2012) pabrėžia, kad bet koks siūlomas ir jau taikomas efektyvus sprendimas dėl klimato kaitos turi būti svarbiausia problema ne tik išsivysčiusiose šalyse, bet ir dar vis

besivystančiose šalyse. Jungtinių Amerikos Valstijų padarytas didelis žingsnis, kurio dėka pavyko stipriai sumažinti energijos gamybą ir suvartojimą, todėl pastaraisiais metais besivystančios šalys parodė didelį norą ir siekį savanoriškai pereiti prie brangesnių energijos formų – alternatyvios energijos. Autorius teigia, kad iškastinio kuro naudojimas greičiausiai nesikeis, nors ir alternatyvios energijos gamybos formos taptų labiau ekonomiškai efektyvesnės. Tai parodo, kad iškastinio kuro gamyba ir iš jo gaminama energija visada bus ekonomiškai labiau patrauklesnė vartotojui, tačiau pabrėžia, kad valstybėms reikia atkreipti dėmesį į papildomą alternatyvios energijos naudojimo subsidijavimą, kaštų padengimą, kad ši energijos forma galėtų konkuruoti su didžiąją rinkos dalį užimančia energijos gamyba iš iškastinio kuro.



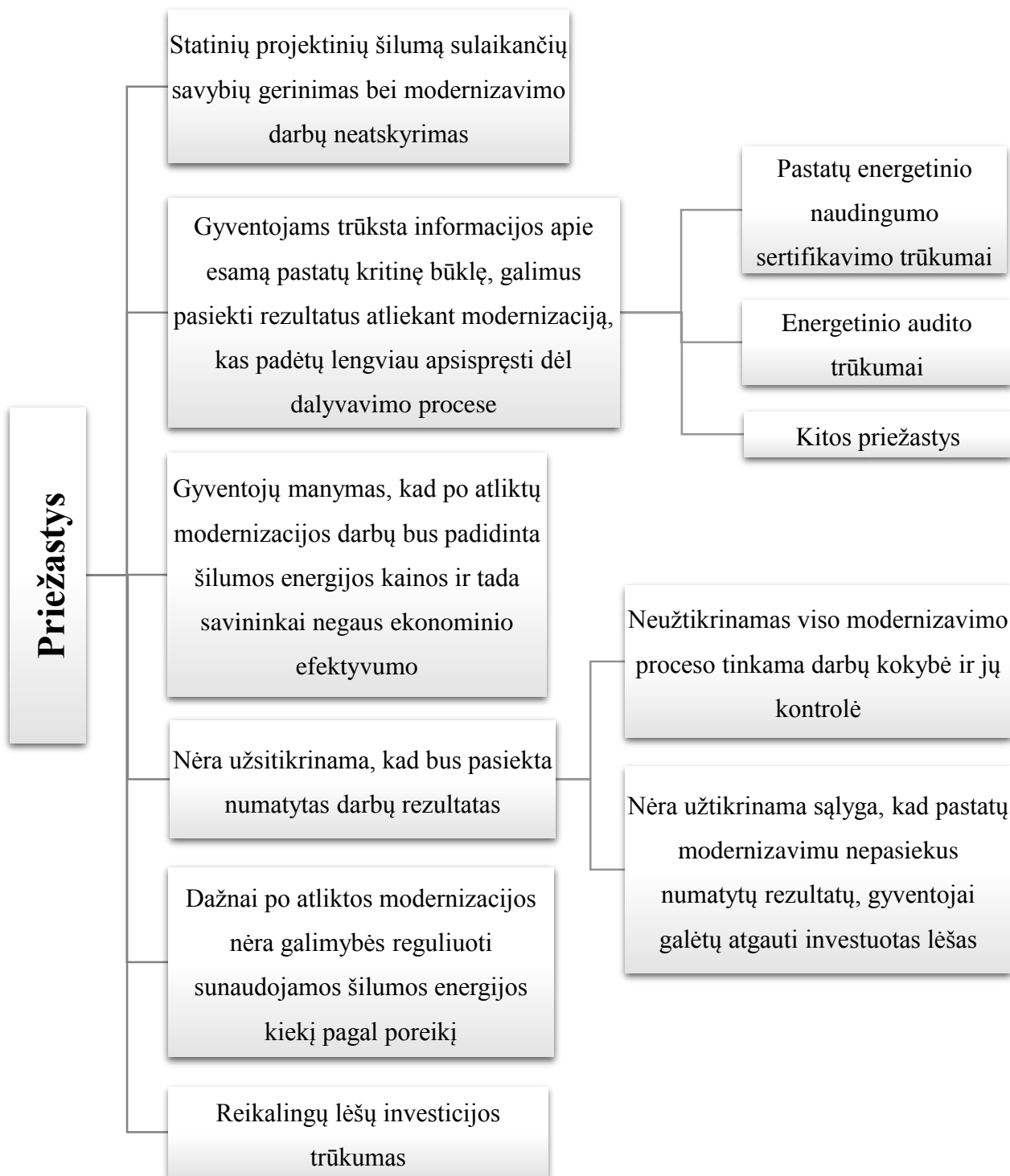
5 pav. Pastato gyvavimo ciklo principinė schema

Kuo tiksliau yra parengtas pastato projektas, kuo tiksliau ir kruopščiau buvo parinkti statytojai, tinkamai atrinktos naudojamos medžiagos, tinkama eksploatacija bei laiku atliekama pastatų priežiūra, tuo mažesni energijos kiekiai reikalingi pastatui bei mažesni darbų kaštai pastatui dėvintis.

Pasak David R. Riley, Corinne E. Thatcher, Elizabeth A. Workman (2006), reikia teikti pirmenybę efektyviam energijos naudojimui, kad didžiosios pasaulio šalys pirmiausia sutelktų dėmesį ir mažintų iškastinio kuro, vandens ir kitų medžiagų per didelį suvartojimą, kas stipriai įtakotų didelius energijos suvartojimus. Ir tik tada, tų šalių pavyzdžiu pradės sekti ir kitos tautos. Nes tik sumažinus energijos suvartojimą iki minimumo, bus sunaikintas ar bent maksimaliai sumažintas neigiamas pastatų poveikis aplinkai. Tų pačių autorių (David R. Riley, Corinne E. Thatcher, Elizabeth A. Workman (2006)) teigimu, tinkamas pastatų sistemų įvertinimas ir išmatavimas turi gan didelę įtaką pastatų energiniam naudingumui ir energinio naudingumo didinimui. Todėl dabar energijos vartojimo efektyvumas visų statybų sektoriuje yra tapęs vienu iš pagrindinių taikinių, siekiančių sumažinti ir visuomenės energijos naudojimą (Kneifer, 2010). Kadangi tik dabar, esamų pastatų modernizavimas vis greičiau užima didesnę statybų veiklos dalį.

Tačiau ši statybų sektoriaus dalis, pastatų energetinio efektyvumo didinimas yra viena iš mažiausių ir lėčiausiai besiplečiančių statybos pramonės dalių tiek Lietuvoje, tiek viso pasaulio šalyse. Vienos iš didžiausių kliuvinių pastatų modernizavimo sektoriuje yra aplinkinių šalies gyventojų (esamų ir potencialių klientų) rizikos suvokimas, netinkamas visuomenės informavimas, mažas informacijos kiekis, netinkamas lėšų planavimas bei bloga pastatų priežiūra ir administravimas. Tai įtakoja visuomenės neišprusimą, energetinio efektyvumo sektoriaus lėtą augimą. Pasak Aste ir Pero (2012), vienas iš pirminių sprendinių galinčių pastūmėti energetinio efektyvumo ir pastatų modernizavimo sektorių augimą yra šalies rinkos sprendimų pakeitimai, paremti kainodaros struktūra, kuri gali padėti geriau atspindėti esamą situaciją šalyje. Padėti geriau visuomenei perprasti išleidžiamus kaštus energijos išgavimui ir sueikvojimui energetiškai neefektyviems pastatams tarp modernizavimo kaštų ir energijos sutaupymo skirtumų. Panašią situaciją pabrėžė ir Austin C. Otegbulu (2011) teikdamas, kad besivystančiose šalyse sparčiai auga ir elektros energijos vartojimas, dėl ko auga ir vartojamos energijos kaštai. Autorius pabrėžia, kad elektros energijos augimo sumažinti arba sustabdyti neįmanoma, tačiau viena iš pagrindinių ir bene efektyviausių alternatyvų yra atsinaujinančios energijos išgavimas ir suvartojamo kiekio didžiajai daliai padengti, pasitelkiant tokius alternatyvius ir atsinaujinančius bei beribius šaltinius kaip: saulės, vėjo, vandens energiją elektrai išgauti. Tačiau reikia nepamiršti kaštų ir vertės išaugimą, tobulinant pastatų inžinerines sistemas ir siekiant pastatus paversti energijos beveik nevartojančiais statiniais.

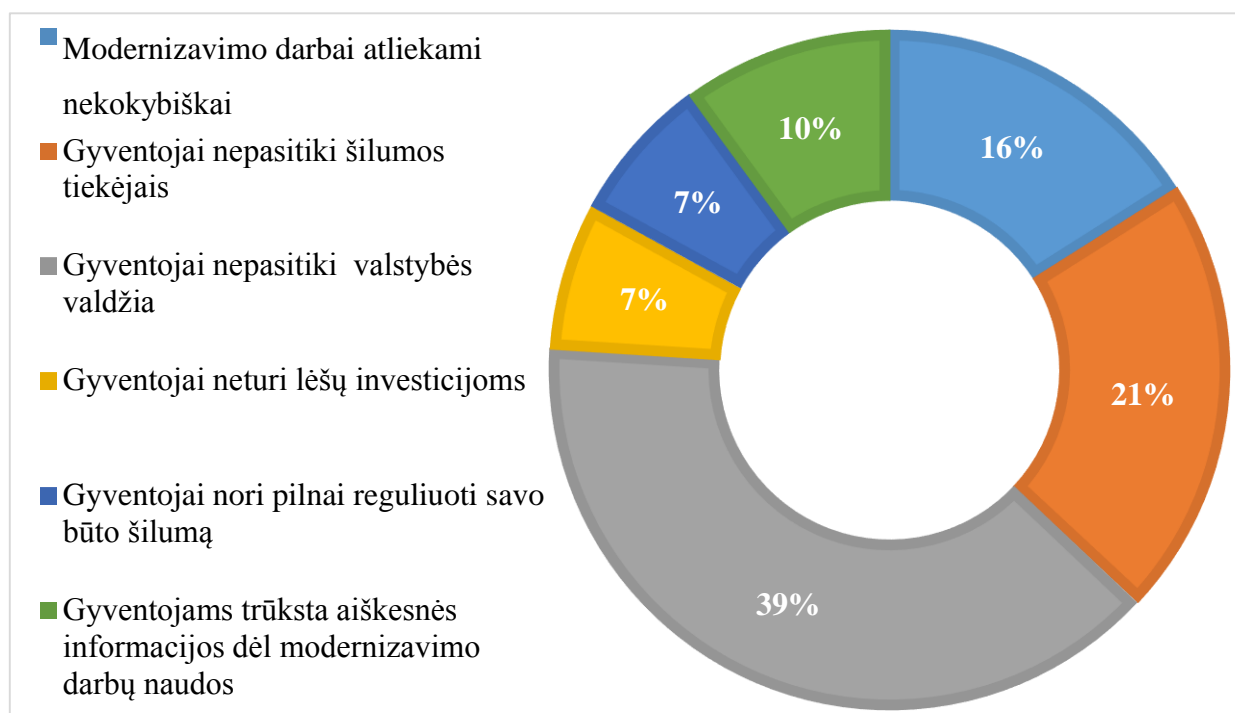
Taigi pagrindinis Lietuvos Respublikos Vyriausybės tikslas yra suinteresuoti daugiabučių namų gyventojus, kad jie patys parodytų iniciatyvą bei norą siekti, kad jų turimas būstas būtų gerinamas, naujinamas, kad galėtų būti energetiškai nepriklausomas, kad siektų dalyvauti programoje ir gauti valstybės paramą. Lietuvos Respublikos vyriausybės atliktas auditas dėl „Daugiabučių namų atnaujinimo – modernizavimo darbų“ išskyrė pagrindines modernizavimo procesą lėtinančias priežastis, kurios yra pateiktos 6 pav. Tačiau vis tiek išlieka viena pagrindinių ir didžiausių modernizacijos projektų įgyvendinimo lėtėjimo priežasčių – reikalavimas visų namo savininkų – gyventojų kolektyvinio sprendimo dėl darbų vykdymo.



6 pav. Priežastys, lėtinančios daugiabučių gyvenamųjų namų modernizavimo proceso plėtrą

Pagal pateiktus Lietuvos Respublikos vyriausybės atlikto audito dėl „Daugiabučių namų atnaujinimo – modernizavimo darbų“ duomenis bei interneto svetainių pateiktus duomenis, pateikiama keletas pagrindinių problemų, kylančių dėl modernizavimo darbų. Surinkti duomenys pateikti 7 pav. diagramoje.

j



7 pav. Lietuvos Respublikos gyventojų nuomonės dėl pastatų modernizavimo darbų [46]

Supratimas ir tinkamas vertės kūrimas modernizavimo procesams ir energijos suvartojimo mažinimui yra labai svarbus, norint tinkamai bei sėkmingai panaudoti jau turimus ar potencialius energijos taupymo sprendimus. Bet dažnai tokie sprendimų parinkimai priklauso jau nuo esamos užstatytos aplinkos. Tinkamas projekto vertės apskaičiavimas ir gaunama vertė priklauso nuo kelių pagrindinių kriterijų:

- visuomenės,
- esamų ir potencialių klientų požiūrio,
- šalyje nustatytų kriterijų;
- suinteresuotos pusės (turto savininkų, vyriausybės ar kitų finansuotojų).

Pasak John Morrissey, Niall Dunphy, Rosemarie MacSweeney (2014), turto vertė gali būti sudaryta iš mažesnių komunalinių ir einamųjų išlaidų, šių lėšų sumažėjimo skirtumo, esamo turto vertės ir investicijų grąžos. Taip pat daugeliui vertės apibrėžimas gali apimti ir šiluminį komfortą, pastovų mikroklimato palaikymą, darbuotojų produktyvumą ar net architektūros estetiką. Nuolatinė vertės analizė ir siekis mažinti energijos vartojimą yra vieni iš svarbiausių elementų, esančių pastatų modernizavimo sektoriuje, nes šie esminiai elementai gali sudaryti subjektyvų visuomenės suvokimą dėl tinkamų prioritetų parinkimo ir bendro siekio mažinti energijos suvartojimą ir gauti kuo didesnius energijos rezultatus. Vertės analizei tinkamai parenkami vertinimo ir skaičiavimo metodai gali palengvinti optimalių modernizavimo modelių greitą parinkimą, tinkamą sprendinių suderinimą ir suinteresuotų šalių pritarimą, kas parodo finansavimo šaltinių greitą suradimą ir patogų kaštų padengimą. Tačiau, pasak Gunnar Dahlberg, Christian

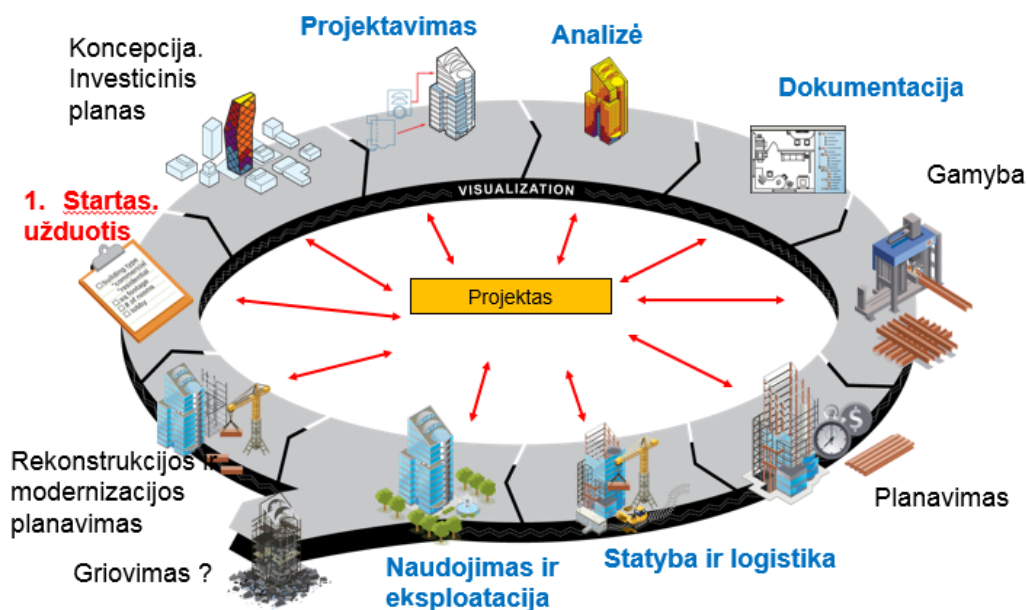
Janssen ir Julie Zhou (2011), nekilnojamojo turto vertė, ypač didžiuosiuose miestuose, priklauso ir nuo atstumo tarp pasirinkto nekilnojamojo turto ir miesto centro. Dėl šios priežasties, kuo arčiau centro esančio turto savininkai siekia kuo labiau didinti turimo turto jau ir taip didelę vertę, investuodami į jį. Savininkų investavimas tokiame turto sektoriuje dažniausiai galimas tik siekiant statinius modernizuoti, sumažinti labai didelius energijos suvartojimo kaštus, kartu siekiant išlaikyti ir paveldo sauginius pastatų elementus. Tokiems statinių tipams, kurie yra įtraukti į šalies paveldo sauginius sąrašus, automatiškai atkrenta dalis ir vystomų šalyje modernizavimo modelių. Kadangi tokiems statiniams pagal šalyse galiojančius normatyvinius paveldosaugos saugojimo dokumentus labai dažnai yra draudžiama naudoti tam tikras medžiagas, konstrukcijas, elementus, kurie yra būtini, norint išgauti pastato kuo aukštesnę klasę. Todėl statiniams, esantiems paveldosaugos sąrašuose iškyla tokia problema, kad parinkti modernizavimo modeliai negali įgyvendinti reikalingų, kartais net minimalių, sąlygų, kurios galėtų stipriai sumažinti energijos kaštus.

Ne tik naujai statomi pastatai, bet ir renovuojami – modernizuojami statiniai turi būti orientuoti bei privalo remtis mažai energijos naudojančių pastatų standartais, siekiant taupyti energijos sąnaudas, siekti pilno pastatų automatizavimo ir automatinio valdymo funkcijų įdiegimo, norint sukurti „Pasyvius namus“. Tik pradėjus šiuos išskirtus tikslus įgyvendinti stipriosioms – ekonomiškai išsivysčiusioms šalims, toks tikslas, kaip sumažinti energijos gamybą ir vartojimą bus pradėtas įgyvendinti visoje Europoje ir ne tik. Nes tik stiprių ir ekonomiškai išsivysčiusių šalių pavyzdžiu geba sekti visos kitos, dar besivystančios, šalys.

Kiekvienos šalies rinka bei klimatas yra skirtingas, todėl dažna priežastis iškyla ta, kad modernizavimo modeliai, naudojami vienoje šalyje, negali taip efektyviai dirbti, kaip kitose. Todėl siekiant pasitelkti jau naudojamus modelius, dažnai reikia juos minimaliai pakoreguoti ir pritaikyti prie šalies klimatinių sąlygų tam, kad pasirinkti ir taikomi modeliai galėtų maksimaliai mažinti energijos kiekį, reikalingą pastatams šildyti.

3. Modernizavimo modeliai

Modernizavimas – tai seno, fiziškai, konstrukciškai nusidėvėjusio, pasenusio pastato naujinimas, siekiant pagerinti arba atstatyti konstrukcines pastato savybes, padidinti pastato ekonominę vertę, mažinti energijos kiekį, reikalingą pastatui šildyti.



8 pav. Modernizacijos proceso darbų eiga [20]

Daugiabučių namų modernizavimo politikos užuomazgų buvo galima atrasti net 1992 metais galiojusiuose Lietuvos valstybės remonto programos nuostatuose. Šiuose nuostatuose buvo siekiama užtikrinti tinkamą to meto esamų butų apšiltinimą, užtikrinti to meto statomų butų tinkamą apšiltinimą, buvo skatinama plėsti termoizoliacinių bei konstrukcinių medžiagų, šilumos, vandentiekio, elektros ir kitų išteklių vartojimo apskaitos bei reguliavimo prietaisų gamybą. Nors minėti to meto valdžios daryti ir skatinti veiksmai buvo svarbūs pastatų atnaujinimui Lietuvoje, tačiau aktyvus pastatų, o ypač gyvenamųjų daugiabučių pastatų atnaujinimas buvo labai pasyvus. Todėl pastatų atnaujinimo pradžia galima laikyti tik Lietuvos nepriklausomybės pirmojo dešimtmečio vidurį, kai tarp Lietuvos Respublikos vyriausybės ir Pasaulio banko buvo pasirašyta sutartis dėl spartesnio daugiabučių namų atnaujinimo, šių darbų skatinimo bei papildomo Vyriausybės finansinio rėmimo. Ši 1996 metais pasirašyta sutartis nulėmė spartų pastatų modernizavimo augimą ir naujų modernizavimo modelių taikymą šalyje.

Lietuvos Respublikoje statybos darbus reglamentuojantys aktai ir kiti teisiniai dokumentai neišskiria tokios sąvokos, kaip renovacija. Todėl reikia išskirti, kartu įsigilinti į rekonstrukcijos sąvoką, kuri yra pateikiama Lietuvos Respublikos statybos įstatyme, kituose susijusiuose Lietuvos Respublikos statybos teisiniuose aktuose bei aprašytose normose: Lietuvos Respublikos statybos įstatymo 18 punkte pabrėžta: statinio rekonstravimas – tai viena iš statybos rūšių, kai pagrindinis tikslas yra iš esmės pertvarkyti esamą statinį ar jo dalį, kartu sukurti jo naują kokybę: pastatyti naujus aukštus (antstatus) ar nugriauti dalį esamų (nedidinant statinio užimto žemes ploto matmenų, išskyrus šioje dalyje nurodytą priestato atvejį) pastatų. Pristatyti prie statinio (ar pastatyti tarp gretimų statinių) priestatą – pagalbinį statinį (pagal naudojimo paskirtį susijusį su statiniu, prie kurio jis yra pristatomas), kurio visų aukštų, taip pat rūšio (pusrūšio), antstatų,

pastogės patalpų plotų suma nebūtų didesne kaip 10 proc. už tokių pat būdu apskaičiuotą statinio, prie kurio priestatas pristatomas, plotų sumą. Iš esmės keisti statinio fasadų išvaizdą (keičiant apdailą – jos konstrukcijas, medžiagas, įrengiant naujus statinio elementus – balkonus, duris, langus, architektūros detales, keičiant šių statinio elementų matmenis, tipą, išdėstymą ar juos pašalinant). Keisti ar pašalinti nereikalingas bet kurias laikančiąsias konstrukcijas kito tipo konstrukcijomis. Iš esmės keisti pastato patalpų planą, pertvarkant laikančiąsias konstrukcijas; apšiltinti statinio išorines atitvaras (sienas, stogą); atlikti šio straipsnio 20 dalyje išvardytus statinio kapitalinio remonto darbus, jei šie darbai atliekami kartu su statinio rekonstravimu. Pertvarkyti statinio bendrąsias inžinerines sistemas keičiant jų tipą, pralaidumą; atlikti technologinių įrenginių ir technologinių inžinerinių sistemų, inžinerinių tinklų ir susisiekimo komunikacijų rekonstravimo darbus, nurodytus normatyviniuose statinio saugos ir paskirties dokumentuose. Pritaikyti statinių naujai paskirčiai, kai normatyvinių statybos techninių dokumentų ir normatyvinių statinio saugos ir paskirties dokumentų nustatyti naujos statinio paskirties reikalavimai yra griežtesni negu buvę ir kai šių reikalavimų negalima laikytis, atliekant paprastąjį ar kapitalinį remontą. Todėl kalbėdami apie modernizavimą kartu mes kalbame ir apie statinio rekonstrukcijos darbus.

Pats modernizavimo darbų modelis iš esmės niekuo nesiskiria nuo tipinių statybos procesų (naujų pastatų statybos). Analizuojant šį Lietuvos statybos rinkos sektorių – pastatų modernizavimą, įvertinsiu esamą situaciją šalies rinkoje ir pagal pasirinktus skirtingus modernizavimo modelius, ar yra įmanoma pasiekti Vyriausybės užsibrėžtą tikslą. Kartu išanalizuoti situaciją, kada ekonomiškai nebeefektyvu siekti aukščiausios A++ energetinio naudingumo klasės.

Siekiant tinkamai parinkti modernizavimo modelius, kurie padės tinkamiau sureguliuoti energijos vartojimą pastatuose, svarbu žinoti, kokie pagrindiniai ir esminiai energijos vartojimo elementai ar modeliai buvo efektyviausi kitose šalyse. Išanalizavus kitų šalių rinkų pasiteisinusius ir neefektyvius modelius, bus lengviau suformuluoti pagrindines modelių užduotis, sudaryti efektyviausius darbo tikslus, kartu parenkant tinkamiausią Lietuvos rinkai bei klimatui.

Pagal kitų pasaulio šalių praktiką ir šiuo metu įgyvendinamas užduotis, siekiant sumažinti energijos suvartojimą pastatų šildymui ir jo palaikymui, galima išskaidyti kelias pagrindines energijos mažinimo modelių grupes:

- Paviršutiniai, preliminarūs modeliai;
- Sisteminiai, specifiniai modeliai;
- Tiksliniai energijos vartojimo modeliai.

Kiekvieno pastato, nors pastatai yra statyti tuo pat laikotarpiu, pagal tokius pat reikalavimus bei naudojant tas pačias konstrukcines, izoliacines ir kitas medžiagas, suvartojamos energijos kiekis gali būti skirtingas. Todėl dažnai rengiant ar koreguojant modelius, jų tikslus ir uždavinius

yra susikoncentruojama į vieną tam tikrą, specifinę sistemą – šiuo atveju susitelkiama į konkrečią pastatų grupę. Pagal suvartojamos energijos kiekius ir siekį sumažinti energijos kiekį iki konkretaus rodmens, parenkamų modernizavimo modelių tikslai gali būti orientuoti tokiomis kryptimis:

- Siekis kuo tiksliau nustatyti vietas, kuriose yra galimi energijos sutaupymai.
- Nustatyti bei parinkti sutaupymo priemones, kurios yra efektyviausios bei ekonomiškiausios, jas įgyvendinant.
- Detaliai išanalizuoti atskiras energijos taupymo priemones.
- Parinkti techniškai ir ekonomiškai priimtinius variantus.

Pagrindinių vartojimo modelių tikslai, kuriuos galima išskirti iš ankščiau minėtų autorių straipsnių yra:

- Atlikti kruopštų ir nuodugnų statinių auditą – patikrą, kurio metu yra siekiama nustatyti vietas (pastatų konstrukcijas, jų dalis, ar sandūras), kuriose yra galimi didžiausi energijos nuostoliai.
- Pateikti pagrindines, svarbiausias ir akivaizdžias energijos sutaupymo priemones, kurių pagalba galima geriausiai ir ekonomiškiausiai numažinti arba visai pašalinti vietas, per kurias yra netenkama daugiausiai energijos.

Pagrindinis pastatų modernizavimo modelių parinkimo ir jų įgyvendinimo tikslas – turint konkrečios konstrukcijos statinį, pasitelkiant visas statybinius bei inžinerinius elementus, išgauti kuo mažesnius šilumos nuostolius, pasirenkant ekonomiškiausią sprendimą.

Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos duomenimis Lietuvoje dalinai buvo atnaujinta apie 700 daugiabučių gyvenamųjų namų, kurių modernizavimas – atnaujinimas padėjo padidinti pastatų energetinį efektyvumą. Seniausiai statytų daugiabučių, ypač pirmųjų stambiaplokščių, patalpų išplanavimas moraliai pasenęs ir neatitinka šiuolaikinių reikalavimų, kas įtakoja gyventojų diskomfortą. Todėl didelė dalis daugiabučių pastatų modernizacijos vis dar laukia.

Šiame darbe susitelksime į vieną pagrindinę statinių grupę - stambiaplokščių gyvenamųjų namų grupę (8 lentelė). Ši stambiaplokščių namų grupė Lietuvos Respublikoje yra labiausiai paplitusi, jų konstrukcinės ir techninės savybės yra nusidėvėję labiausiai ir šiuose pastatuose yra patiriami didžiausi šilumos nuostoliai.

Stambiaplokščių namų atitvarų šiluminės charakteristikos, kaip ir daugelio iki 1993–1996 m. statytų daugiabučių pastatų, neatitinka statybos normatyviniuose dokumentuose pateiktų reikalavimų. Šilumos energijos suvartojimas tokiuose namuose kur kas didesnis, lyginant su kitomis Europos šalimis bei su pačioje Lietuvoje statomais naujais pastatais.

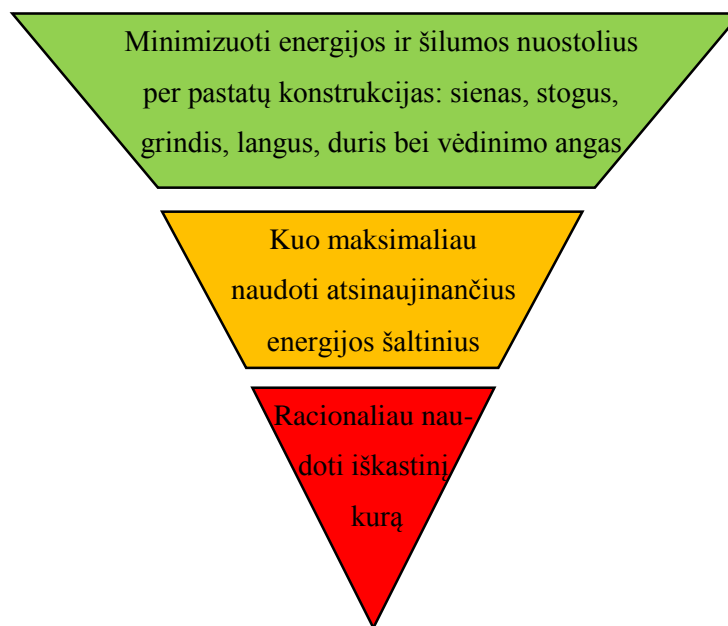
8 lentelė. Gyvenamųjų daugiabučių stambiaplokščių namų charakteristikos

Eil. Nr.	Pastato serija	Bendras šildomas plotas, m²	Aukštų skaičius	Butų skaičius	Laiptinių skaičius
1.	1-464LI-18/1	1725	5	30	2
2.	120V-06/1	1069	5	20	1
3.	1605A	2876	5	60	3
4.	1-464A-14LT	5803	5	120	8
5.	120V-027/1	2212	9	36	1
6.	1-464LI-53/1	3783	9	72	2
7.	1/3905	2890	12	60	1

Iš Lietuvoje naudojamų modernizacijos modelių galima išskirti vieną bendrą, tuo pat metu abstraktų, daugiabučių namų modernizacijos modelių – kvartalinę, arba kompleksinę renovaciją. Šio modernizavimo modelio pagrindinis tikslas, yra atskirų renovuojamų – modernizuojamų pastatų darbų apjungimas, darbus perplanuojant ir kartu pradėdant vykdyti kompleksiskai, keliems, šalia vienas kito esantiems pastatams. Taip yra siekiama didinti ne tik pavienių pastatų energetinį efektyvumą, bet kartu siekiama ir gyvenamosios aplinkos atkūrimą, gerinimą, pasenusių ar nusidėvėjusių infrastruktūros objektų atstatymą bei sutvarkymą, bendrų miesto šilumos sistemų, patenkančių į kvartalinės renovacijos zoną, modernizavimą ir pan. Trumpai galima teigti, kad kvartalinė renovacija yra darnios miesto plėtros bei darnaus būsto kūrimo priemonė.

3.1. Modernizavimo modelių parinkimas

Siekiant tinkamai parinkti pastatų modernizacijos modelius ir sumažinti analizuojamų gyvenamųjų daugiabučių pastatų energijos poreikį, remiamės „Energetinio efektyvumo piramide“ (9 pav.) - efektyvios energijos pastatams sudarytu modeliu. Šis modelis apibrėžia pastatų projektavimo, eksploatavimo ir modernizavimo pagrindines ir žinoma svarbiausias taisykles.



9 pav. Energetinio efektyvumo piramidė [14]

Atsižvelgdami į šiuo metu Lietuvoje bei kitose Europos šalyse galiojančius standartus ir normatyvinius dokumentus, atsižvelgdami į atsinaujinančios energijos efektyvumą ir jos panaudojimo galimybes, kartu palygindami ekonominius ir aplinkosauginius faktorius bei kriterijus, kartu įvertindami renovacijos poveikį statinių gyvavimo ciklui, parenkame kelis pastatų modernizavimo modelius, taikydami tokius pagrindinius kriterijus:

- Modernizuoto ar naujo statinio energetinio naudingumo gauta klasė;
- Šilumos gavybai reikalingos energijos kiekis ir jos skirtumas;
- Modernizavimo ar statybos darbų kaina;
- Modernizavimo ar statybos darbų atsipirkimo laikotarpis;
- Pastatų eksploatacijos kaštų dydis ir jų skirtumas;
- Pastato vertės padidėjimas;
- Gyvenamosios kokybės pagerėjimas.

Atsižvelgiant į šiuos pasirinktus pagrindinius modernizavimo modelių vertinimo kriterijus yra pasirenkami 4 pagrindiniai modeliai, kuriuos vertinsime ir tarpusavyje lyginsime. Tinkamas pastatų modernizavimo modelio parinkimas, atsižvelgiant į norimo modernizuoti pastato būklę, nusidėvėjimus, patiriamus šilumos nuostolius gali užtikrinti maksimalią šilumos energijos sutaupymą, prailgintą pastato eksploataavimo laiką už minimalias pastato savininkų investicijas. Šie modeliai pateikti 9 lentelėje.

9 lentelė. Gyvenamųjų daugiabučių stambiaplokščių namų charakteristikos

Eil Nr.	Pavadinimas	Alternatyvos apibūdinimas	Siekiamas energetinio naudingumo klasė
1.	1 alternatyva	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizuojami šilumos tinklai iki pastato; • Modernizuojamas pastato šilumos punktas; • Keičiama tik dalis pastato langų (savininkams leidus); • Paliekamas natūralus pastato vėdinimas. 	A++
2.	2 alternatyva	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizuojami šilumos tinklai iki pastato; • Modernizuojamas pastato šilumos punktas; • Keičiami visi pastato langai, visos lauko durys; • Renovuojamas pastato stogas, naujai šiltinamas stogas, kartu šiltinami pastato fasadai; • Nešiltinami ir nestiklinami pastato balkonai; • Paliekamas natūralus pastato vėdinimas. 	A++
3.	3 alternatyva	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizuojami šilumos tinklai iki pastato; • Modernizuojamas pastato šilumos punktas; • Keičiami visi pastato langai, visos lauko durys; • Renovuojamas pastato stogas, naujai šiltinamas stogas, kartu šiltinami pastato fasadai; • Papildomai šiltinami bei stiklinami visi pastato balkonai; • Įrengiama rekuperacinė vėdinimo sistema. 	A++

9 lentelės tęsinys

Eil Nr.	Pavadinimas	Modelio apibūdinimas	Siekiamas energetinio naudingumo klasė
4.	4 alternatyva	<ul style="list-style-type: none"> • Modernizuojami šilumos tinklai iki pastato; • Modernizuojamas pastato šilumos punktas; • Keičiami visi pastato langai, visos lauko durys; • Renovuojamas pastato stogas, naujai šiltinamas stogas, kartu šiltinami pastato fasadai; • Papildomai šiltinami bei stiklinami visi pastato balkonai; • Įrengiama rekuperacinė vėdinimo sistema; • Vandens pašildymui bei pastato šildymui vartojama atsinaujinanti energija (geoterminis šildymas, saulės kolektoriai ir pan); • Mažinamas iškastinio kuro suvartojimas pastato apšiltinimui. 	A++
5.	5 alternatyva	<p>Pasenęs daugiabutis gyvenamasis namas yra nugriaunamas. Vietoje jo yra suprojektuojamas naujas, energetiškai efektyvus ir nepriklausomas namas, kurio rengiamas projektas, atliekami statybos darbai bei naudojamos statybinės medžiagos užtikrina aukščiausias energijos sutaupymo sąlygas.</p>	A++

Visais nagrinėjamais modeliais norime pasiekti, kad pastatas būtų modernizuotas iki aukščiausios energetinio naudingumo klasės ir galėtų būti beveik šilumos energijos nenaudojantis pastatas, arba kitaip aiškinant – norim pasiekti, kad pastatas gebėtų pasigaminti šilumos energijos tiek, kiek pats jos ir suvartoja.

3.2. Modernizavimo alternatyvų vertinimo kriterijų pagrindimas

Siekiant nustatyti pasirinktų kriterijų reikšmingumą, buvo parengta anketa bei apklausti 30 asmenys, kurie gyvena nagrinėjamame nemodernizuotame name. Kadangi namą administruojanti įmonė gyventojus skatina pradėti namo renovacijos darbus, todėl dauguma namo gyventojų yra pakankamai informuoti apie modernizavimo darbus, taip pat yra suinteresuoti, kad namas taptų energetiškai efektyvesnis.

Alternatyvių sprendimų daugiakriterinis vertinimas atliktas taikant šiuos metodus:

- Porinio palyginimo;
- Rangavimo;
- Artumo idealiam taškui.

3.2.1. Porinio palyginimo metodas

Naudodami kriterijų rangavimo metodą, apskaičiuosime rodiklių reikšmingumą ir nustatysime vertintojų nuomonių suderinamumą. Šiuo atveju pagal turimus vertinimo kriterijus, gautus vertinimus suvedame į 10 lentelę.

10 lentelė. Vertintojų vertinimo rezultatų lentelė

Vertintojas	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
V ₁								
V ₂								
V ₃								
...								
V _r								

Kiekvienam kriterijui priskiriame žymenį:

- K₁ - Modernizuoto ar naujo statinio energetinio naudingumo gauta klasė;
- K₂ – Suvartojamos šilumos vidurkis per metus;
- K₃ – Modernizavimo ar statybos darbų kaina;
- K₄ – Modernizavimo ar statybos darbų atsipirkimo laikotarpis;
- K₅ – Pastatų eksploatacijos kaštų dydis;
- K₆ – Pastato vertės padidėjimas;
- K₇ – Gyvenimo komforto pagerėjimas;

- K_8 – Mokėjimų sutaupymas nuo šilumos suvartojimo prieš modernizaciją.

Iš turimų 5 alternatyvų siekiame parinkti racionaliausią sprendimą, vertinant pagal 8 parinktus kriterijus. Kriterijų palyginimui atsitiktiniu būdu buvo parinkti 5 vertintojai. Alternatyvų vertinimo kriterijai buvo lyginami poromis. Jei teigiama, kad x_i yra geresnis už x_j , tai x_{ij} bus “1”, o x_{ji} – “0”.

Kiekvieno apklausto asmens geriausias variantas atrenkamas, apskaičiuavus kiekvieno i -ojo varianto eilutės sumą:

$$S_i = \sum_{j=1}^n X \quad (1)$$

Čia: i – eilutės numeris;

j – stulpelio numeris.

Projektinių sprendimų alternatyvų vertinimo požiūriu atskiri kriterijai nevienodai svarbūs. Todėl vertinant atsižvelgiama į kriterijų reikšmingumą vienas kito atžvilgiu. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q_i = \frac{\sum_i}{\sum_i} \quad (2)$$

Gautus apklaustųjų vertintojų duomenų palyginimus, duomenis surašėme į porinio palyginimo matricas. Tada sudarome suminę duomenų matricą bei kartu apskaičiuojame kriterijų reikšmingumą (11 lentelė).

11 lentelė. Suminė porinio palyginimo lentelė

Kriterijai	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8	\sum_i	q_i
K_1		0	1	1	4	2	1	2	11	0,08
K_2	5		2	2	5	4	2	0	20	0,14
K_3	4	3		5	5	5	2	3	27	0,19
K_4	4	3	0		5	4	1	2	19	0,14
K_5	1	0	1	0		1	0	2	5	0,04
K_6	3	1	0	1	4		0	3	12	0,09
K_7	4	3	3	4	5	5		4	28	0,20
K_8	3	5	1	3	3	2	1		18	0,13
Viso:									140	1

Atliekant pastato modernizacijos daugiakriterinį įvertinimą porinio palyginimo metodu, parinktų kriterijų reikšmingumai išsidėsto tokia tvarka:

- K_1 - Modernizuoto ar naujo statinio energetinio naudingumo gauta klasė (8 proc.);
- K_2 – Suvartojamos šilumos vidurkis per metus (14 proc.);
- K_3 – Modernizavimo ar statybos darbų kaina (19 proc.);
- K_4 – Modernizavimo ar statybos darbų atsipirkimo laikotarpis (14 proc.);
- K_5 – Pastatų eksploatacijos kaštų dydis (4 proc.);
- K_6 – Pastato vertės padidėjimas (9 proc.);
- K_7 – Gyvenimo komforto pagerėjimas (20 proc.);
- K_8 – Mokėjimų sutaupymas nuo šilumos suvartojimo prieš modernizaciją (13 proc.).

Apklaustų asmenų nuomonių vieningumas nustatomas, apskaičiuojant Konkordacijos koeficientą – W . Šis koeficientas apskaičiuojamas pagal formulę:

$$W = \frac{4\left(\sum_{i,j} x^*_{ij}{}^2 - m \sum_{i,j} x^*_{ij} + C_m^2 * C_n^2\right)}{m(m-1)n(n-1)} \quad (3)$$

Čia: n – kriterijų skaičius;
 m – ekspertų skaičius.

Pagal turimus ir apskaičiuotus duomenis gauname, kad Konkordacijos koeficientas $W = 0,76$ bei sąlyga $W > 0,6$ rodo, kad ekspertizė laikoma baigta.

3.2.2. Rangavimo metodas

Rangavimas – tai tokia procedūra, kai pačiam svarbiausiam pasirinktajam kriterijui yra suteikiamas aukščiausias rangas (arba reikšmė), kuri yra lygi vienetui, antram pagal svarbumą kriterijui – reikšmė arba rangas du ir t. t., o paskutiniam pagal svarbumą parinktam kriterijui yra parenkama reikšmė - x , x – tai lyginamų kriterijų skaičius ir mažiausia jo vertė. O turimiems lygiaverčiams kriterijams suteikiama vienoda reikšmė – eilinių rangų aritmetinis vidurkis. Tokiu būdu sudaroma rangavimo matrica (12 lentelė).

12 lentelė. Duomenų rangavimo matrica

Vertintojas	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
V ₁	1	8	6	7	2	4	3	5
V ₂	3	8	6	5	1	2	4	7
V ₃	4	7	5	8	3	2	1	6
V ₄	4	8	7	6	1	3	5	2
V ₅	5	6	7	4	3	1	2	8
V ₆	4	7	5	8	3	2	1	6
V ₇	2	7	8	6	4	1	3	5
V ₈	6	7	5	8	1	2	3	4
V ₉	1	6	4	5	3	2	8	7
V ₁₀	6	7	5	8	3	1	2	4
V ₁₁	5	4	6	8	3	2	1	7
V ₁₂	4	7	8	5	1	2	3	6
V ₁₃	4	6	8	5	2	1	7	3
V ₁₄	1	8	7	4	2	3	5	6
V ₁₅	7	6	5	3	2	1	4	8
V ₁₆	1	7	6	3	2	5	4	8
V ₁₇	2	3	8	6	4	5	1	7
V ₁₈	1	3	2	8	1	7	5	6
V ₁₉	5	4	1	7	2	6	8	3
V ₂₀	2	8	5	4	1	6	3	7
Viso:	106	164	163	170	75	112	128	159
Rangas:	7	2	3	1	8	6	5	4

Vertintojų nuomonių vieningumas nustatomas Konkordacijos koeficientu pagal formulę:

$$W = \frac{12S}{m^3(n^2 - n)} \quad (4)$$

Ekspertizė laikoma baigta, jei $W > 0,6$.

3.2.3. Artumo idealiam taškui metodas

Šio alternatyvų vertinimo kriterijų vertinimo esmė – apibendrinto kompleksinio kriterijaus formavimas, remiantis lyginamų variantų nukrypimu nuo vadinamojo idealaus, susidedančio iš geriausių nagrinėjamų variantų kriterijų.

Vertindami parinktus kriterijus pagal šį metodą, surašome autoriaus kiekvienos alternatyvos pagal kiekvieną kriterijų įvertinimai.

13 lentelė. Kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Kriterijaus optimalumas	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Max	Max
a ⁺								
a ⁻								

Pastaba: a⁺ - idealus teigiamas variantas, a⁻ - idealus neigiamas variantas.

Šioje lentelėje nurodomas kriterijų optimalumas (+ ar -), surašomi geriausi bei blogiausi kiekvieno kriterijaus rodikliai.

3.2.4. Vertinimo kriterijų analizė

Kiekvieno parinkto vertinimo kriterijaus reikšmingumas, nustatant atskirais metodais bei gauti duomenys pateikti 14 lentelėje. Pagal kiekvieno apskaičiuoto metodo gautus duomenis matome, kad didžiausias reikšmes turi net keli kriterijai: suvartojamos šilumos vidurkis per metus arba jos sumažėjimo vidurkis, darbų kaina bei darbų atsipirkimo laikotarpis, o mažiausią reikšmę turi namo eksploatacijos kaštų padidėjimas bei pasiekama pastato energetinio naudingumo klasė.

14 lentelė. Metodų rezultatų suvestinė

Metodas \ Kriterijai	Kriterijai							
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈
Porinio palyginimo metodas	7	3	2	4	8	6	1	5
Rangavimo metodas	7	2	3	1	8	6	5	4
Artumo idealiam taškui metodas	Max	Max	Min	Min	Min	Min	Max	Max

3.3. Analizuojamas pastatas

Analizuojant parinktus pastatų modernizavimo modelius, tirdami modelių efektyvumą konkrečiu atveju pasirinkome labiausiai Lietuvos teritorijoje paplitusią pastatų grupę pagal naudotas konstrukcijas – gyvenamąjį 5 aukštų blokinio tipo pastatą. Kadangi šio tipo namai buvo statomi dar nuo 1960 metų, tai šio tipo gyvenamieji namai, priklausomai nuo pastato statybos metų ir nusidėvėjimo stiprumo, patiria labai didžiulius šilumos nuostolius. Dėl tokių priežasčių yra reikalinga didesnis šilumos energijos pagaminimas, todėl miestuose bei visoje šalies teritorijoje didėja oro užterštumas.

Pasirinktas gyvenamasis namas yra pastatytas Kauno mieste, Dainavos mikrorajone, Partizanų g. 78, dar 1969 metais. Tai vienas iš daugelio blokinio tipo gyvenamųjų namų, kurio visas šildomas plotas siekia net 6625,61 m². Šiame name suprojektuota 119 atskirų butų.



10 pav. Nemodernizuoto daugiabučio gyvenamojo pastato rytinis – šiaurinis bei pietinis – vakarinis fasadai

Pagal UAB „Kauno energija“ pateiktus paskutinių penkerių metų duomenis, namo gyventojai vidutiniškai mokėdavo bei moka 0,98 euro/m² šilumos kainą už name suvartotą šilumos kiekį. Tačiau kainos dydis priklauso nuo vidutinės oro temperatūros šildymo sezonu, nes esant kuo mažesnei lauko temperatūrai yra suvartojama daugiau žaliavų šilumos energijai išgauti. Pagal UAB „Kauno energija“ pateiktus šio namo šilumos suvartojimo kiekius gauname, kad namas per vieną šildymo sezoną vidutiniškai suvartoja 688,98 MWh šilumos energijos. Tai parodo, kad vidutiniškai namo vienam kvadratiniam metrui yra sunaudojama apie 103,99 KWh šilumos energijos. Pagal Kauno mieste veikiančios šilumos tiekėjo UAB „Kauno energija“ pateiktus šilumos suvartojimo kiekius ir mokamą šilumos kainą gauname, kad visi namo gyventojai vidutiniškai per vieną šildymo sezoną sumoka 6.486,84 eurų sumą. Pagal turimus šiuos duomenis gauname, kad vieno namo gyventojų, per šildymo sezoną, gautų sąskaitų suma, už suvartotą šilumos energiją, siekia 630 – 970 eurų sumą. Šiuos turimus ir pateiktus 15 lentelėje duomenis naudosime tolimesniuose modernizavimo modelių analizės etapuose.

15 lentelė. Analizuojamo namo bendriniai duomenys

Eil Nr.	Pavadinimas	Mato vienetai	Surinkti duomenys
1.	Namo statybos metai	Metai	1969
2.	Name esančių aukštų skaičius	Aukštai	5
3.	Name esančių butų kiekis	Butai	119
4.	Namo plotas	m ²	6625,61
5.	Vidutinis energijos suvartojimas per šildymo sezoną	MWh	688,98
6.	Vidutinis vieno mėnesio energijos suvartojimas per šildymo sezoną	MWh	114,83
7.	Vienam kvadratiniam metrui apšildyti sunaudojama šilumos energijos per šildymo sezoną	KWh	103,99
8.	Vidutinė vieno sezono sunaudotos šilumos kaina	Eurai/ m ²	0,98
9.	Vieno sezono suvartotos šilumos kaina	Eurai	6.486,84
10.	Vieno namo gyventojų, per šildymo sezoną sumokėtų sąskaitų už suvartotą šilumą, suma	Eurai	630 – 970

3.4. Modernizavimo modelių analizė

Norint tinkamai parinkti modernizavimo modelį pasirinktam pastatui, išnagrinėjame kiekvieną pasirinktą modelių alternatyvą ir nepriklausomai nuo kitų, atsižvelgiame į pagrindines išsikeltas sąlygas. Pagal išskirtus vertinimo kriterijus bei atsižvelgiant į energetinio efektyvumo piramidę (9 pav.), įvertiname kiekvieną modernizavimo alternatyvą, kartu duomenis suvesdami į 16 lentelę.

16 lentelė. Modernizavimo modelio vertinimo rezultatų suvestinė

Modernizavimo alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekiamas energetinio naudingumo klasė	Siekiamas energetinio naudingumo klasė
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas/ planuojamas energijos suvartojimas	MWh per metus			A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai			
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai			
4.	Darbų atsipirkimo laikotarpis	Metai			
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai			
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai			
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai			

3.4.1. 1 Alternatyvos analizė

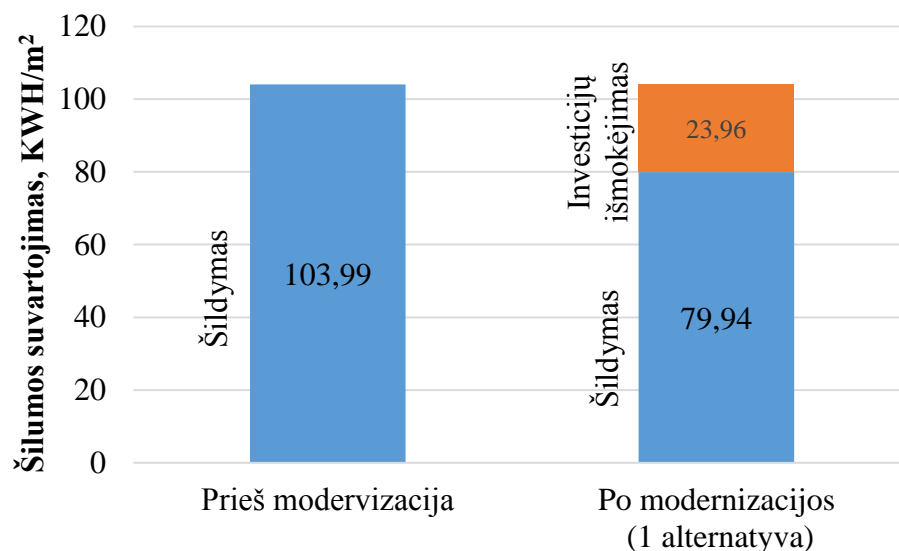
Ši gyvenamųjų pastatų renovavimo alternatyva, kaip statybų sektoriuje pradėjo sparčiai ryškėti jauna statybos darbų pakraipa, buvo pradėta taikyti pirmoji. Ši alternatyva namo renovacijoje – atnaujinime buvo naudojamas, siekiant minimaliomis finansinėmis išlaidomis atkurti namo vaizdą, bent minimaliai sumažinti šilumos nuostolius ir suvartojamos energijos kiekį. Šios alternatyvos gauti ir apskaičiuoti duomenys pateikiami 17 lentelėje.

Matome, kad pagal 14 lentelėje išanalizuotus ir pateiktus duomenis, parinktam pastatui po darbų atlikimo nebūtų pasiekta A++ energetinio naudingumo klasė ir šia alternatyva namo energetinio naudingumo klasė padidėtų ne daugiau, kaip iki B klasės. Matome, kad pasiekus B energetinio naudingumo klasę būtų galima sutaupyti tik apie 30 proc. sunaudojamos šilumos kiekio, kas yra apie 206,69 MWh per metus. Tokių darbų kaina sudarytų apie 158.768,30 eurų sumą, kuri namo gyventojams, jų turto vertę pakeltų ne daugiau, kaip 122.000,00 eurų (ši suma skaičiuojama nuo viso namo vertės). Šių darbų atlikimas gyventojams atsipirktų per 10 metų, komfortas name pagerėtų apie 20 procentų. Pagal apskaičiuotus rezultatus gauname, kad per vieną šildymo sezoną vienas namo gyventojas sutaupytų apie 30 eurų per vieną šildymo sezoną.

17 lentelė. 1 alternatyvos rezultatų suvestinė

1 Alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekiamas energetinio naudingumo klasė	Siekiamas energetinio naudingumo klasė
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas	MWh per metus	206,69	B	A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	158.768,30		
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	23,96		
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	8		
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	122.000,00		
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	10		
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	20		

Pagal žemiau esančią diagramą (11 pav.), kurioje pateiktas suvartojamos šilumos kiekių palyginimas matome, kad sutaupytos šilumos kiekio vidutine kaina yra kompensuojama atliktų modernizavimo darbų kaštais.



11 pav. Šilumos suvartojimas nemodernizuotame name ir atlikus 1 alternatyvos modernizavimo darbus

3.4.2. 2 Alternatyvos analizė

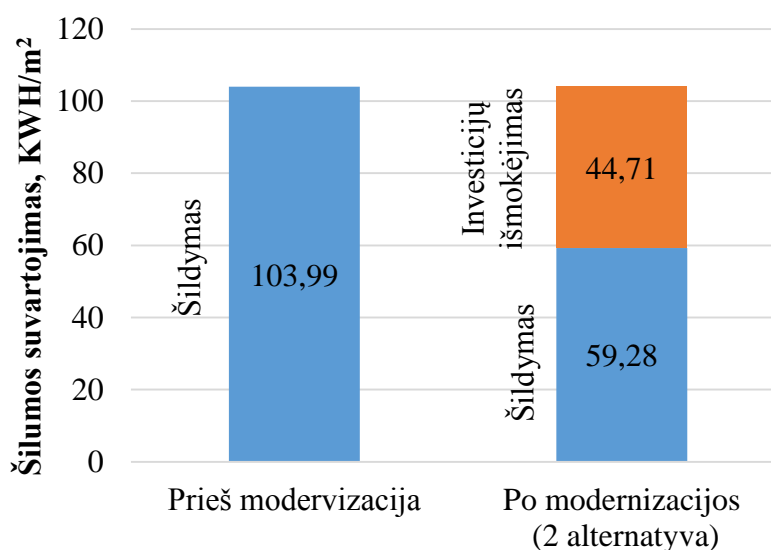
Analizuojant 2 modernizavimo darbų alternatyvą matome, kad pagal projektuojamus ir planuojamus atlikti darbus yra siekiama, kad namas, nekeičiant jo esminių konstrukcijų ar vaizdo, galėtų sutaupyti kuo didesnę dalį šilumos kiekio, kuri prarandama per pastato konstrukcijas: sienas, stogus, lauko duris, langus, šilumos sistemą. Šios alternatyvos gauti duomenys pateikiami 18 lentelėje.

18 lentelė. 2 alternatyvos rezultatų suvestinė

2 Alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekama energetinio naudingumo klasė	Siekiami energetinio naudingumo klasė
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas	MWh per metus	296,14	B	A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	393.555,30		
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	59,40		
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	13		
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	350.000,00		
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	10		
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	50		

Matome, kad pagal 15 lentelėje pateiktus duomenis, parinktam pastatui po modernizavimo darbų užbaigimo yra pasiekama B energetinio naudingumo klasė. Ir užsibrėžto tikslo, kad turime pasiekti A++ energetinio naudingumo klasę neįvykdome. Pastebime, kad su pasiekta B energetinio naudingumo klase būtų galima sutaupyti apie 43 proc. sunaudojamos šilumos kiekio, kas yra apie 296,14 MWh per metus. Šios modernizavimo darbų alternatyvos planuojamų darbų kaina siektų apie 393.555,30 eurų sumą, kuri namo gyventojams, jų turto vertę pakeltų apie 350.000,00 eurų suma, tačiau ši suma skaičiuojama viso namo vertei. Šios modernizavimo darbų alternatyvos darbai gyventojams atsipirktų vidutiniškai per 13 metų. Dėl atliktų darbų, pastato eksploatacijos ir priežiūros kaštai padidėtų apie 10 procentų, kadangi jau būtų reikalingi papildomi asmens mokymai, dėl sudėtingesnės ir naujesnės įrangos naudojimo, nes papildomai apšildžius namo sienas, stogus, atnaujinant namo šilumos punktą namas sumažina šilumos patiriamus šilumos nuostolius, kartu name padidindamas patalpų vidutinę oro temperatūrą.

Pagal žemiau esančiame 12 paveiksliuke pateiktas diagramas yra matoma name suvartojamos šilumos kiekių palyginimas. Šioje diagramoje matome, kad sutaupytos šilumos kiekio vidutine kaina yra kompensuojama atliktų modernizavimo darbų kaštai, bet negaunamas bendras sutaupymas.



12 pav. Šilumos suvartojamas nemodernizuotame name ir atlikus 2 alternatyvos modernizavimo darbus

3.4.3. 3 Alternatyvos analizė

Analizuojant 3 modernizavimo darbų alternatyvą matome, kad pagal projektuojamus ir planuojamus atlikti darbus yra atnaujinamos visos namo konstrukcijos. Naujai apšildoma, net namo sienos, stogas, pakeičiami langai ir durys, bet papildomai jau yra iš lauko šiltinami bei

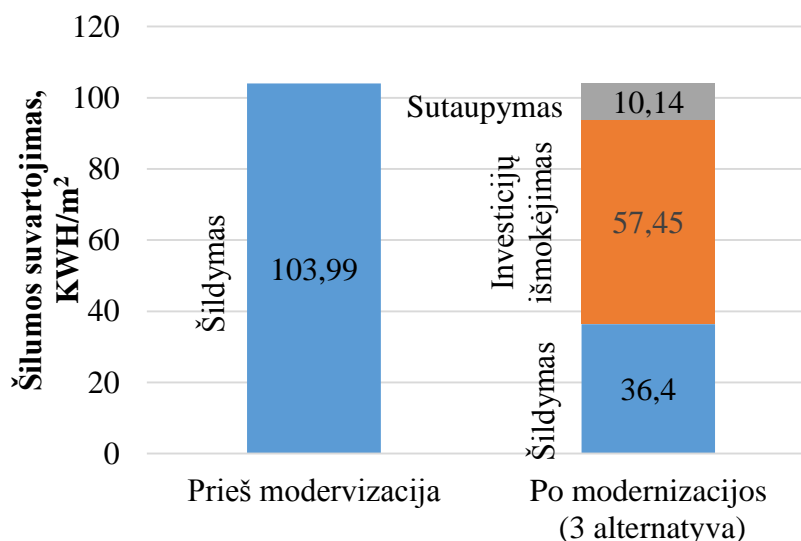
stiklinami namo balkonai. Name natūrali vėdinimo sistema yra išvaloma ir papildomai įrengiami rekuperatoriai, kad būtų sumažinti patiriami šilumos nuostoliai per namo vėdinimo sistemą. Šia namų modernizavimo alternatyva yra siekiama kuo maksimaliau sumažinti patiriamus šilumos nuostolius. Šios alternatyvos gauti duomenys pateikiami 16 lentelėje.

Pagal 19 lentelėje pateikus duomenis, po modernizavimo darbų užbaigimo yra pasiekama B energetinio naudingumo klasė. Tačiau užsibrėžto tikslo – A++ energetinio naudingumo klasės nepavyksta pasiekti. Pastebime, kad su pasiekta B energetinio naudingumo klase būtų galima sutaupyti apie 65 proc. sunaudojamos šilumos kiekio, kas yra apie 447,83 MWh per metus. Šio modelio planuojamų darbų kaina siektų apie 710.464,16 eurų sumą, kuri namo gyventojams, jų turto vertę pakeltų apie 650.000,00 eurų suma, tačiau ši suma skaičiuojama viso namo vertei. Dėl atliktų darbų pastato eksploatacijos ir priežiūros kaštai padidėtų apie 40 procentų, kadangi name jau būtų sumontuota rekuperacinė vėdinimo sistema bei modernizuotas ir automatizuotas namo šilumos punktas, yra reikalingi aukštesnės kvalifikacijos darbuotojai bei papildomi darbuotojų apmokymai. Labai stipriai sumažėję šilumos nuostoliai name, leidžia gyventojams džiaugtis aukštesne, pastovia, komfortiška vidaus oro temperatūra, kartu sumažinant šildymo kaštus.

19 lentelė. 3 alternatyvos rezultatų suvestinė

3 Alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekama energetinio naudingumo klasė	Siekiama energetinio naudingumo klasė
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas	MWh per metus	447,83	B	A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	710.464,16		
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	107,23		
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	17		
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	650.000,00		
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	40		
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	60		

Pagal 13 paveiksluke pateiktas diagramas yra matomas name suvartojamos šilumos kiekių palyginimas. Pagal diagramos duomenis matome, kad sutaupytos šilumos kiekio dalimi būtų galima kompensuojami statybos darbus, kurie atsipirkti galėtų per 17 metų. Tai parodo, kad ši modernizavimo alternatyva parodytų gyventojams ryškų sunaudotos šilumos kiekio sumažėjimą bei leistų sutaupyti dalį sumos nuo mokamos už šildymą ir mokamos už statybos darbus sumos.



13 pav. Šilumos suvartojamas nemodernizuotame name ir atlikus 3 alternatyvos modernizavimo darbus

3.4.4. 4 Alternatyvos analizė

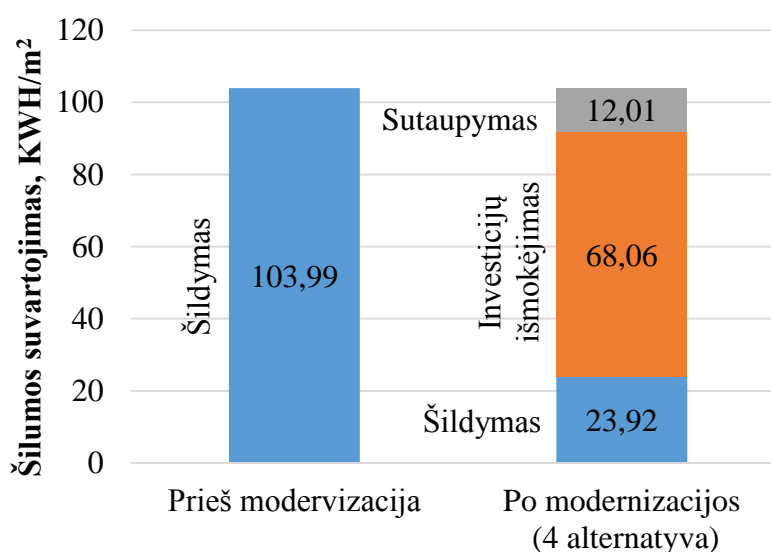
Analizuojant 4 modernizavimo darbų alternatyvą pastebime, kad šios nagrinėjamos modernizavimo darbų alternatyvos pagrindiniai projektiniai sprendimai nesiskiria nuo ankstesnių trijų nagrinėtų alternatyvų. Pagal surinktus ir gautus šio, ketvirto, modernizavimo modelio duomenis (20 lentelė), pastebime nemažus skirtumus nuo ankstesnių nagrinėtų modelių.

Analizuojant 4 modernizavimo alternatyvas surinktus bei apskaičiuotus duomenis, pastebime, kad šio modelio projektiniai sprendiniai parinkto gyvenamojo daugiabučio namo gyventojams suvartojamos šilumos sąnaudas gali sumažinti net iki 530,51 MWh per metus, kas sudaro net 77 procentus visos namo sunaudotos metinės šilumos kiekio. Tačiau norint pasiekti tokius suvartojamos šilumos sutaupymus, už visus modernizavimo darbus bei visą reikalingą įrangą reikėtų sumokėti apie 1.533.774,38 eurų sumą. Šie projektiniai modernizavimo sprendimai viso namo bendrąją vertę galėtų papildomai pakelti net apie 1.400.000,00 eurų suma. Kadangi name jau yra projektuojama rekuperacinė vėdinimo sistema, automatinis šilumos punkto valdymas ir veikimas, įrengta atskira vartotojų šilumos apskaitos sistema, įrengti šilumos siurbliai, įrengiant geoterminį šildymą, išaugina namo eksploatacijos ir priežiūros sąnaudas, kurios gali padidėti apie

70 procentų bei gyventojų kokybę, kadangi kiekvieno buto savininkas gali pagal savo norus nustatyti buto oro temperatūrą, reguliuodamas tiekiamą šilumos kiekį. Visi šie duomenys pateikti 20 lentelėje.

20 lentelė. 4 alternatyvos rezultatų suvestinė

4 Alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekiamas energetinio naudingumo klasė	Siekiamas energetinio naudingumo klasė
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas	MWh per metus	530,51	A	A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	1.533.774,38		
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	231,49		
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	31		
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	1.400.000		
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	70		
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	70		



14 pav. Šilumos suvartojimas nemodernizuotame name ir atlikus 4 alternatyvos modernizavimo darbus

14 paveiksluke pateiktoje diagramoje matomas name suvartojamos šilumos kiekių palyginimas. Pagal šiuos duomenis matome, kad sutaupytos šilumos kiekio dalimi galima būtų kompensuoti statybos darbus, kurie atsipirkti galėtų tik per 31 metus. Tai parodo, kad ši modernizavimo alternatyva parodytų gyventojams ryškų sunaudotos šilumos kiekio sumažėjimą bei leistų sutaupyti dalį sumos nuo mokamos už šildymą ir mokamos už statybos darbus sumos.

3.4.5. 5 Alternatyvos analizė

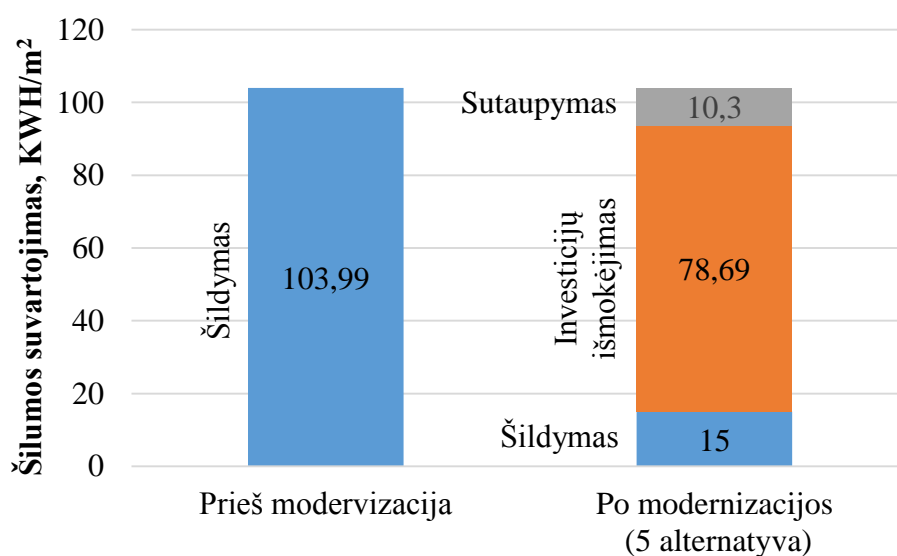
Ši modernizavimo darbų alternatyva yra kraštutinis modernizavimo darbų veiksmas, kada tiek konstrukcijų nusidėvėjimu, dideliais šilumos nuostoliais, architektūriniais sprendimais yra tiek stipriai nusidėvėjęs ir pasenęs, kad namui atlikti renovaciją yra nebeekonomiška. Kai namo modernizacijos darbų kaina pasidaro tiek didelė, kad darbų atsipirkimas išauga iki namo pakartotinio nusidėvėjimo, o atlikti darbai jau nebeatstato namo visų fizinių savybių ir namo renovacijos darbams bankas jau nebesuteikia paskolos. Tokiu atveju yra viena alternatyva – parengti naują namo projektą, kuris galėtų atitikti visus aukščiausius keliamus reikalavimus.

Rengiant naujos statybos namą, projektas yra rengiamas atsižvelgiant į A++ energinio naudingumo klasės keliamus reikalavimus, kartu namą integruojat į miesto architektūrinį ir urbanistinį vaizdus. Surinkti duomenys pateikti 21 lentelėje. Tačiau norint įgyvendinti tokį projektą, pagrindinis ir pirmasis žingsnis yra viso ar bent didžiosios dalies namo gyventojų noras ir sutikimas, dėl senojo namo griovimo ir pasiryžimo keleriems metams laukti naujo energetiškai efektyvaus namo, statyboms.

Pagal 21 lentelėje pateiktus duomenis matome, kad tokio projekto statybų kaštai yra išties dideli ir siekia apie 4.854.849,47 eurų sumą, o darbų atsipirkimas siekia kiek daugiau nei 43 metus. Tokio namo priežiūros darbai yra sudėtingi bei reikalaujantys apmokytų specialistų, todėl eksploatacijos ir priežiūros darbų kaina, lyginant su pasirinktu gyvenamuoju namu išauga net 70 proc. Tokio naujai pastatyto namo metinės šilumos sąnaudos siektų apie 99,38 MWh per metus arba 15 KWH/m² per metus. 15 paveiksluko pateiktoje diagramoje matoma, kad naujai pastatyto namo šilumos sunaudojimą galima sumažinti iki 10 kartų.

21 Lentelė. 5 alternatyvos rezultatų suvestinė

5 Alternatyva					
Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	Duomenys	Pasiekama energetinio naudingumo klasė	Siekiami energetinio naudingumo klasė
1.	Planuojamos energijos suvartojimas	MWh per metus	99,38	A++	A++
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	4.854.849,47		
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	732,74		
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	43		
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	4.854.849,47		
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	70		
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	100		



15 pav. Šilumos suvartojimas nemodernizuotame name ir atlikus 5 alternatyvos modernizavimo darbus

3.4.6. Parinktų modernizavimo alternatyvų rezultatai

Peržvelgus visus surinktus, apskaičiuotus ir išanalizuotus duomenis galime palyginti kiekvieną alternatyvą, kartu parenkant efektyviausią modernizavimo darbų alternatyvą, kuri už palankų investicijų dydį, optimalų atsipirkimo laiką, kuo aukštesnę pasiekiamą klasę bei kuo didesnius šilumos energijos suvartojimus būtų tinkamiausias. Pagal šiuos duomenis matome, kad

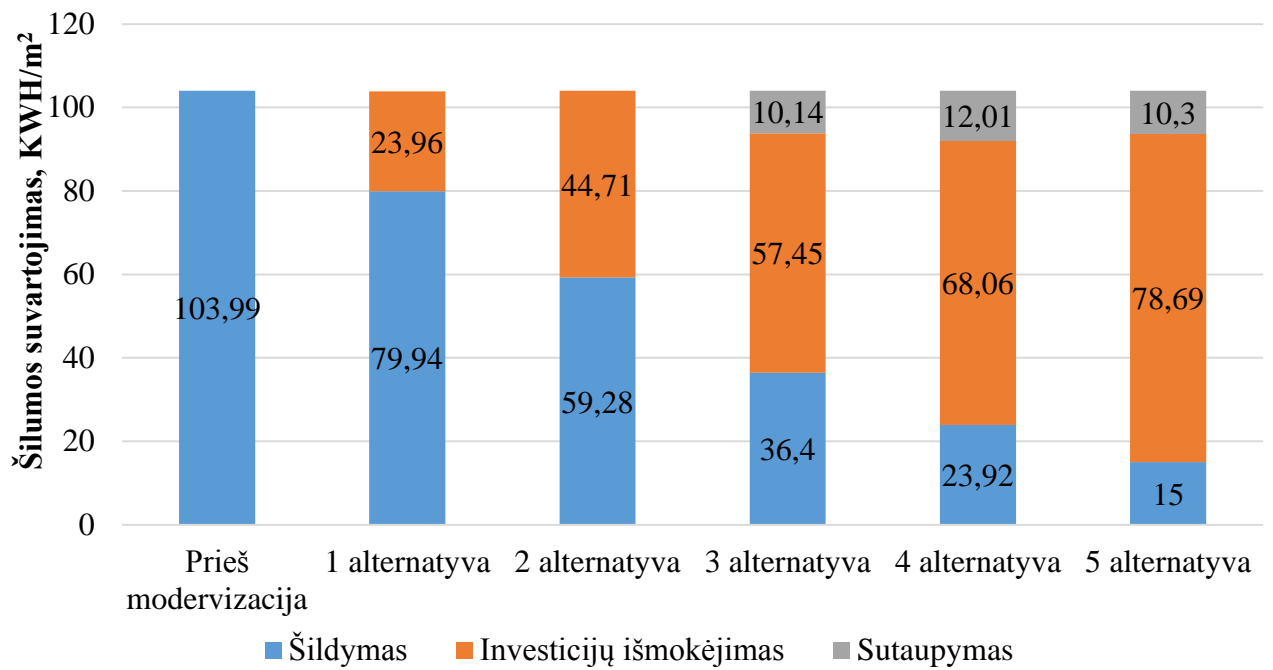
pirmais trimis modernizavimo darbų alternatyvomis galime pasiekti tik B energetinio naudingumo klasę, o 4 alternatyva pasiekama A klasė, tačiau nei vienu šiuo modeliu nėra pasiektas pagrindinis užsibrėžtas tikslas – A++ energetinio naudingumo klasė. Pirmojo ir antrojo modelių paskaičiuoti sunaudojamos šilumos sutaupymai skiriasi nedaug ir siekia kiek daugiau nei 200 MWh per metus, o modernizacijos darbų atsipirkimas siekia 8 – 13 metų laikotarpį. Trečios ir ketvirtos alternatyvų gautus duomenis ir juo sulyginus su pirmųjų dviejų alternatyvų gautais duomenimis matome, kad modernizavimo darbų kaina siekia kelis kartus didesnius kaštus, kartu sutaupant nuo 65 iki 70 procentų sunaudojamos šilumos kiekio, o darbų atsipirkimas abiejų modelių skiriasi kardinaliai: 3 alternatyva - 17 metų, 4 alternatyva - 31 metai, tai parodo, kad namo modernizacijos darbai pagal šią alternatyvą neatsipirks greičiau nei namui prireiks pakartotinio atnaujinimo.

Lyginant 5 alternatyvą su pirmomis keturiomis yra matomi aiškūs skirtumai:

- Darbų kaina nuo 4 modelio skiriasi net 3 kartais;
- Darbų atsipirkimo laikas yra labai ilgas ir siekia 43 metus;
- Norint įgyvendinti šią alternatyvą nemodernizuoto namo gyventojai 1 – 2 metų laikotarpiui privalo persikelti į kitas laikinas gyvenamąsias patalpas, kad vietoje jiems priklausiančio namo būtų pastatytas naujas;
- Tokio namo priežiūros ir eksploatacijos kaštai yra dideli, kadangi nuolat reikia tikrinti įrangą, ją valyti ir pan.
- Gyvenimo kokybės pagerėjimas išauga iki 100 procentų.
- Namų nusidėvėjimo laikotarpis, lyginant su kitais modeliais yra ilgesnis ir siekia daugiau nei 50 metų.

Pagal visų 5 alternatyvų išanalizuotus duomenis, atsižvelgiant į visus pagrindinius vertinimo kriterijus bei apskaičiuotą kriterijų reikšmingumą pagal bendrą metodų įvertinimą, efektyviausias modernizavimo modelis tiek darbų kaina, atsipirkimo laiku, šilumos energijos sutaupymo kiekiu, komforto pagerėjimu, namo vertės išaugimu, namo nusidėvėjimo laiko išaugimu, mokėjimų sutaupymu nuo šilumos suvartojimo prieš modernizaciją yra 3 alternatyva.

Tačiau analizuojant visas alternatyvas pagal parinktus kriterijus bei apskaičiuotą jų reikšmingumą bei atsižvelgiant į pagrindinį darbo tikslą, kad pastatas galėtų pasiekti A++ energetinio naudingumo klasę gauname, kad tik su analizuojama 5 alternatyva galime pasiekti šį tikslą. Visi surinkti ir susisteminti duomenys pateikti 16 paveiksliuke ir 22 lentelėje.



16 pav. suvartojamos šilumos kiekiai pagal modernizavimo modelius

22 lentelė. Modernizavimo modelių gautų duomenų suvestinė

Eil. Nr.	Kriterijų pavadinimas	Mato vienetai	1 alternatyva	2 alternatyva	3 alternatyva	4 alternatyva	5 alternatyva
1.	Suvartojamos šilumos kiekio sumažėjimas/ Planuojamos energijos suvartojimas	MWh per metus	206,69	296,14	447,83	530,51	99,38
2.	Atliktų darbų kaina	Eurai	158.768,30	393.555,30	710.464,16	1.533.774,4	4.854.849,47
3.	Darbų kaina tenkanti 1 m ² namo ploto	Eurai	23,96	59,40	107,23	231,49	732,74
4.	Atsipirkimo laikotarpis	Metai	8	13	17	31	43
5.	Pastato vertės padidėjimas	Eurai	122.000,00	350.000,00	650.000,00	1.400.000	4.854.849,47
6.	Pastatų eksploatacijos ir priežiūros kaštų padidėjimas	Procentai	10	10	40	70	70
7.	Gyvenamosios kokybės pagerėjimas	Procentai	20	50	60	70	100
8.	Pasiekama energetinio naudingumo klasė	Klasė	B	B	B	A	A++
9.	Siekiamo energetinio naudingumo klasė	Klasė	A++	A++	A++	A++	A++

4. Temperatūrų matavimas termoporumis

Nagrinėjant bei vertinant gyvenamųjų daugiabučių pastatų modernizavimo modelius bei alternatyvas buvo atlikti bandymai, siekiant išnagrinėti esamą situaciją modernizuotuose ir nemodernizuotuose pastatuose. Bandymai buvo atlikti dviejuose, skirtingų techninių, konstrukcinių bei šiluminių savybių pastatuose:

- Nemodernizuotas daugiabutis gyvenamasis pastatas – Namas A;
- Modernizuotas daugiabutis gyvenamasis pastatas - Namas B.

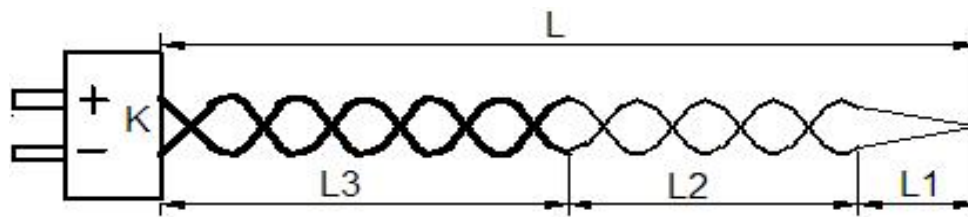
Analizuojant esamas situacijas abiejuose pastatuose, bandymai buvo atlikti naudojantis termoporumis. Termoporos paskirtis yra matuoti aplinkos ar paviršiaus temperatūrą realiu laiku.



17 pav. „CEM TP-300“ termopora

Bandymui buvo naudota „Nova5000“ duomenų registravimo įrenginys. Kartu su šiuo duomenų registravimo prietaisu buvo naudota ir temperatūros matavimo jutiklis – K tipo „CEM TP-300“ termopora (17 pav.). Tokio tipo termoporos pasižymi gan dideliu temperatūros matavimo diapazonu, kuris yra nuo $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ iki $300\text{ }^{\circ}\text{C}$. Jutiklis pasižymi dideliu tikslumu, išmatuotos temperatūros maksimali paklaida siekia ne daugiau, kaip 2 proc. nuo viso matavimo diapazono. Šis temperatūros jutiklis yra naudojamas tiek pramonėje, statybose ar net buityje, o dėl ypač didelio šių prietaisų tikslumo ir ilgaamžiškumo jutiklis gali būti naudojamas net ir mokymo tikslais. Šis „CEM TP-300“ jutiklis – termopora sudaryta iš dviejų kontaktų mini kištuko (K),

izoliacine medžiaga dengtų dviejų skirtingų storių bei pintų laidų gija (L3, L2), dviejų neizoliuotų, laidų jungtis jautri temperatūrai (L1), kaip pateikta principinėje schemeje (18 pav.).



18 pav. Termoporos principinė schema: K - dviejų kontaktų mini kištukas; L1 - dviejų neizoliuotų, laidų jungtis jautri temperatūrai, L2 – L3 - izoliacine medžiaga dengtų dviejų skirtingų storių, pintų laidų gija

Temperatūrų matavimai su termoporom, tiek Name A, tiek Name B buvo atliekama po 6 paras, buvo nustatyta, kad Nova5000“ duomenų registravimo prietaisas ir „Picolog“ programine įranga registruotų, kas 5 minutes kiekvieno daviklio duomenis. Abejuose pastatuose buvo pasirinkta po vieną butą, kuriuose buvo atlikti temperatūrų matavimai. Kiekviename bute temperatūra matuojama viename kambaryje, kuriame turėjo būti kuo mažesnis oro srautas bei neturi būti kitų papildomų šilumos šaltinių, elektrinių radiatorių, elektrinių šildytuvų, turi būti kuo mažesnis žmonių srautas ir pan. Kiekviename objekte buvo matuojama po keturis skirtingus taškus:

- Lauko temperatūra;
- Vidaus temperatūra 1,3 metro aukštyje;
- Vidaus temperatūra 2,0 metrų aukštyje;
- Radiatoriaus temperatūra.

4.1. Nmodernizuoto namo aprašymas

Pirmasis objektas, bandymams pasirinktas blokinio tipo penkių aukštų gyvenamasis namas, kuris yra pastatytas Kaune, adresu: Partizanų g. 78. Šis pastatas yra pastatytas dar 1969 metais. Name suprojektuota 119 butų, namo visas šildomas plotas yra 6625,61 m². Pagal pateiktus UAB „Kauno energija“ pateiktus paskutinių penkerių metų duomenis, vidutinė suvartotos šilumos kaina buvo 0,98 euro/ m². Vidutiniškai namas per vieną šildymo sezoną suvartoja 688,98 MWh. Šio namo gyventojai per vieną šildymo sezoną vidutiniškai sumoka 6.486,84 eurų sumą už energijos kiekį, reikalingą namui šildyti. Vidutiniškai per vieną šildymo sezoną šio namo vienam kvadratiniam metrui yra sunaudojama apie 103,99 KWh šilumos energijos.



19 pav. Nmodernizuoto daugiabučio gyvenamojo pastato rytinis – šiaurinis bei pietinis – vakarinis fasadai

4.2. Modernizuoto namo aprašymas

Objektui B pasirinktas gyvenamasis namas, kuris yra pastatytas Jonavoje, adresu: Chemikų g. 29. Šis pastatas yra pastatytas dar 1991 metais. Šiame name yra suprojektuota 75 butai, name yra viso 4033,56 m² šildomo ploto. Tai tokio pat tipo gyvenamasis namas, kaip ir objektas A.

Tai blokinio tipo penkių aukštų gyvenamasis namas, tačiau namui dar 2015 metais yra atlikta modernizacija. Namui buvo apšildyti pamatai, apšildytos namo sienos, pakeistos lauko durys, sudėta dalis naujų plastinių langų, apšildyti visi namo balkonai bei balkonai įstiklinti naujai plastiko langų konstrukcija. Renovuotas namo stogas, kartu įrengiant storesnį šilumos sluoksnį. Name modernizuotas visas šilumos mazgas, atnaujinta dalis namo šilumos sistemos. Šilumos punktas automatizuotas, kad visuose namo stovuose bei aukštuose palaikytų vienodą temperatūrą bei kuo tiksliau galėtų reaguoti į lauko šilumos pokyčius. Pagal atliktus modernizacijos darbus namo modernizacijos darbai yra priskiriami 3 alternatyvai, kurią analizuojame šiame darbe.

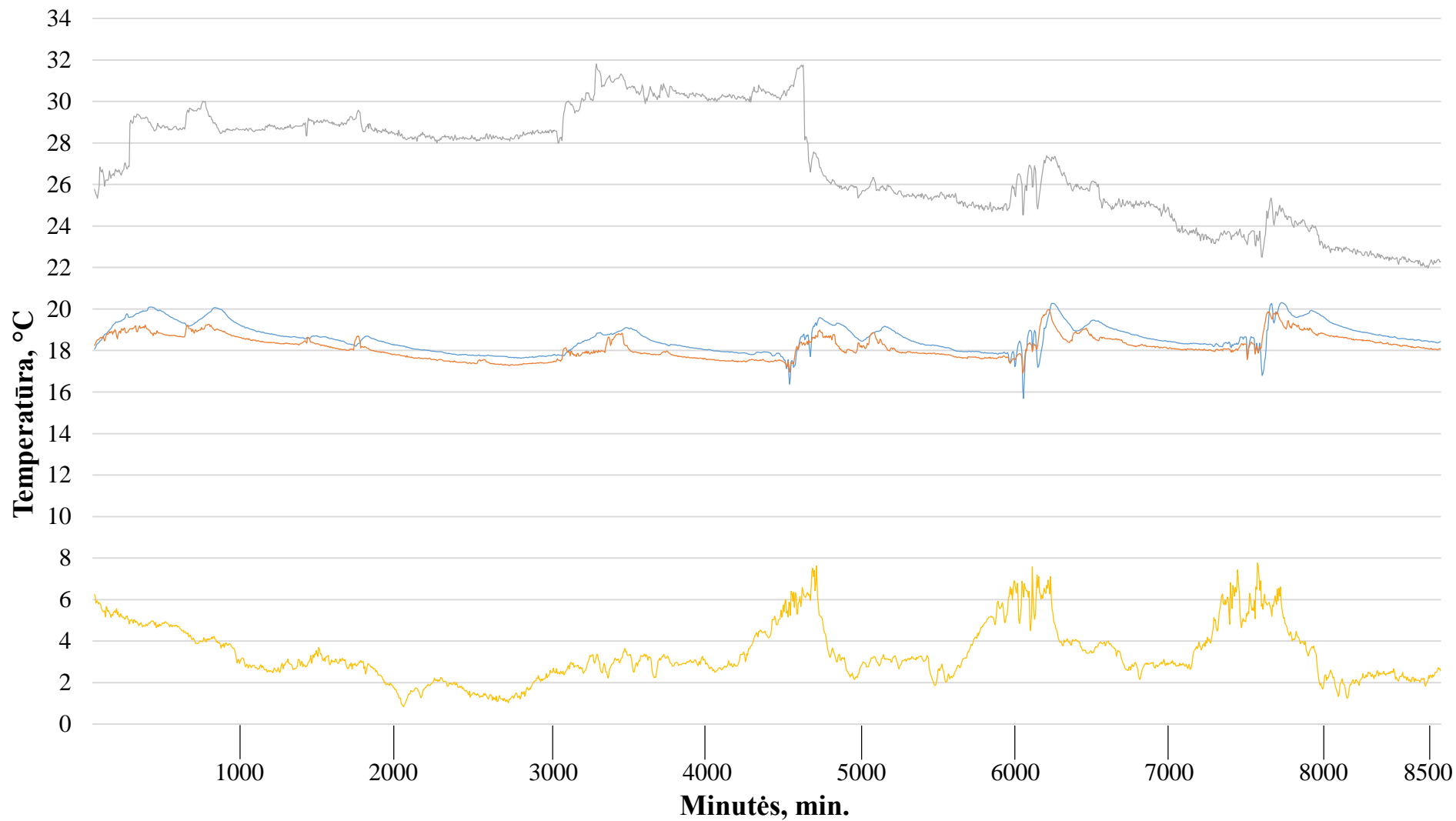
Pagal pateiktus AB „Jonavos šilumos tinklai“ pateiktus paskutinius šildymo sezono duomenis, vidutinė suvartotos šilumos kaina buvo 0,45 euro/ m². Vidutiniškai namas per šį šildymo sezoną, kai buvo atlikti modernizavimo darbai, suvartoja 210,33 MWh. Šio namo gyventojai per šildymo sezoną sumokėjo 1.801,66 eurų sumą už suvartotą šilumą. Pagal AB „Jonavos šilumos tinklai“ pateiktus šilumos energijos suvartojimo kiekius, šis modernizuotas namas per šį šildymo sezoną suvartojo 52,15 KWh/ m².



20 pav. Modernizuoto daugiabučio gyvenamojo namo fasadai

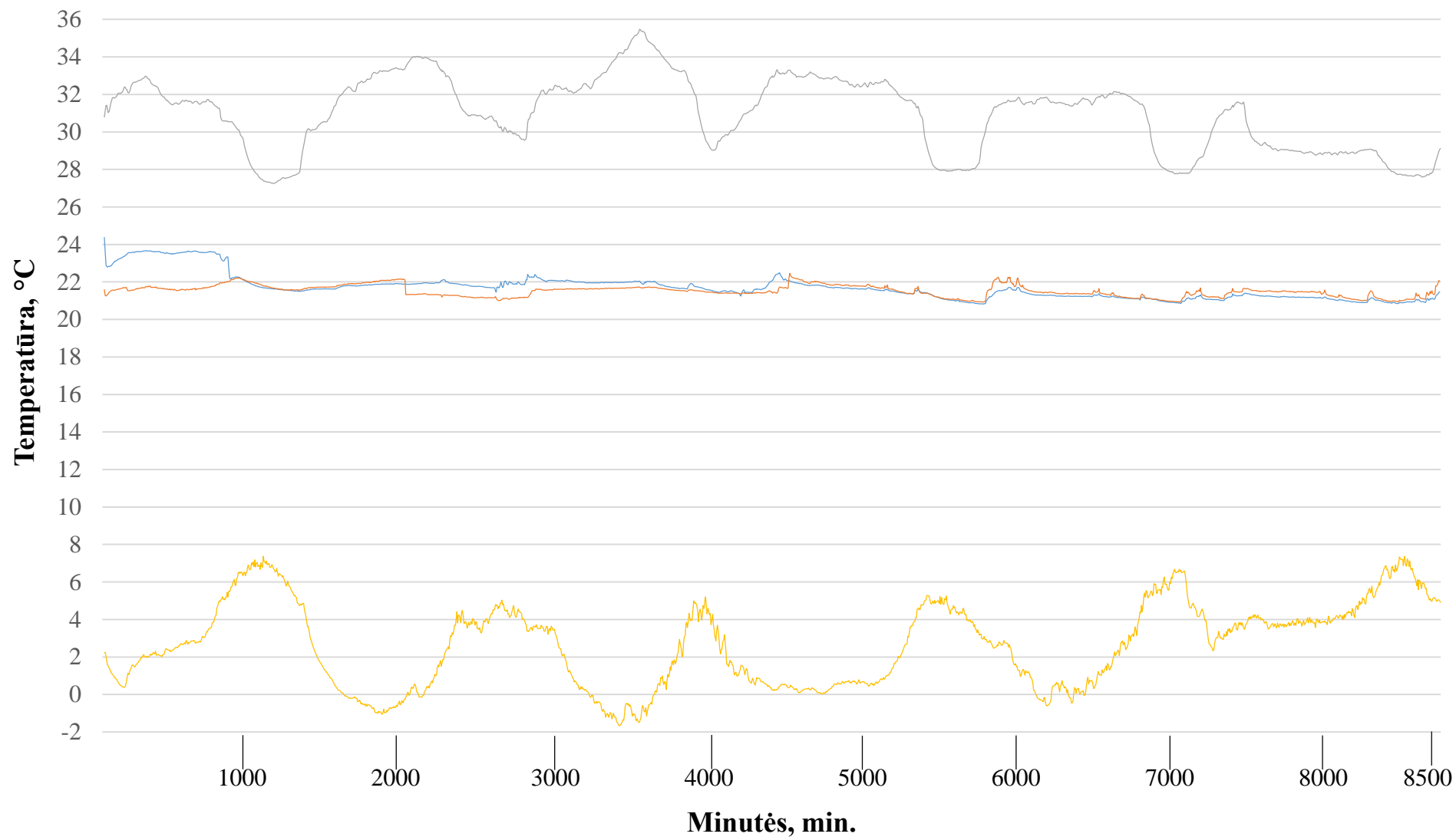
4.3. Temperatūrų matavimo termoporomis duomenys

Atlikus temperatūrų matavimus abiejuose analizuojamuose objektuose, buvo atlikta daugiau kaip 1700 kartų temperatūros užfiksavimo veiksmų. Kiekviename tirtame name temperatūra buvo matuota 8500 minučių arba beveik 6 paras laiko. Kad būtų patogesnis duomenų analizavimas ir lyginimas, sukaupti temperatūrų duomenys ir gautos diagramos perkeliamos į „Exel“ programą. Perkelti duomenys pateikti 21 ir 22 paveikslėliuose pateiktose diagramose.



— Vidus temperatūra 2,0 metrų aukštyje °C — Vidus temperatūra 1,3 metro aukštyje °C
 — Radiatoriaus temperatūra °C — Lauko temperatūra °C

21 pav. Name A atlikto temperatūrų matavimo duomenys



— Vidaus temperatūra 2,0 metrų aukštyje °C — Vidaus temperatūra 1,3 metro aukštyje °C
 — Radiatoriaus temperatūra — Lauko temperatūra

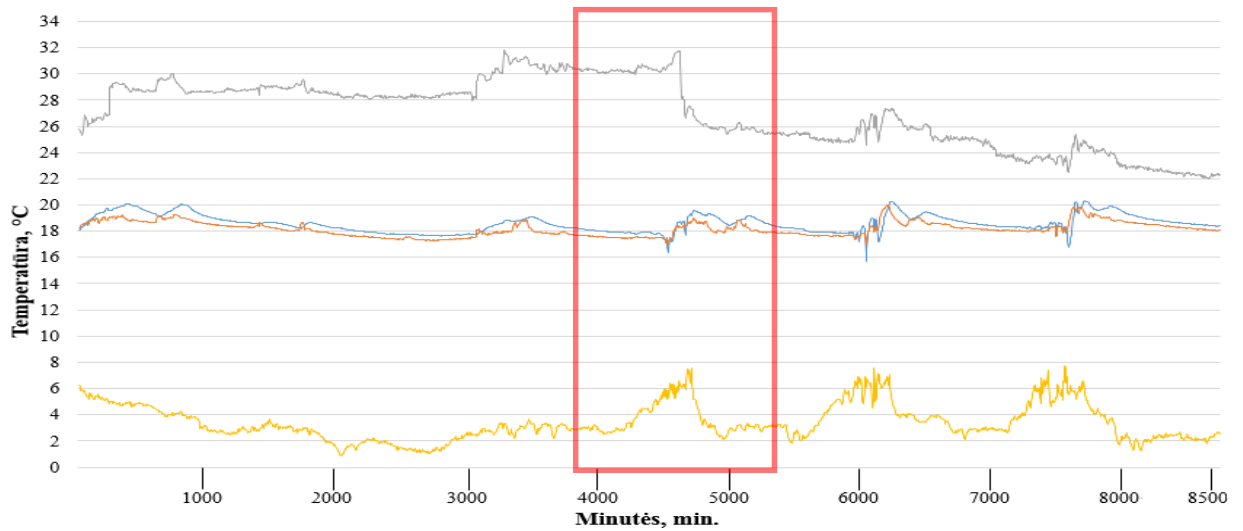
22 pav. Name B atlikto temperatūrų matavimo duomenys

Analizuojant abiejų namų patalpose esamą situaciją, yra matomi ryškūs ir dideli temperatūrų skirtumai. Kad sukauptų duomenų paros vidurkiai būtų kuo tikslesni, vidurkiams apskaičiuoti buvo pasirinkta viena tyrimų para – 3 para (23 pav.). Abiejų nagrinėjamų objektų pagrindiniai temperatūrų dydžiai pateikti žemiau esančioje lentelėje (23 lentelė).

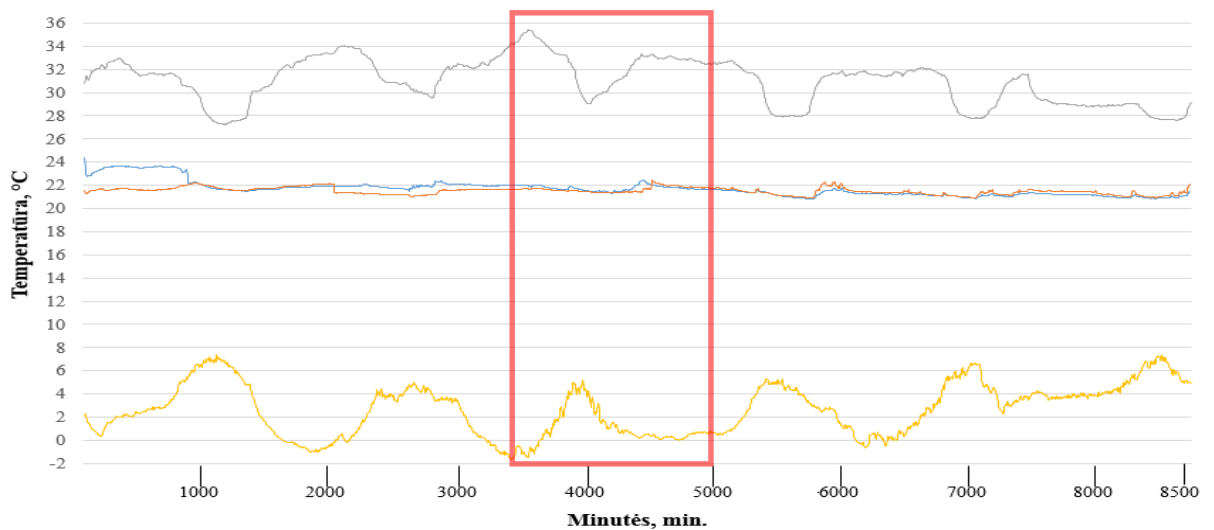
23 lentelė. Analizuojamų objektų temperatūrų duomenys

Eil. Nr.	Pavadinimas	Namas A	Namas B
Temperatūrų vidurkiai			
1	Vidutinė patalpos temperatūra 1,3 metro aukštyje, visu tyrimo metu	18,19	21,53
2	Vidutinė patalpos temperatūra 2,0 metro aukštyje, visu tyrimo metu	18,61	21,72
3	Vidutinė patalpos temperatūra	18,4	21,63
4	Vidutinė lauko temperatūra, visu tyrimo metu	3,41	2,66
5	Vidutinė vienos paros lauko temperatūra	3,65	2,52
6	Vidutinė šilumos sistemos (radiatoriaus) temperatūra, visu tyrimo metu	27,03	31,02
Aukščiausi temperatūrų rodmenys			
7	Temperatūra 1,3 metro aukštyje	20,31	22,46
8	Temperatūra 2,0 metro aukštyje	19,97	24,38
9	Aukščiausia patalpos temperatūra	20,14	23,42
10	Lauko temperatūra	7,77	7,38
11	Radiatoriaus temperatūra	31,8	35,47
Žemiausi temperatūrų rodmenys			
12	Temperatūra 1,3 metro aukštyje	16,91	20,93
13	Temperatūra 2,0 metro aukštyje	15,69	20,83
14	Žemiausia patalpos temperatūra	16,3	20,88
15	Lauko temperatūra	0,84	-1,65
16	Radiatoriaus temperatūra	21,97	27,26

4.4. Nmodernizuoto namo tyrimo analizė



a) Name A atlikto temperatūrų matavimo duomenys



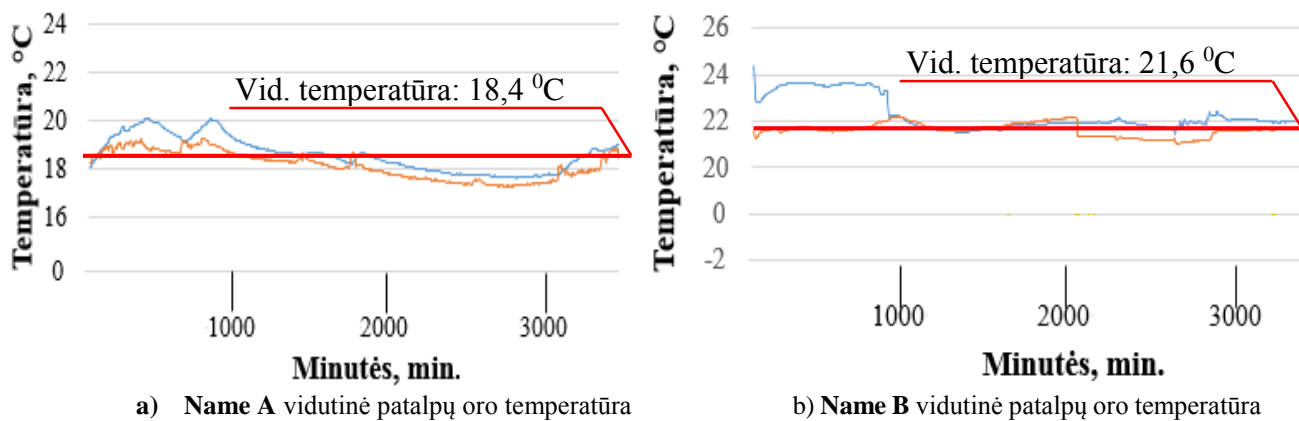
b) Name B atlikto temperatūrų matavimo duomenys

23 pav. a ir b diagramos su pažymėta naudojamų (vienos paros) vidurkiams apskaičiuoti duomenys

Kadangi šis bandymas buvo atliktas, kai vidutinė paros temperatūra buvo aukštesnė nei 0°C ir vidutiniškai siekė 3°C bei nagrinėjamuosiuose objektuose temperatūrų matavimai buvo atliekami vienu prietaisu ir skirtingu laiku. Todėl lyginti šių dviejų pastatų duomenis galime tik susisteminti, žiūrint į jų bendrinius dydžius. Kad analizuojami duomenys atitiktų realius palyginimus, naudojame tokius duomenis, kurie tiksliausiai parodytų abiejų pastatų esamas situacijas.

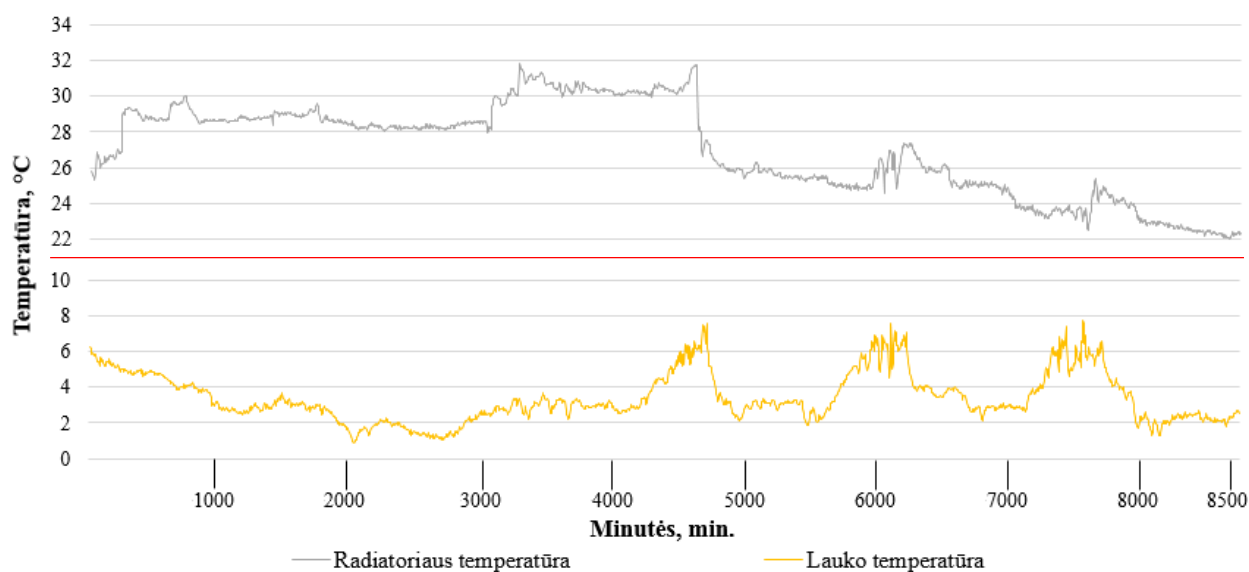
Pagal sukauptus temperatūrų duomenis yra matomas esminis abiejų namų temperatūrų skirtumas. Lyginant abiejų namų vidaus patalpų temperatūras matoma, kad nerenovuotame name temperatūra siekia vidutiniškai 18°C , kai tuo tarpu po modernizacijos darbų tirtame objekte (Namas B) vidutinė patalpų temperatūra siekia net daugiau nei $21,5^{\circ}\text{C}$ (24 pav.). Matomas gan

didelis temperatūrų skirtumas, kuris lygus daugiau, kaip $3,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai. Tai yra ganėtinai stipriai žmogaus jaučiamas temperatūrų skirtumas. Tai vienas iš pagrindinių kriterijų, įtakančių patalpose esančią komforto zoną.



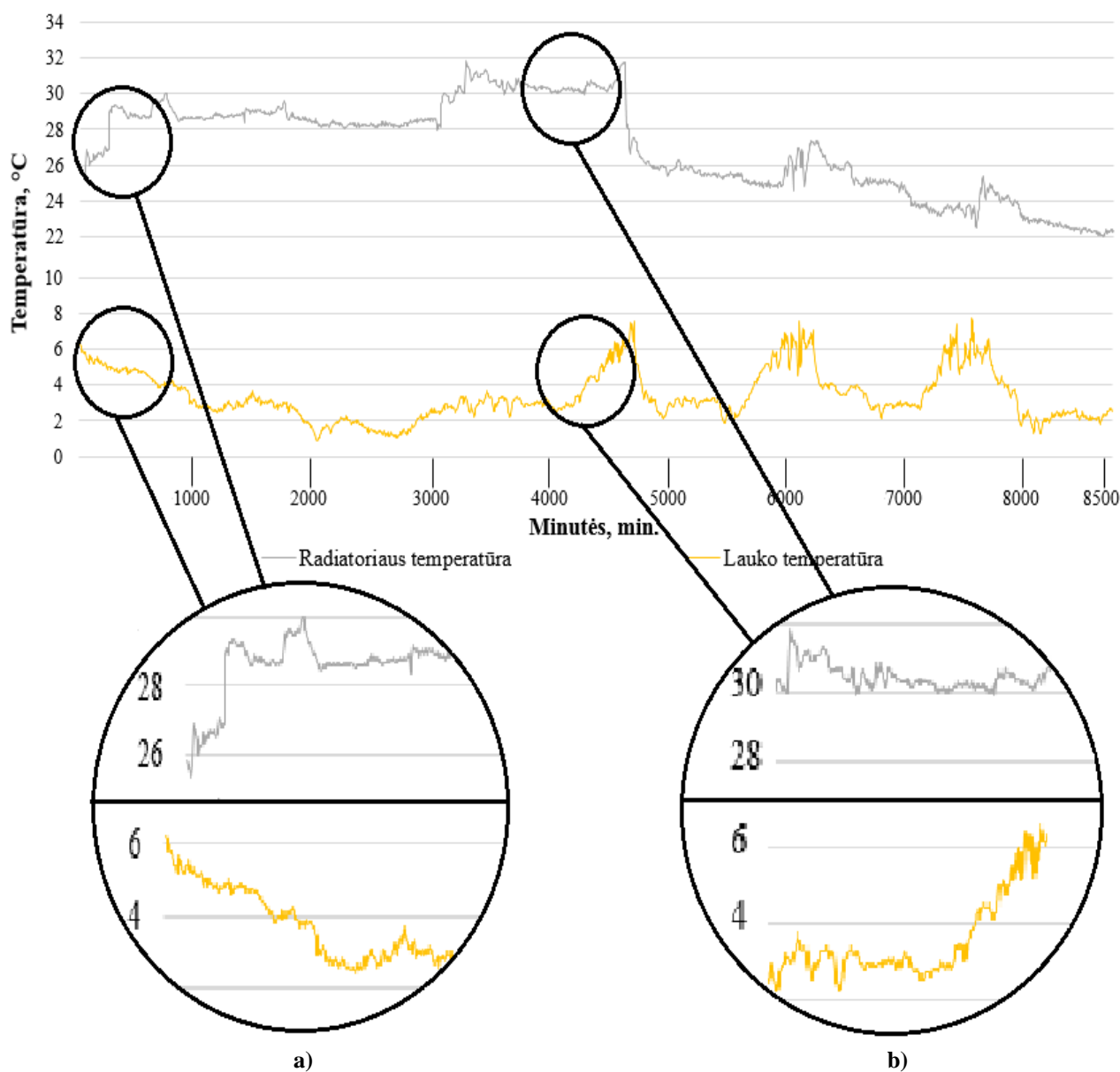
24 pav. Nagrinėjamų namų vidaus patalpų vidutinė oro temperatūra

Kai vidutinė lauko oro temperatūra trijų dienų būna žemesnė nei $10\text{ }^{\circ}\text{C}$, gyvenamuosiuose daugiabučiuose namuose, kurių šildymo sistema yra prijungta prie miesto šilumos tinklų, yra įjungiamas šildymas. Nuo kiekvienos miesto šilumos kainos (kiekviename mieste šilumos kaina yra skirtinga) ir name suvartojamos šilumos energijos priklauso gyventojų mokama komunalinių paslaugų suma. Tačiau komunalinių paslaugų sumą galima stipriai sumažinti atliekant pastatų modernizavimo darbus, kartu modernizuojant, pertvarkant ir automatizuojant šilumos mazgus esančius pastatuose. Tik tinkamai atlikti darbai, kokybiškos naudojamos medžiagos, tinkamai sureguliuota bei tiksliai veikianti šilumos punkto automatinė ir programinė įranga gali sumažinti name sunaudojamos šilumos kiekį, kartu sumažinant temperatūrų pasikeitimą namo patalpose.



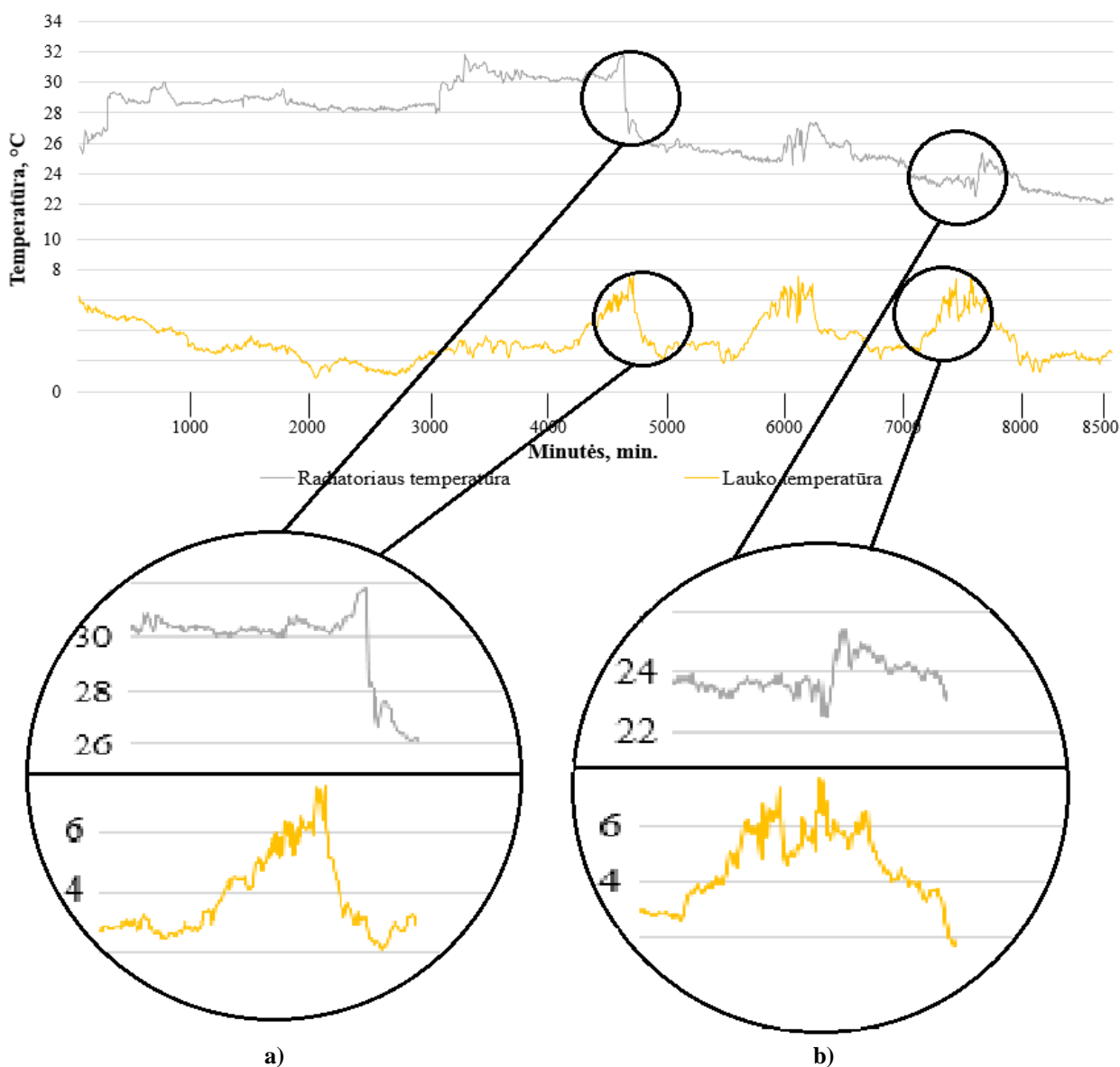
25 pav. Nmodernizuoto pastato (Namas A) lauko ir namo šilumos sistemos temperatūrų diagramos

Analizuojant esamą situaciją nmodernizuotame gyvenamajame pastate (Namas A), pagal aukščiau pateiktas temperatūrų kreives 25 paveiksliuke, yra matoma, kaip keičiantis oro temperatūrai kartu kinta ir namo šilumos sistemos ir jos prietaisų – radiatorių atiduodama šiluma. Šio tyrimams pasirinkto namo šilumos tinklai yra jau fiziškai pasenę ir nefunkcionuoja taip kaip turėtų. Peržiūrint ir kartu lyginant šiame objekte (Namas A) surinktų duomenų diagramas aiškiai matoma, kad kintant lauko oro temperatūrai šilumos punktas reaguoja vėluojant, šiluma į name esančius radiatorius tiekiami netinkama. Pagal žemiau pateiktą paveiksliuką (26 pav.) matome, kad krintant lauko temperatūrai, namo šilumos punkto lauko daviklis reaguoja į temperatūros pasikeitimą ir aukštos temperatūros termofikatą pradeda tiekti į namo šilumos tinklą ir prietaisus.



26 pav. Namo A šilumos sistemos veikimas

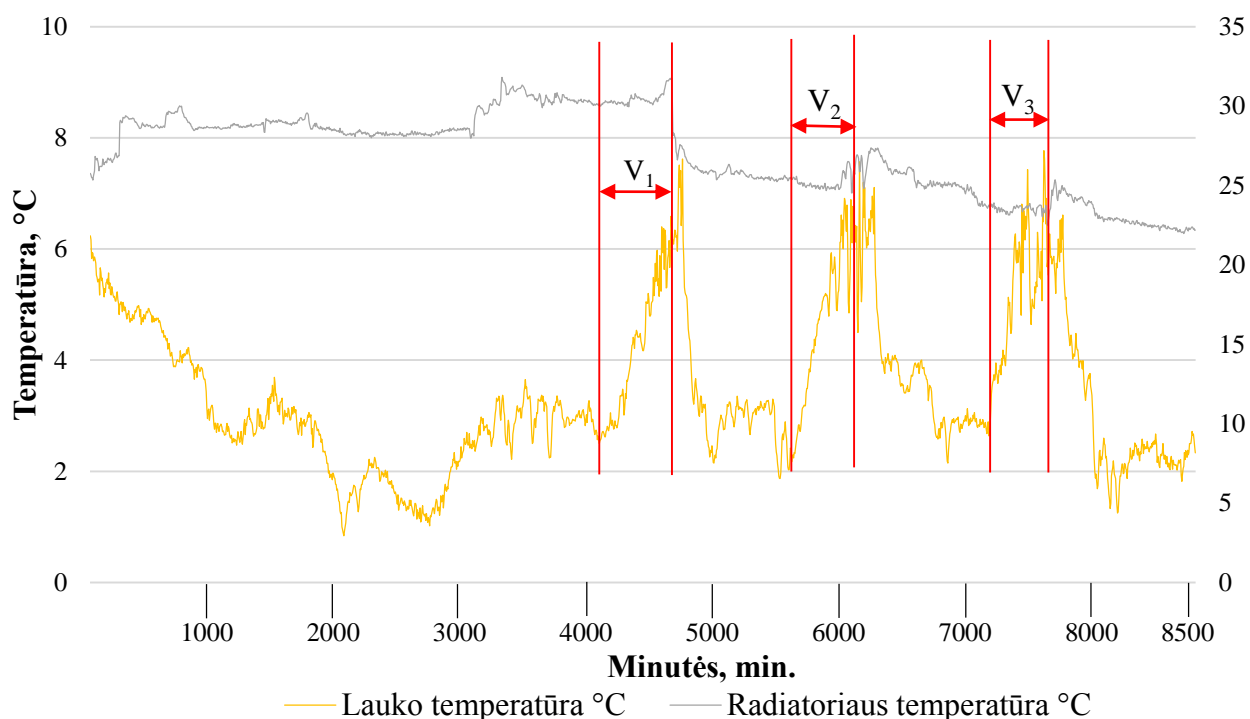
Pagal šį paveiksluką (26 pav.) matome, kad namo A šilumos mazgas veikia netinkamai. Pagal išdidintas diagramų dalis matome, kad palaipsniui lauke vėstant ir krintant oro temperatūrai, šilumos mazgas reagavęs į šį temperatūrų pokytį kelia temperatūrą. Tačiau pagal 26 paveiksluke padidintą A diagramos dalį matome, kad šilumos punktas, krentant temperatūrai reaguoja pavėluotai. Lauke toliau krentant palaipsniui temperatūrai šilumos mazgas staiga stipriai pakelia tiekiamo termofikato temperatūrą, siekiant palaikyti pastovią temperatūrą namo patalpose. Panaši situacija matoma ir padidintoje diagramų dalyje – B. Nors temperatūra namo šilumos sistemoje buvo pakeliama apie 4 – 5 °C, tačiau šis temperatūros padidėjimas įtakoja didesnę šilumos suvartojimą pastate, todėl padidėja ir mokama pinigų suma už šildymą. Nes staigus temperatūros pakėlimas namo šilumos sistemoje reikalauja daug didesnio šilumos energijos kiekio. Tačiau tokia situacija vyksta ne tik kai lauko temperatūra krenta, bet ir lauko temperatūrai kylant.



27 pav. Namu A šilumos sistemos veikimas, kai lauko temperatūra kyla

Kai lauko temperatūra pradeda kilti, oras šyla, į šį temperatūros pasikeitimą šilumos punkto lauko daviklis reaguoja, šilumos punktas pradeda mažinti šilumą namo šilumos sistemoje, sumažinęs termofikato pašildymą arba jį visiškai nutraukęs. Tačiau dėl netinkamo šilumos punkto veikimo namo šilumos sistemų termofikato temperatūra dažnai palaikoma tokia pat ir nemažinama. Tik tada kai lauko temperatūra padidėja kelis kartus nuo pirminės temperatūros, šilumos punktas šilumos tiekimą staiga sustabdo, dėl ko namo šildymo sistemos prietaisai atšąla ir namo patalpose oro temperatūra po truputį pradeda kristi. Matome, kad dienos metu svyruojant laiko temperatūrai į šiuos pokyčius stipriai reaguoja ir namo šilumos punktas. Dienos metu temperatūrai vis pakylant ar nukrentant vienu ar dviem laipsniais, šilumos punktas į tai ypač jautriai reaguoja ir sumažina šilumos tiekimą į name esančius šilumos prietaisus. Toks netinkamas ir labai dažnai kintamas šilumos kiekis, paduodamas iš namo šilumos punkto, įtakoja namo patalpose jaučiamą temperatūrų svyravimą, todėl patalpoje vėl susidaro diskomfortas. Visa ši situacija aiškiai matoma 26 paveiksluko B dalyje bei 27 paveiksluke pateiktose diagramose su papildintomis diagramų dalimis.

Keičiantis lauko temperatūrai, šilumos punktas temperatūrų kitimą fiksuoja pastoviai, tačiau šilumos punktas įsijungia ir pradeda kelti temperatūrą vėliau. Ši situacija pateikta žemiau esančiame 28 paveiksluke.



28 pav. Namo A šilumos punkto veikimas reaguojant į lauko temperatūrų pasikeitimą

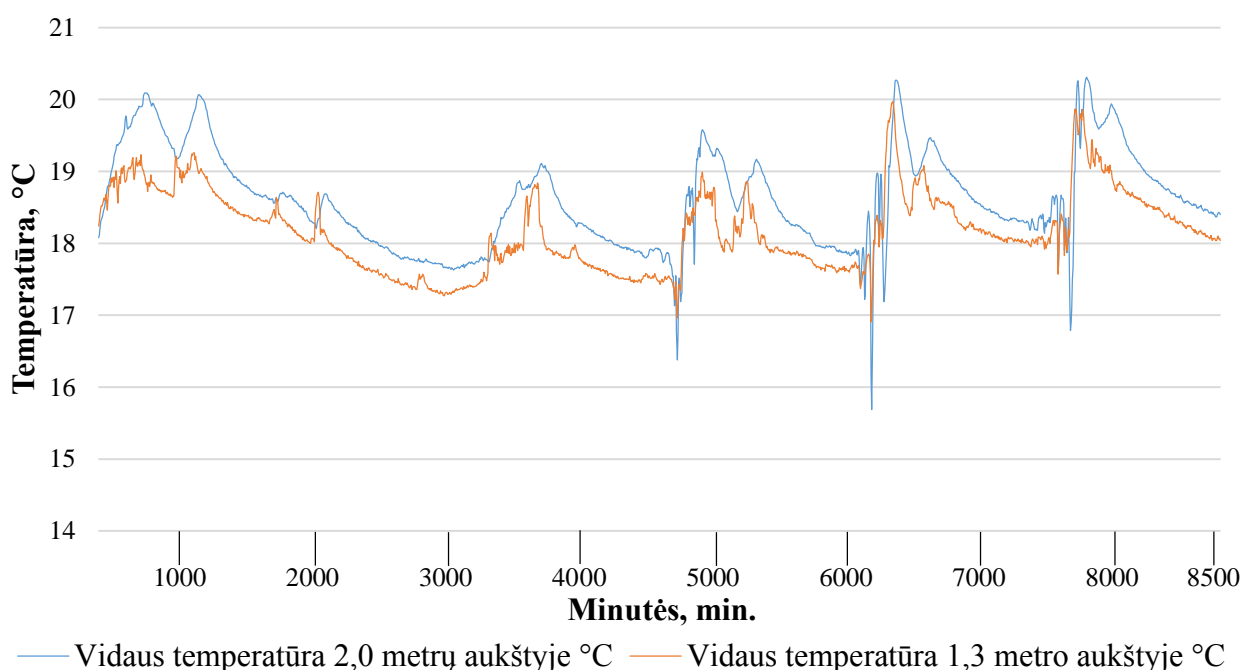
Matome, kad skirtingais momentais, kai lauko temperatūra kildavo, šilumos punktas temperatūrą savyje sumažindavo tik po tam tikro laiko (V_1 ; V_2 ; V_3). Kiekvienu momentu

temperatūra vidutiniškai pakildavo iki 7 °C, tačiau šilumos punktas savyje temperatūrą sumažindavo per skirtingą laiką (V_1 ; V_2 ; V_3) ir iki skirtingos temperatūros:

- Pirmuoju atveju temperatūra sumažinta buvo iki 27 °C;
- Antruoju momentu temperatūra sumažinta buvo iki 24 °C;
- Trečiuoju atveju temperatūra sumažinta buvo iki 23 °C.

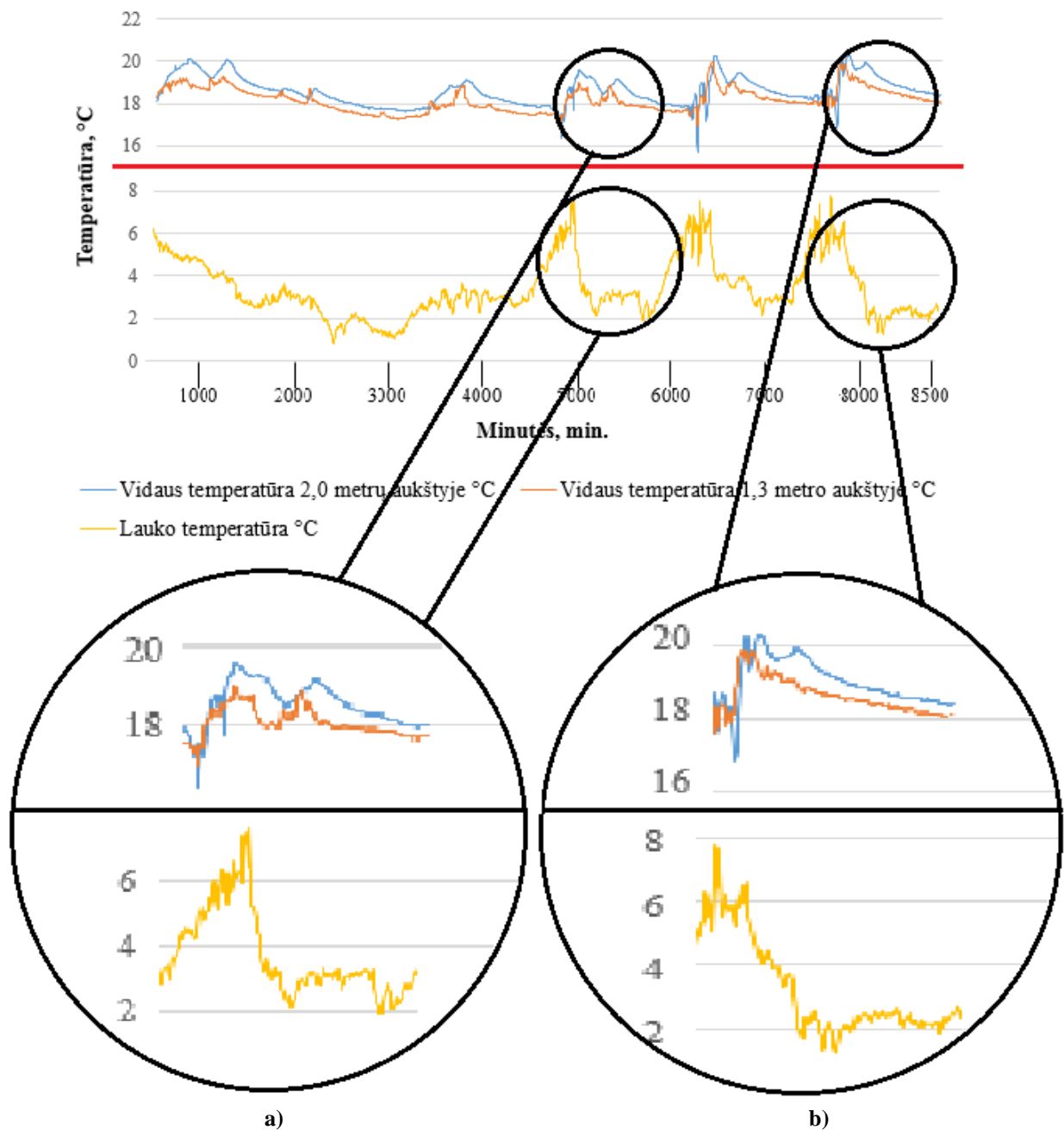
Tai parodo aiškia situaciją, kad šilumos punktas yra sureguliuotas netinkamai, todėl patalpos yra apšildomos netolygiai, nesusiderinant su lauko temperatūros kitimu, patalpose atsiranda jaučiamas temperatūrų svyravimas.

Analizuojant kambario temperatūrų diagramas (29 pav.), nesunkiai galima išvelgti temperatūrų kitimą laiko atžvilgiu, kai temperatūra atvėsta ir, laikui bėgant, vėl pakyla.



29 pav. Namu A vidaus patalpų temperatūrų diagramos

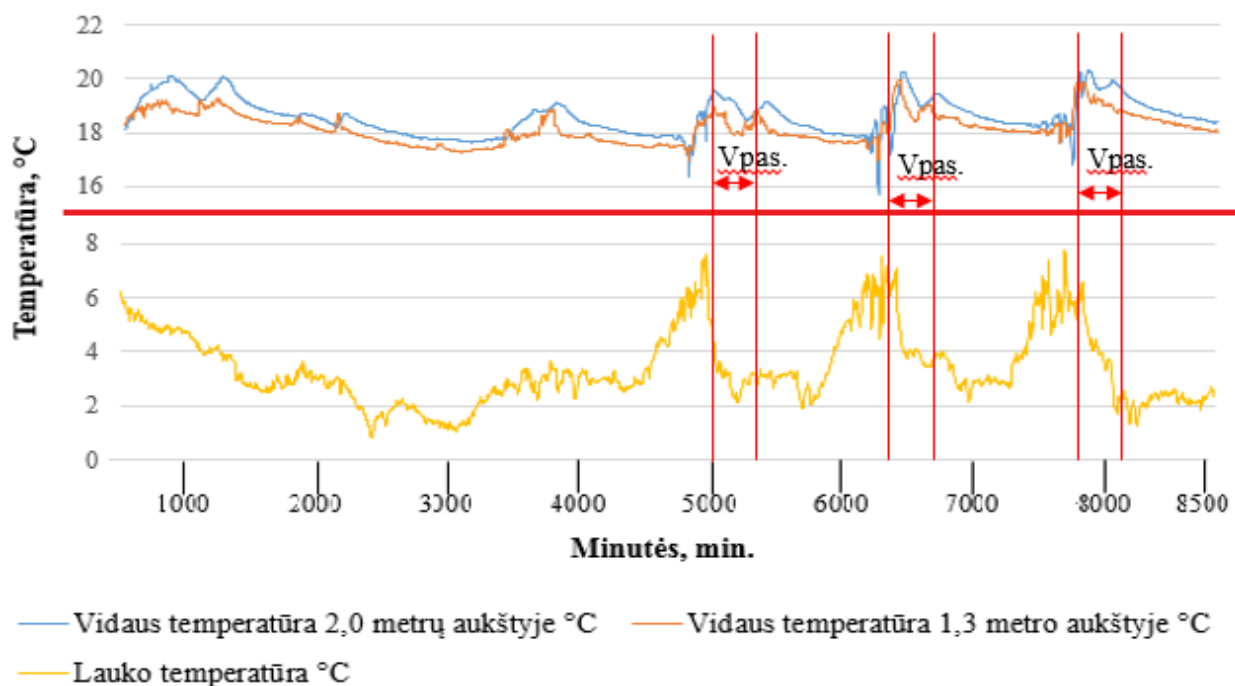
Vidaus patalpų temperatūros kilimas priklauso nuo namo šilumos punkto veikimo bei lauko temperatūros. Krentant arba kylant lauko temperatūrai, analogiškai keičiasi ir vidaus patalpų temperatūra, tačiau vidaus patalpose oro temperatūra kinta nelygiagrečiai lauko temperatūrai. Tarp lauko ir vidaus temperatūrų kitimo yra ryškus laiko tarpas ($V_{\text{lauko-vidaus}}$), kuris parodo laiko tarpą, per kurį pastatas dalį savo šilumos atiduoda į aplinką. Lauke temperatūra gali pradėti kristi arba kilti labai staiga, bet pastato patalpų temperatūra visada kis palaipsniui. Pagal žemiau pateiktas diagramas (30 pav.) matome, kad lauko temperatūrai pradėjus palaipsniui arba staiga mažėti, vidaus patalpos temperatūra pradeda mažėti tik po tam tikro laiko $V_{\text{lauko-vidaus}}$ ir temperatūra abejais atvejais (diagrama A, diagrama B) krenta palaipsniui, nepriklausomai nuo lauko temperatūros kritimo intensyvumo.



30 pav. Namu A vidaus patalpų temperatūros mažėjimo priklausomybė nuo lauko temperatūros

Matome, kad pradėjus kristi lauko temperatūrai, vidaus patalpų temperatūra iš esmės nekinta ir išsilaiko tam tikrą laiką V_{pastovus} (31 pav.). Pagal atliktus bandymus, analizuojant trijų parų temperatūrų kitimą apskaičiavome, kad temperatūra patalpose iš esmės nepakitus išsilaiko apie 1,5 valandas, kol pradeda mažėti. Lauko temperatūra vidutiniškai nukrenta apie $5 - 6 \text{ }^{\circ}\text{C}$ per vidutiniškai 1,5 – 2 valandas, kai tuo tarpu namo vidaus oro temperatūra vėsta ir nusistovi palaipsniui vidutiniškai per 7,5 valandas. Tačiau jeigu lauko temperatūra vėstų kur kas žemesnės temperatūros, tai namo vidaus šildomų patalpų temperatūra nukristų per kur kas trumpesnę laiką. Nes esant kuo didesniai temperatūrų skirtumui, padidėja ir šilumos atidavimas per pastato konstrukcijas. Žinoma ilgą vidaus patalpų temperatūrų kritimą įtakoja ir namo veikiantis šilumos

punktas, nes sumažėjus lauko temperatūrai, šilumos mazgas padidinęs šilumnešio srautą bei temperatūrą, kompensuoja temperatūros sumažėjimą lauke, ko dėka namo viduje temperatūra krinta ilgiau.



31 pav. Name A $V_{pastovus}$ dydžio reikšmė

Analogiškas procesas vyksta ir kai lauko temperatūra pradeda didėti. Analizuojant situaciją, kaip keičiasi oro temperatūra tirtame name matome, kad pradėjus lauko temperatūrai kilti, vidaus patalpų temperatūra taip pat pradeda kilti. Tokiam temperatūros padidėjimui galime išskirti kelias pagrindines priežastis:

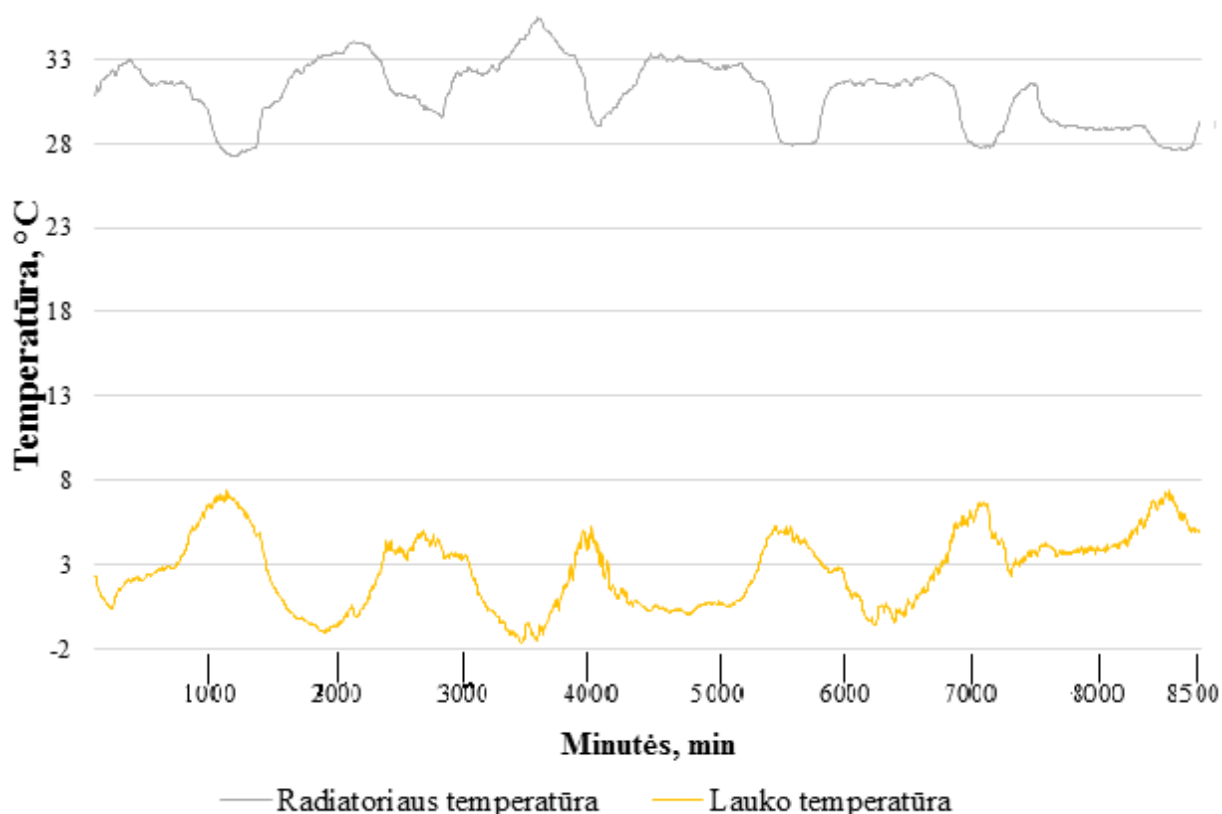
- Kylant lauko temperatūrai, greičiau mažėja šilumos perdavimas per pastato konstrukcijas. Pradedant kilti lauko temperatūrai, namo konstrukcijos būna įšilusios dėl pastato vidaus temperatūros, tai įtakoja greitą šilumos mainų pasikeitimo kryptį ir tada šilumos energija per pastato konstrukcijas yra perduodama jau į namo patalpose esantį orą, taip jį šildydamos.
- Namo patalpas vis dar šildo namo šilumos sistema. Pradedant kilti lauko temperatūrai, namo šilumos punktas vis dar veikia tokiu pat galingumu kaip ir žemesnėje temperatūroje, todėl vidaus oro temperatūra padeda didėti žymiai sparčiau nei vėstant.
- Namo vidaus temperatūra nėra dar nukritus iki galimos mažiausios ribos. Kai lauko temperatūra pradeda kilti, pastato vidaus temperatūra pradeda sparčiau kilti, kadangi oras būna praradęs tik nedidelę šilumos dalį, kuri greitai atsistato į pirminį dydį.

Žemiau pateiktame paveiksliuke pastebime, kad vidaus temperatūros padidėjimas trunka vidutiniškai 1,1 valandos. Matome, kad namo vidaus temperatūros padidėjimas, taip kaip ir

mažėjimas yra visada vėluojantis reiškinys, kuris įtakoja diskomforto atsiradimą patalpose esantiems asmenims. Temperatūros kilimo uždelsimas, kaip ir temperatūrų mažėjimo uždelsimas pagal surinktus duomenis yra labai panašus ir trunka apie 2 val.

4.5. Modernizuoto namo tyrimo analizė

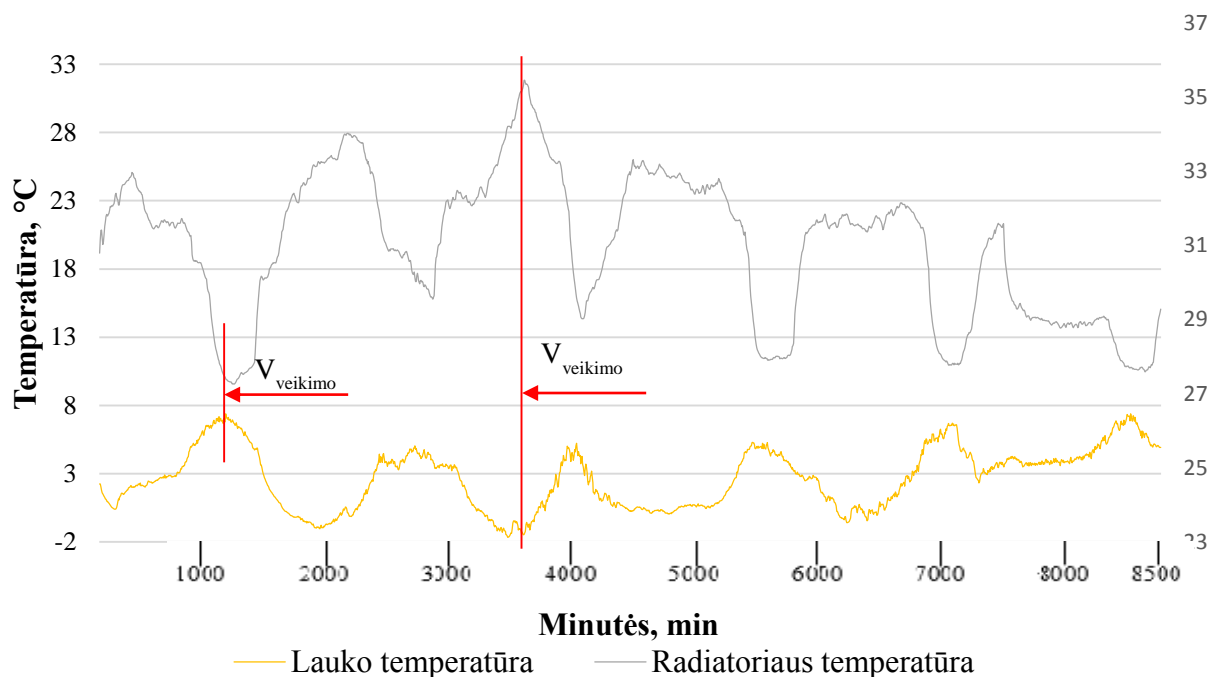
Jei peržiūrėtume surinktus duomenis namo B, kuriam buvo atlikti modernizacijos darbai, pastebime, kad šilumos punktas veikia kur kas tiksliau. Lauko temperatūrai vis krentant ir po to kylant, šilumos punkto lauko temperatūros daviklis reaguoja į visus temperatūrų pakitimus. Atliekant modernizacijos darbus kartu buvo pilnai atnaujintas ir modernizuotas namo šilumos punktas, ko dėka šilumos punktas gali greičiau apšildyti pastato patalpas, kartu sumažindamas šilumos nuostolius. Pagal žemiau pateiktus temperatūrų svyravimus matome, kaip veikia šis šilumos punktas.



32 pav. Modernizuoto pastato (Namas B) lauko ir namo šilumos sistemos temperatūrų diagramos

Kintant lauko temperatūrai, šilumos punktas reaguoja kone iš karto. Šilumos punktas šilumą į name esančius radiatorius tiekia palapsniui keldamas, taip sumažinant energijos kiekį, reikalingą šilumnešio temperatūros pakėlimui. Pagal 33 paveiksliuke pateiktas diagramas matome, kad lauko

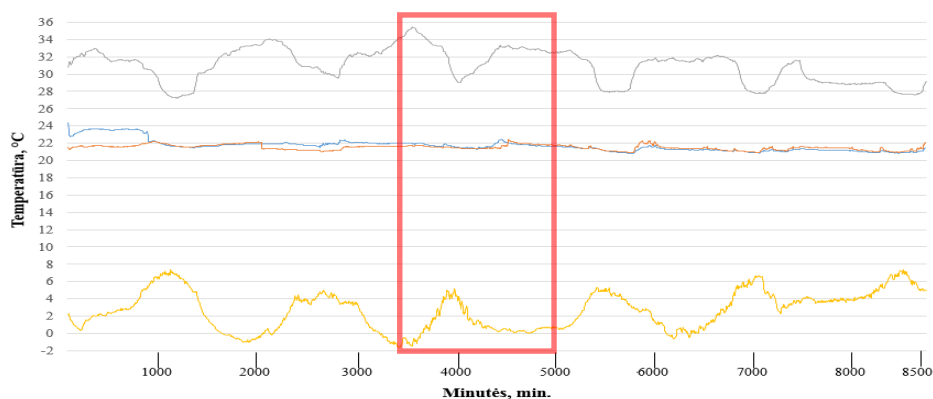
temperatūros sumažėjimo ir šilumos punkto suveikimo laiko skirtumas (V_{veikimo}) modernizuotame name yra artimas 0 minučių.



33 pav. Name B V_{veikimo} dydžio reikšmė

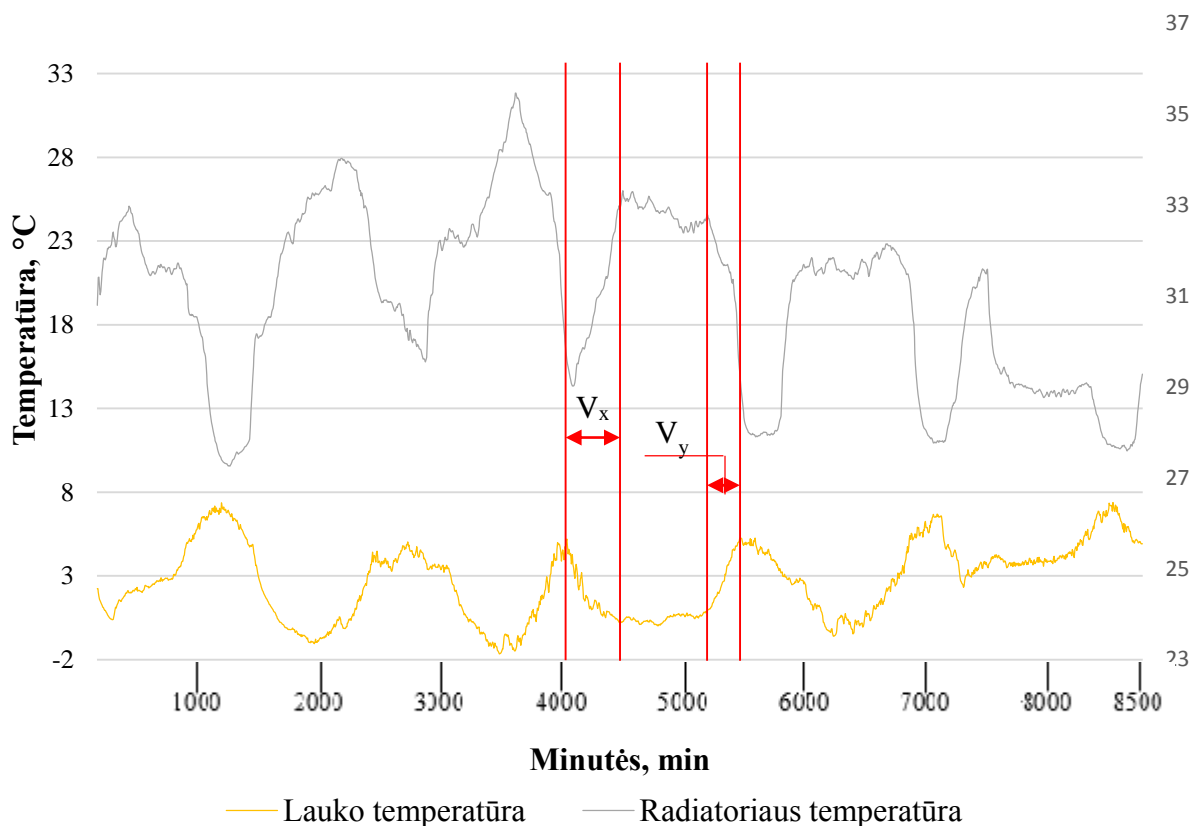
Lauko momentą, kurį užtrunka šilumos punktas pradėdamas vykdyti užduotį, priimame lygų 0. Pagal šias diagramas matome, kad lauko temperatūros kritimo laikas ir šilumos punkto tiekiamos šilumos kėlimas laiko atžvilgiu (V_x) yra lygūs bei trunka priklausomai nuo lauko temperatūros kritimo laiko. Dydis – V_y yra lygus lauko temperatūros kilimo ir šilumos punkto tiekiamos šilumos energijos mažėjimo skirtumui arba parodo, kad lauko temperatūros kilimo laikas yra lygus šilumos punkto tiekiamos šilumos kiekio mažinimo laikui. Abu šie dydžiai pateikti 34 paveiksliuke.

Iš surinktų duomenų išskiriant 3 tyrimų parą, galime apskaičiuoti tos paros V_x ir V_y dydžius, kurie gauti yra tokie: $V_x = 8$ valandos; $V_y = 8$ valandos.



34 pav. Namo B diagramos su pažymėtu laikotarpiu (trečia para) naudojami duomenys vidurkiams apskaičiuoti

Pagal šias diagramas (34 pav.) matome, kad abejais momentais temperatūros lauke ir krito vienodu laiko tarpu, bet nevienodu dydžiu.

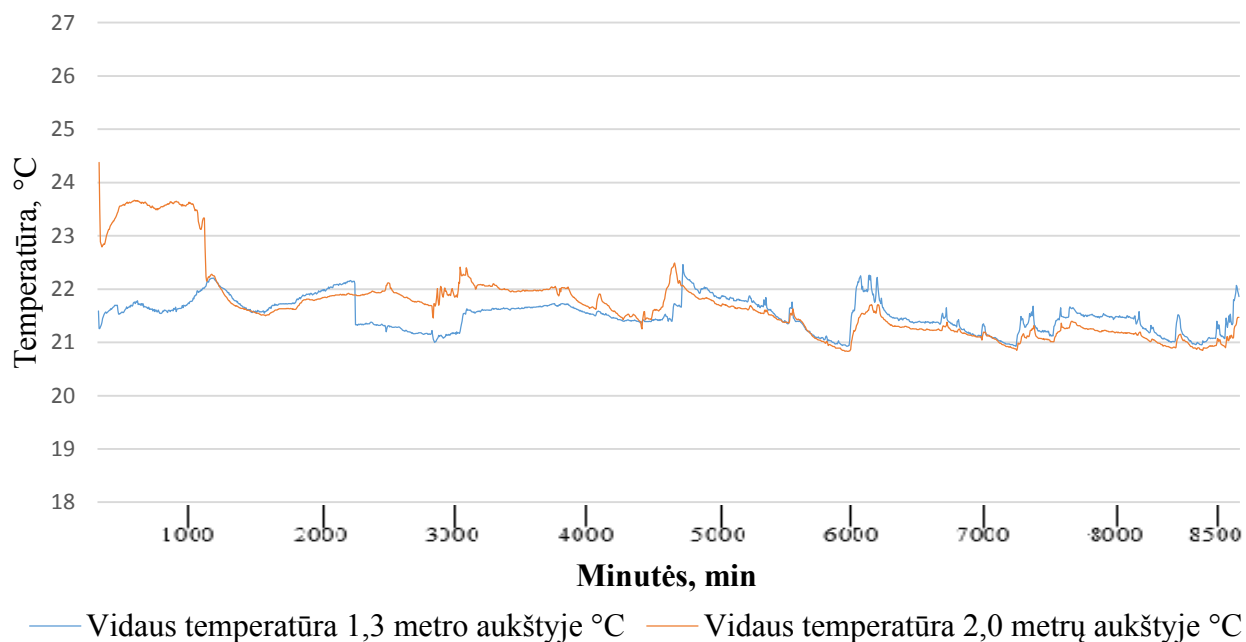


35 pav. Name B V_x ; V_y dydžių reikšmės ir šilumos punkto veikimas pagal lauko temperatūros kitimą

Kai lauko temperatūra pradeda kilti, analogiškai reaguoja ir šilumos punkto sistema. Šilumos punktas cirkuliuojamo šilumnešio temperatūrą nustoja kelti. Tokiu metu šilumos punktas šilumnešio temperatūrą pradeda palaikyti pastovią arba palaipsniui ją mažina, kad būtų taupomas energijos suvartojimas bei pastato oro temperatūra nepradeda didėti. Kadangi temperatūra šilumos tinkluose yra keliami arba mažinama palaipsniui ir iš karto, reaguojant į lauko temperatūros sumažėjimą, pastato vidaus patalpose oro temperatūros pasikeitimas tampa nežymus ir kartais net neįjuntamas. Todėl dėl tinkamo šilumos punkto veikimo yra išvengiama diskomforto atsiradimo tikimybė pastate.

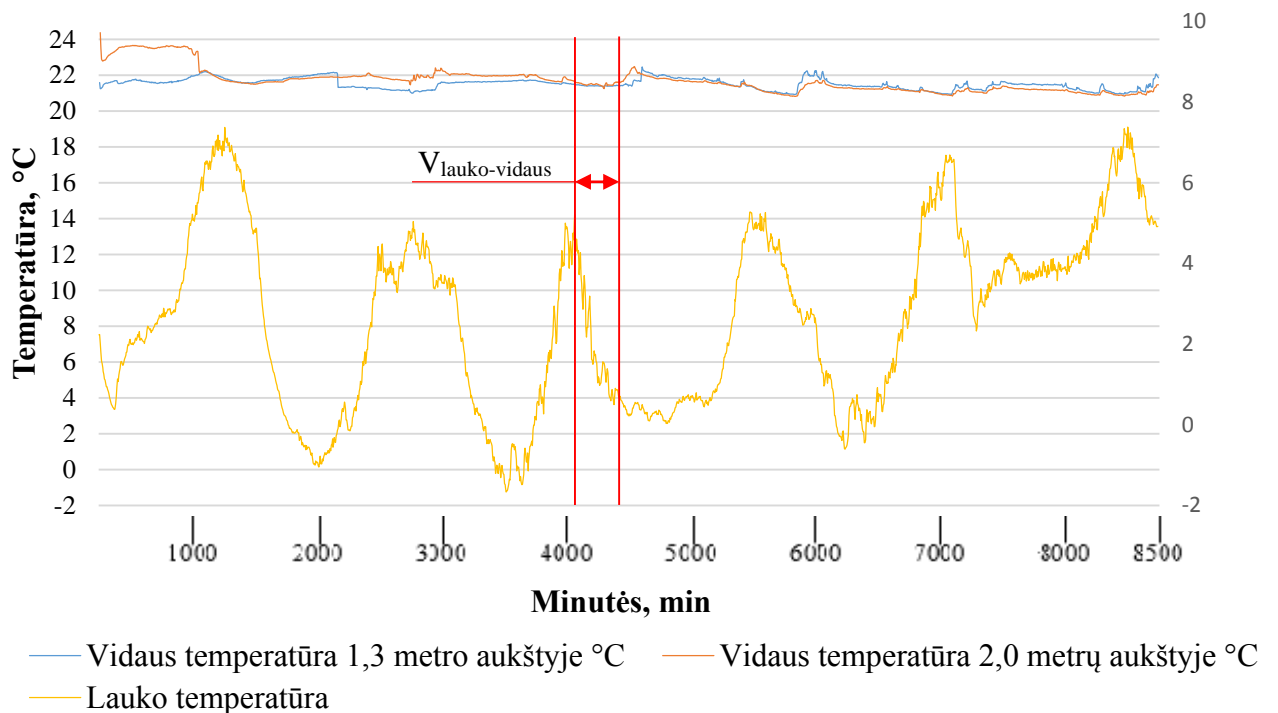
Analizuojant pateiktas kambario temperatūrų diagramas (36 pav.), tiek analizuojant ankstesnėse diagramose, kuriose pateikta analizuojamo namo A situacija yra matomas aiškus temperatūrų kitimas laiko atžvilgiu. Tačiau modernizuotame pastate (Name B) pastebima, kad visas temperatūrų svyravimas yra nedidelis ir vidutiniškai siekia 1 °C. Taip pat pastebima, kad šiame objekte patalpų temperatūra yra kur kas aukštesnė nei Name A ir siekia 21 – 22 °C. Esant tokiai pastoviai vidutinei temperatūrai patalpose, esantiems asmenims yra sudaroma komforto zona, kuri asmenims nesukelia papildomo nuovargio ar kitų dirgiklių, kurie, laikui bėgant, gali

pakenkti jų sveikatai. Dėl modernizacijos atliktų darbų, pastate susidaro pastovus mikroklimatas. Pagal diagramos pateiktus duomenis matome, kad skirtinguose patalpų aukščiuose temperatūra kiekvieno laiko momentu nežymiai skiriasi.



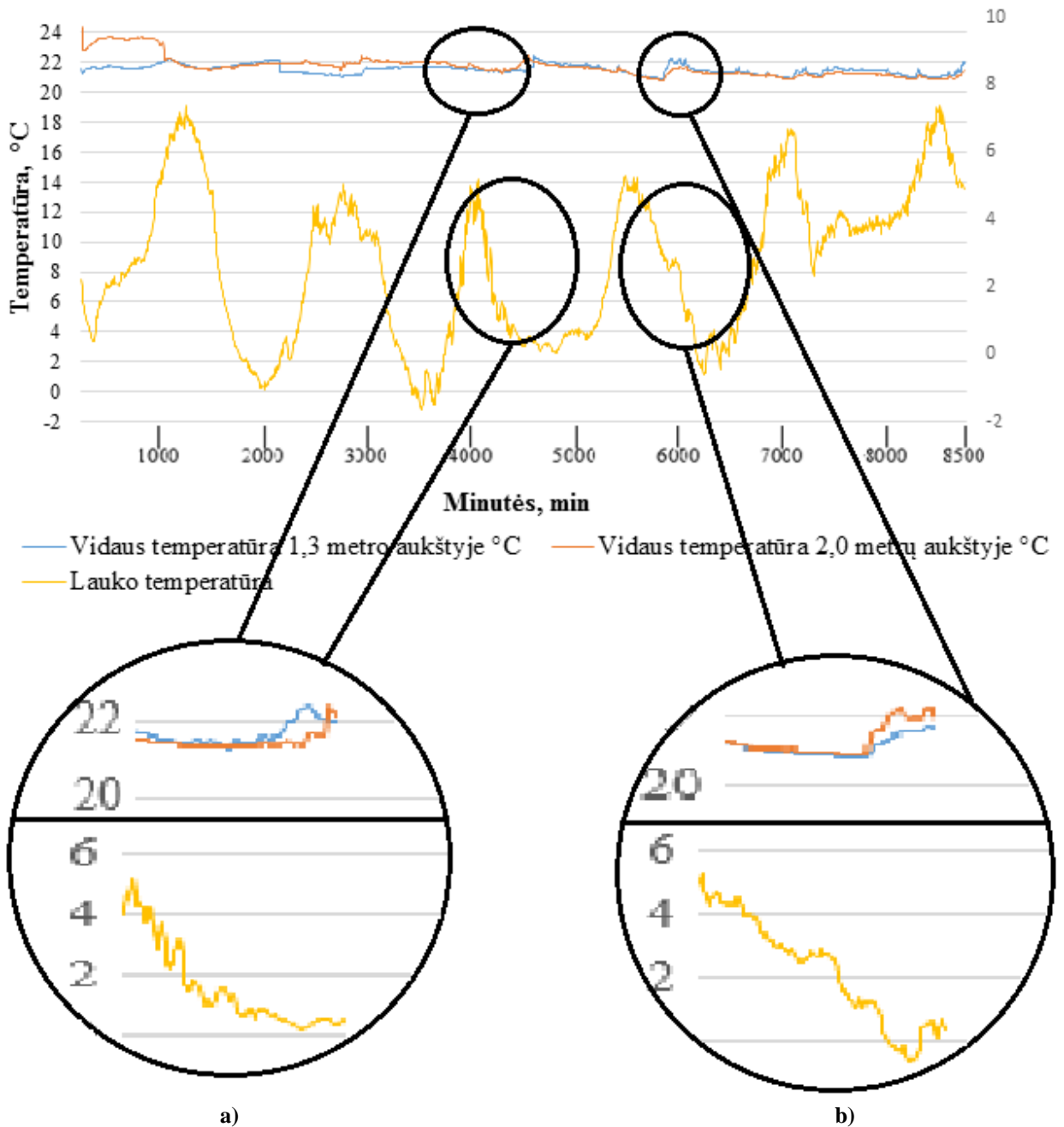
36 pav. Name B vidaus patalpų temperatūrų diagramos

Tiek tirtame name A, tiek ir Name B vidaus patalpų temperatūros kitimas priklauso nuo namo šilumos punkto veikimo bei lauko temperatūros. Todėl keičiantis lauko temperatūrai analogiškai keičiasi ir vidaus patalpų temperatūra, tačiau namo vidaus patalpose oro temperatūra kinta nelygiagrečiai lauko temperatūrai. Bet modernizuotame name matoma, kad lauko ir vidaus temperatūrų kitimas yra neryškus, kartais net nepastebimas (37 pav.). $V_{\text{lauko-vidaus}}$ dydis, kuris parodo laiko tarpą, per kurį pastatas dalį savo šilumos atiduoda į aplinką, matome žemiau pateiktame 37 paveiksliuke.



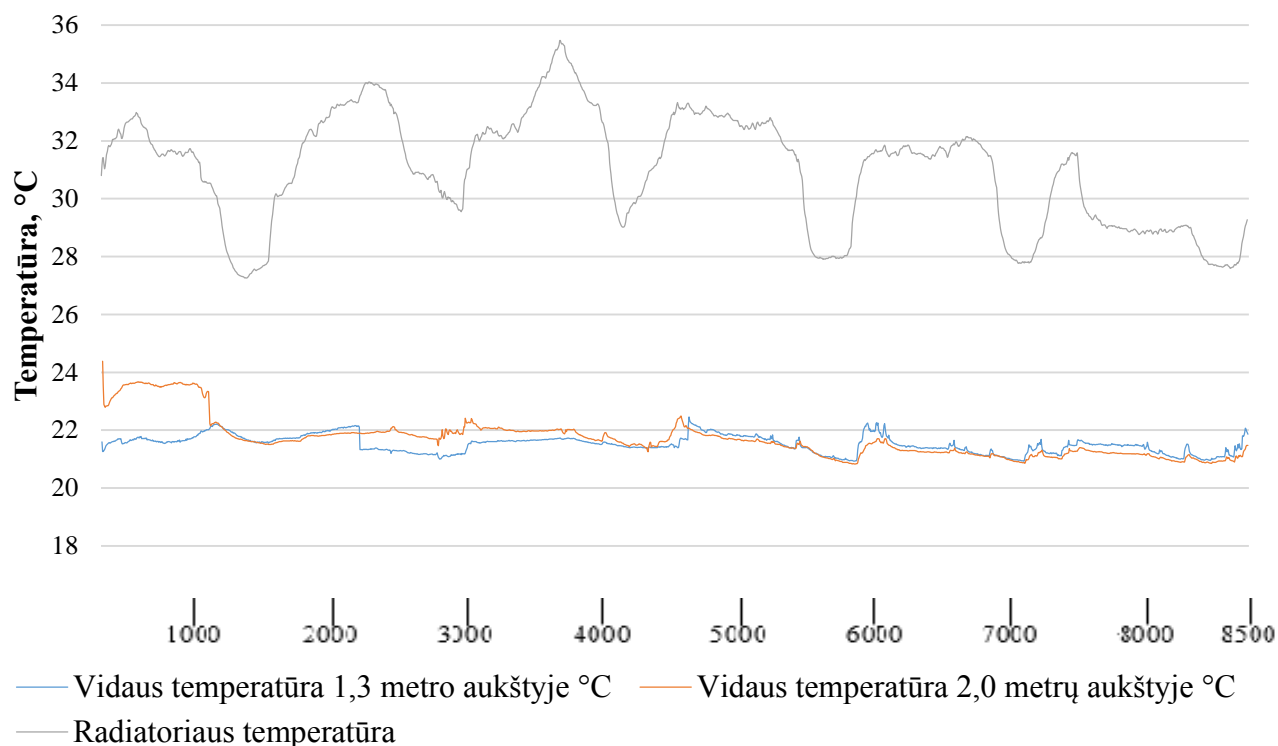
37 pav. Namo B vidaus patalpų temperatūros mažėjimo priklausomybė nuo lauko temperatūros

Kai lauko temperatūra pradeda kristi matoma, kad pastato patalpų temperatūra krenta palaipsniui ir labai nežymiai. Pats temperatūros mažėjimas namo patalpoje tyrimo metu vyko nuo 2 valandų iki 7 valandų priklausomai, kokių intensyvumu ir iki kokios temperatūros mažėjo lauko temperatūra (38 pav. A dalis). Tačiau analizuojant vidaus patalpų temperatūros didėjimą ir didėjimo intensyvumą yra matoma, kad temperatūra patalpose didėja staiga. Visa temperatūra padidėja vidutiniškai per 1,5 valandos. Pagal 38 paveiksluko B dalį matome, kad vidaus patalpų temperatūros padidėjimui lauko temperatūros pasikeitimas įtakos nesudaro.



38 pav. Namu B vidaus patalpų temperatūros kitimo priklausomybė nuo lauko temperatūros

Pagal žemiau pateiktą diagramą (39 pav.) matome, kad neryškų, bet staigų temperatūros padidėjimą bei gan pastovią vidaus temperatūrą įtakoja namo šilumos punkto veikimas. Nes staigūs temperatūrų padidėjimai atsiranda tuo momentu, kai šilumos punktas pradeda tiekti į pastatą esančius šilumos prietaisus daugiau kaip 30 °C temperatūros šilumnešį.



39 pav. Namu B vidaus patalpų temperatūros ir šilumos prietaisų temperatūrų kitimas

Pagal atlikto bandymo duomenis ir išanalizuotas abejuose pastatuose esamas situacijas bei jas tarpusavyje palyginus matome, kad nemodernizuotame name dėl šilumos punkto nusidėvėjimo bei pasenusios šilumos sistemos izoliacinės medžiagos, šilumos punkte yra gaunami dideli šilumos nuostoliai, šilumos punktas veikia netinkamai. Dėl jaučiamo temperatūrų svyravimo namo gyventojai dažnai jaučia diskomfortą. Dėl žemesnės nei 20 °C temperatūros yra jaučiamas padidėjęs oro drėgnumas, patalpose atsiranda pelėsis. Šildymo sezonu nuolat kintant lauko temperatūrai, šilumos punktas veikia nekokybiškai, temperatūra namo šilumos sistemoje yra keliama pavėluotai, dėl to išauga šilumos energijos suvartojimas name ir namo gyventojai gauna didesnes šildymo išlaidas. Taip pat žemesnei vidaus patalpų temperatūrai didelę įtaką turi ir pačio namo konstrukcijų nusidėvėjimas, sutrūkinėjusios fasadinių blokų siūlės, pasenusi ir nusidėvėjusi stogo šiltinimo medžiaga, maža pastato išorės sienų šiluminė varža, dėl to pastate atsiranda dideli šilumos nuostoliai. Tai parodo, kad namas yra fiziškai ir kapitaliai nusidėvėjęs ir pasenęs, namo gyventojų patiriami dideli šilumos nuostoliai įrodo šio namo modernizacijos darbų būtinumą.

4.6. Tyrimo analizės rezultatai

Peržvelgus visus analizuotus bandymus matome, kad name B vidaus temperatūra yra gan pastovi ir būdama vidutiniškai 23 °C temperatūros užtikrina pastovią komforto zoną namo gyventojams. Atnaujintas bei kartu modernizuotas namo šilumos punktas užtikrina patiriamus mažus šilumos nuostolius pačiame šilumos punkte. Greitas ir itin tikslus šilumos punkto ir visos namo šilumos sistemos veikimas užtikrina, kad namo gyventojai beveik nejaučia vidaus temperatūrų svyravimo ir užtikrina pastovią komfortišką patalpų temperatūrą. Atlikti pastato pamatų, namo sienų, stogo atnaujinimo apšildymo darbai, balkonų įstiklinimai užtikrino pastato didesnę šiluminę varžą, kas sumažina šilumos nuostolius per pastato konstrukcijas ir namo elementus. Tinkamas modernizacijos darbų planavimas bei jų atlikimas, kokybiškų medžiagų naudojimas, tinkamos modernizacijos alternatyvos parinkimas užtikrino, kad namas pasiekė B energetinio naudingumo klasę bei namo gyventojai už šildymo paslaugas dabar moka 50 – 60 procentų mažiau.

Išvados

1. Šio magistrinio darbo metu buvo išanalizuotos pagrindinės Lietuvos ir ES teisinės bazės, teisiniai parengti ar dar rengiami dokumentai bei jų papildiniai. Analizuojant Lietuvos teritorijoje dar sovietmečiu pastatytų namų būkles, suvartojamos šilumos kiekius bei mažą pastatų šiluminę varžą, pastebime, kad dar 1960 – 1995 metų laikotarpiu statytiems namams yra būtina atlikti modernizavimo darbus, norint kardinaliai sumažinti šilumos sunaudojimo kiekius.
2. Atsižvelgiant į šiuo metu Lietuvoje bei kitose Europos šalyse galiojančius bei planuojamus įteisinti reikalavimus, buvo parinkta 5 modernizavimo darbų alternatyvos. Išanalizavus kiekvieną alternatyvą bei ją palyginus su kitomis alternatyvomis, pagal gautus visų alternatyvų duomenis pastebime, kad tik taikant 5 modernizavimo alternatyvą galima pasiekti A++ energetinio naudingumo klasę.
3. Išanalizuota problematika, kodėl nėra statomi nauji A++ energetinio naudingumo klasės gyvenamieji daugiabučiai pastatai, vietoje jau pasenusių ir nusidėvėjusių daugiabučių: yra reikalinga didelė darbų investicija, dideli finansiniai kaštai, o atliktų darbų atsiperkamumas siekia daugiau nei 40 metų laikotarpį. Taip pat vidutinis gyventojų – savininkų amžius yra gana didelis, jiems tokios darbų alternatyvos kaštai tampa per daug dideli, todėl tai įtakoja tokios alternatyvos atmetimą.
4. Pagal parinktų vertinimo kriterijų svarbą, nustatytą porinio palyginimo, rangavimo ir artumo idealiam taškui metodus, gauname, kad didžiausia nauda būtų pasiekta, parinktam objektui taikant 3 modernizavimo darbų alternatyvą. Nors šia alternatyva užsibrėžtas tikslas, kad namas turi būti A++ energetinio naudingumo klasės, nėra pasiekiamas, tačiau atliekant šios alternatyvos numatytus darbus galima pasiekti net 65 procentus sunaudojamos energijos sutaupymo, kas gyventojams galėtų vidutiniškai sutaupyti net apie 4200 eurų sumą.
5. Pagal analizuotus užsienio autorių straipsnius, Miuncheno Ludwig Maximilian universiteto atliktus tyrimus buvo nustatyta, kad fiziškai ir energetiškai nusidėvėjusius pastatus modernizuoti iki aukštesnės nei B energetinio naudingumo klasės yra neekonomiška bei neefektyvu. Kadangi tokio tipo namų energetinio efektyvumo padidinimas yra tik laikinas bei pastatų pakartotinis nusidėvėjimas yra kur kas greitesnis nei naujai pastatyto.
6. Šio magistrinio darbo metu buvo atliktas temperatūrų matavimo bandymas, naudojant termoporas. Šio bandymo metu buvo analizuoti du pastatai: nemodernizuotas namas ir modernizuotas, kuriame buvo atlikti 3 alternatyvos numatyti darbai. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad analizuojamam nemodernizuotam namui pagal konstrukcijų nusidėvėjimą, faktinius sunaudojamos šilumos kiekius, namo patalpų esamą temperatūrą bei pastovius temperatūros svyravimus yra būtina atlikti modernizacijos darbus.

LITERATŪRA

Lietuvos Respublikos teisiniai aktai:

1. „Lietuvos statybos įstatymas“ Internetinė prieiga:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=297903; Žiūrėta [2016.01.29];
2. STR 2.05.01:2013 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas“ Internetinė prieiga:
<http://vtpsi.lt/node/1153>; Žiūrėta [2016.01.29];
3. STR 2.01.09:2012 „Pastatų energetinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“ Internetinė prieiga: <http://www.vtpsi.lt/node/1452>; Žiūrėta [2016.01.29];
4. STR 2.01.05:2005 „Pastatų šiluminė technika“ Internetinė prieiga:
http://www3.lrs.lt/pls/inter3/dokpaieska.showdoc_l?p_id=260821; Žiūrėta [2016.01.29];

Europos sąjungos ir kitų šalių teisiniai aktai:

5. Europos parlamento ir tarybos 2010/31/EB „Pastatų energinio efektyvumo direktyva“
Internetinė prieiga: <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2010:153:0013:0035:EN:PDF>; Žiūrėta [2016.01.29];

Moksliniai straipsniai, knygos:

6. L. Ustinovičius, G. Ambrasas, J. Alchimovienė, Č. Ignatavičius, T. Vilutienė “Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas“ Vilnius, Technika, 2012
7. „The origins and spread of core housing“ Mark Napier (2010);
8. „Government measures needed to promote building energy efficiency (BEE) in China“
Queena K. Qian, Edwin H.W. Chan 2010;
9. “Green” buildings and Real Estate Investment Trust’s (REIT) performance“ Satyanarain Rengarajan, Ying Han Lum 2013;
10. “Green” developments Environmentally responsible buildings in the UK commercial property sector David E. Shiers 2000;
11. „Energy efficiency in commercial buildings: capturing added-value of retrofit“ John Morrissey, Niall Dunphy, Rosemarie MacSweeney 2014;
12. „Developing and applying green building technology in an indigenous community“ David R. Riley, Corinne E. Thatcher, Elizabeth A. Workman 2006;
13. „Thinking Green“ Idris Pearce 2007.

14. „Impact of urbanization on building energy consumption and the role of BEE design codes in China“ Baizhan Li and Meng Liu, 2005.
15. „Assessing energy rating premiums in the performance of green office buildings in Australia“ Graeme Newell, John MacFarlane, Roger Walker, 2014.
16. „Energy retrofit of commercial buildings: case study and applied methodology“ Aste, N., Pero, C 2012.
17. „Green noise or green value? Measuring the effects of environmental certification on office values“ Fuerst, F., McAllister, P., (2011).
18. „Incentive contract study on the design optimization and innovation of green buildings: a perspective of value chain“ Shen, L., Wang, Z.H. (2013).
19. „House Science Committee Discusses Department of Energy Science and Technology Priorities“ Aline D. McNaul (2013);
20. „Literature review of green retrofit design for commercial buildings with BIM implication“ Shanshan Bu, Geoffrey Shen, Chimay J. Anumba, Andy K.D. Wong, Xin Liang, (2015);
21. „Reconstruction projects by using core housing method in Iran: Case study: Gilan Province experience“ Mahmood Fayazi (2011);
22. „A contingent valuation model for assessing electricity demand Austin C. Otegbulu (2011);
23. „Three-dimension decision model of introduced management innovation“ Jingqin Su (2011);
24. „Building information modelling (BIM) for sustainable building design“ Kam-din Wong and Qing Fan(2013)
25. „Decision support model for energy-efficient improvement of entire building stocks“ Antje Junghans (2013);
26. „Exploring the relationship between the sustainability of construction and market value“ David P. Lorenz, Stefan Tru"ck, Thomas Lu"tzkendorf (2006);
27. „Improving service quality in technical education: use of interpretive structural modeling“ Roma Mitra Debnath, Ravi Shankar (2012);
28. „Entrepreneurship and urban growth: dimensions and empirical models“ Mizan Rahman, Nafeez Fatima (2011);
29. „Robust estimation of distance effects and sub-optimality in mixed use buildings“ Gunnar Dahlberg, Christian Janssen, Julie Zhou (2011);
30. „Energy service companies as a component of a comprehensive university sustainability strategy“ Joshua M. Pearce, Laura L. Miller (2006);
31. „Best practice benchmarking in order to analyze operating costs in the health care sector“ Thomas Madritsch (2009);

32. „New renewable energy sources, green energy development and climate change“ Manoranjan Mohanty (2011);
33. „Energy reform: redesigning the Mexican model“ Angel De La Vega Navarr (2007);
34. „Green building projects: schedule performance, influential factors and solutions“ Bon-Gang Hwang, Xianbo Zhao, Lene Lay Ghim Tan (2015);
35. „Materiality and external assurance in corporate sustainability reporting“ Peter Jones, Daphne Comfort, David Hillier (2015);
36. „Development of a decision support tool for sustainable renovation – a case study“ Linus Malmgren, Stefan Elfborg and Kristina Mjörnell (2015);
37. „Birštono meno mokyklos modernizavimo galimybių tyrimas“ Lina Vitkauskaitė (2011);

Internetinės priegigos:

38. <http://www.triasenergetica.com/nederlands.html>; Žiūrėta [2016.01.31];
39. <http://www.statybininkai.lt/>; Žiūrėta [2016.01.31];
40. <http://www.am.lt/VI/index.php>; Žiūrėta [2016.03.26];
41. http://www.am.lt/VI/article.php3?article_id=14056; Žiūrėta [2016.03.26];
42. <http://www.passivhausprojekte.de/index.php>; Žiūrėta [2016.04.14];
43. <http://www.renovacija.lt/> Žiūrėta [2016.04.17];
44. <http://www.kaunoenergija.lt/Fiziniamsasmenims/Namoinformacija/tabid/113/Default.aspx>; Žiūrėta [2016.04.17];
45. http://www.jonavosst.lt/?page_id=23; Žiūrėta [2016.04.19];
46. „Valstybinio audito ataskaita Daugiabučių namų atnaujinimas(modernizacija)“ internetinė priegiga: <file:///C:/Users/mitkatadasv/Downloads/VA-P-20-1-14.pdf>; Žiūrėta [2016.05.01];
47. <http://www.statybunaujienos.lt/naujiena/Informacija-apie-suteiktus-energinio-naudingumo-sertifikatus-viesame-zemelapyje/1786> Žiūrėta [2016.05.16];