

**OBJEKTO  
PAVADINIMAS:**

ATNAUJINTŲ (MODERNIZUOTŲ) DAUGIABUČIŲ  
NAMŲ ENERGINIO AUDITO IR ĮGYVENDINTŲ  
PRIEMONIŲ EKSPERTIZĖS PASLAUGOS

**BENDROJI ATASKAITA**

**UŽSAKOVAS:**

**VŠĮ BŪSTO ENERGIJOS TAUPYMO AGENTŪRA**

Švitrigailos g. 11B, LT-03228, Vilnius

Įmonės kodas: 303004035

Telefonas: (8 5) 270 5455

El. paštas: [info@betalt.lt](mailto:info@betalt.lt)

**VYKDYTOJAS:**



**UAB PROJEKTŲ RENGIMO CENTRAS**

Įmonės kodas 3006 12420

Žemaitės g. 21, LT-03118 Vilnius

Tel. Nr. (8 5) 231 4672

Faks. Nr. (8 5) 276 0037

el. pašto adresas: [info@prc.lt](mailto:info@prc.lt)

Direktorius

Mindaugas Čepulis

Temos vadovas

Giedrius Šiupšinskas

Parengė: doc. dr. Giedrius Šiupšinskas, dr. Juozas Bielskus.

**VILNIUS, 2019**

## TURINYS

|   |    |
|---|----|
| 1. ĮVADAS .....   | 2  |
| 2. ENERGIJOS TAUPYMAS .....   | 3  |
| 2.1 Energijos balansas ir energijos taupymo skaičiavimo metodika .....  | 3  |
| 2.2 Analizės objektas.....  | 5  |
| 2.2.1 Pastato išorinių atitvarų norminiai reikalavimai .....  | 5  |
| 2.2.2 Reglamentuojamos patalpų mikroklimato vertės .....  | 6  |
| 2.2.3 Apibendrinti modernizavimo rezultatai .....   | 6  |
| 3. MATAVIMO REZULTATAI .....  | 13 |
| 3.1 Išorinių atitvarų faktiniai šilumos perdavimo koeficientai .....  | 13 |
| 3.2 Pastato patalpų mikroklimato rodikliai.....   | 16 |
| 3.2.1 Patalpų vidaus temperatūra .....  | 16 |
| 3.2.2 Patalpų vidaus santykinė drėgmė.....  | 18 |
| 3.2.3 Patalpų vidaus CO2 koncentracijos kitimas.....  | 20 |
| 4. STATINIO ATITVARINIŲ KONSTRUKCIJŲ BŪKLĖS NUSTATYMO EKSPERTIZIŲ<br>APIBENDRINIMAS .....   | 23 |
| 4.1 Objekto (įgyvendintų priemonių) aprašymas .....   | 23 |
| 4.2 Įgyvendintų priemonių esamos būklės charakteristika ir prognozuojamos tolesnės pasekmės 5 metai ir 10 metų<br>po atnaujinimo. ....  | 23 |
| 4.3 Įgyvendintų priemonių techninių charakteristikų atitikties projektiniams sprendiniams įvertinimas ir<br>rekomendacijos projektų kokybei gerinti;.....   | 24 |
| 4.4 Įgyvendintų priemonių statybos defektų įvertinimas, atliktų statybos darbų konstrukcinių sprendimų atitikimo<br>techninių normatyvinių dokumentų reikalavimams nustatymas, aprašymas ir rekomendacijų darbų kokybei gerinti<br>pateikimas ..... | 25 |
| 4.5 Rekomendacijos dėl pastato naudojimo (eksploatacijos) siejant su įgyvendintomis priemonėmis;.....   | 25 |
| 5. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS .....  | 26 |
| 6. LITERATŪRA .....   | 33 |

## 1. ĮVADAS

Pasaulyje 2015 metų duomenimis pastatai suvartoja beveik trečdalį visos galutinės energijos (International energy agency, 2018). Energijos vartojimo ir šiltnamio dujų emisijos mažinimas yra nacionalinis Europos Sąjungos narių prioritetas. Gyvenamasis sektorius yra pagrindinė ES šalių nacionalinių energijos efektyvumo didinimo programų tikslinė grupė. Daugiau kaip 50 % Europos populiacijos gyvena daugiabučiuose (Paraschiv & Paraschiv, 2017). Didžioji dalis daugiabučių yra seni, prieš 30 ar daugiau metų statyti pastatai, todėl, norint užtikrinti aukštus šiuo metu galiojančius energinio efektyvumo reikalavimus, būtinas šių pastatų modernizavimas. Mokslinių straipsnių ir galimybių studijų apžvalga parodė, kad dažniausiai didžiausias dėmesys yra nukreiptas į pastato modernizavimo energinius ir finansinius sutaupymus (Hamid et al., 2018). Skirtingos šalys siekia spartinti modernizavimo procesą tobulindamos jau egzistuojančius skatinimo mechanizmus (Kuusk & Kalamees, 2017) bei pasirinkdamos įvairias energijos taupymo priemonių kombinacijas, skirtingus modernizavimo lygius ir finansavimo modelius (Loga et al., 2016), (Basinska et al., 2015). Kompleksinės modernizavimo priemonės yra brangios, o galimas atsipirkimo laikas yra labai ilgas, todėl ypatingai svarbu tinkamai įvertinti, sumodeliuoti galimus modernizavimo sutaupymus.

Moksliniuose darbuose pastebima, kad gana dažnai teoriniu būdu nustatyti galimi sutaupymai skiriasi nuo išmatuotų (Lambie et al., 2017). Autoriai pastebi, kad rezultatų patikimumą labiausiai lemia tinkamos faktinės padėties prieš ir po modernizavimo įvertinimas. Energinio efektyvumo rodiklių įvertinimo patikimumui didžiausią įtaką turi faktinė patalpų vidaus temperatūra, vartotojų elgsena, vėdinimo sistemos veikimas (La Fleur et al., 2017), (Guerra-Santin et al., 2017).

Mokslinėje literatūroje akcentuojama, kad be energinio efektyvumo pastatų modernizavimas turi įtakos pastato fizinės būklės atnaujinimui, patalpų mikroklimatui (Martinaitis et al., 2007), (Hamid et al., 2018). Tačiau šių kriterijų naudos įvertinimas sudėtingas ir reikalauja nuolatinės esamos padėties stebėsenos. Darbe (Hamid et al., 2018) daroma išvada, kad mokslinių straipsnių, apimančių modernizuotų pastatų faktinių rodiklių matavimą, t. y. stebėseną, yra labai mažai.

Šiame darbe detaliau aptariami VŠĮ Būsto energijos taupymo agentūros (BETA) užsakymu atliktų 15 modernizuotų daugiabučių namų energinių auditų, projektų ir įgyvendintų priemonių ekspertizų, faktinio mikroklimato vertinimo ir šilumos perdavimo koeficientų rezultatų apibendrinta apžvalga. Pradinėje dalyje trumpai aptariama analizės metodika ir pagrindinės prielaidos. Šioje ataskaitoje detaliau apžvelgiami po modernizavimo analizuojamuose daugiabučiuose pasiekti energijos taupymo rezultatai, palyginami faktiniai išmatuoti mikroklimato ir konstrukcijų šiluminių charakteristikų rodikliai.

## 2. ENERGIJOS TAUPYMAS

### 2.1 Energijos balansas ir energijos taupymo skaičiavimo metodika

Pastatų energijos vartojimo efektyvumo monitoringas – energijos ir energijos išteklių efektyvaus naudojimo pastate stebėseną. Toks monitoringas nėra reglamentuotas, todėl vieningos ir teisiškai galiojančios metodikos taip pat nėra. Monitoringai paprastai yra atliekami pastatams, kurių energinis efektyvumas buvo didinamas įdiegiant tam tikras energijos taupymo priemones, o tai reiškia, kad tokiems pastatams buvo parengtas ir energijos vartojimo auditas (Martinaitis et al. 2012). Monitoringą galima būtų vadinti pakartotiniu auditu, kurio metu bandoma įvertinti ir pirminio audito prognozes.

Pagal Atnaujintų (modernizuotų) daugiabučių namų energinio audito ir įgyvendintų priemonių ekspertizės paslaugų sutarties techninę specifikaciją (toliau – Techninė specifikacija) parinktų 15 daugiabučių energinių auditų atlikimas turėjo būti vykdomas vadovaujantis Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodika (toliau – Metodika), patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. balandžio 29 d. įsakymu Nr. 4-194 „Dėl Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo“ ir technine sutarties specifikacija. Supaprastintai ši monitoringo metodinį pagrindą sudaro pastato energijos balansas, t. y., esant stacionariam energijos vartojimo režimui, suminiai įeinantys ir išeinantys energijos srautai (kiekiai) turi būti lygūs. Praktikoje energijos balansas nagrinėjamas projektinėmis norminėmis sąlygomis.

Bendroji pastato analizuojamo laikotarpio energijos kiekių balanso lygtis yra tokia:

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = Q_4 + Q_5 - Q_N, \quad (1)$$

Kur  $Q_1$  pastatui reikalingos energijos kiekis per laikotarpį  $z$ , esant vidutiniam patalpų ir lauko oro temperatūrų skirtumui ( $t_{in} - t_{ex}$ ), priklauso nuo jo  $i$  tipų išorinių atitvarų ploto  $A_i$ , jų šilumos perdavimo koeficiento  $U_i$ , taip pat nuo pastato  $j$  patalpų tūrio  $V_j$  ir oro kaitos  $n_j$ :

$$Q_1 = Q_2 + Q_3 = (t_{in} - t_{ex})z (\sum A_i U_i + c\rho \sum V_j n_j). \quad (2)$$

Šiame balanse energijos poreikį kompensuoja pastate panaudota inžinerinių sistemų tiekiamą energiją  $Q_3$  ir panaudotas vidaus ir išorės pritekis  $Q_2$ . Kitaip skaidant energijos srautus, pastato energijos poreikį kompensuoja  $Q_4$  – šilumogrąžos ir pastato atsinaujinanti energija ir  $Q_5$  – pateikta pastatui energija per jo ribą, tenkinant energijos poreikius šildymui, vėdinimui, buitiniam karštam vandeniui, apšvietimui. Šiuo atveju tenka įvertinti ir inžinerinių sistemų energijos nuostolius  $Q_N$ . Atliekant monitoringą,  $Q_5$  yra pagrindinis faktinis pastate suvartotos, dažniausiai skaitikliais išmatuotas, neatsinaujinančios energijos kiekis. Pastato naudotojai už šį energijos kiekį moka jos tiekėjams. Monitoringo pagrindinis tikslas – įvertinti šį kiekį ir palyginti jį su buvusiu prieš pastato

modernizavimą. Vis dėlto bendras sutaupytos energijos kiekis nėra galutinis monitoringo tikslas, nes dažniausiai siekiama įvertinti atskirų energijos taupymo priemonių efektyvumą, todėl (1) ir (2) lygčių pagrindu yra balansuojamas (sulyginamas) išmatuotos energijos kiekis ( $Q_5$ ) su visais patiriamais energijos nuostoliais ir pritekiais prie norminių sąlygų. Sunkiausias uždavinys šiuo atveju yra nustatyti rodiklius, kuriuos sudėtinga arba neįmanoma išmatuoti: oro kaita pastate, atsinaujinančios energijos sąnaudos bei panaudoti išorės ir vidaus pritekiai. Būtent pritekių panaudojimas atskleidžia inžinerinių sistemų valdymo efektyvumą, kuris taip pat gali būti vertinamas kaip atskira taupymo priemonė (Martinaitis *et al.* 2015). Siekiant ne tik tikslaus, bet ir greito rezultato, atliekant monitoringus tenka daryti prielaidas energijos balanso pagrindu – sunkiausiai nuspėjamas rodiklis išskaičiuojamas iš energijos balanso lygties.

Techninėje specifikacijoje reikalaujama pateikti ir palyginti analizuojamų pastatų pasiekiamus rodiklius su STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ naudojamu dydžiu Energijos sąnaudos pastato šildymui. Šis noras yra suprantamas, nes daugiabučių namų modernizavimo nauda atliekant investicijų planą yra skaičiuojama pagal minėtą norminį dokumentą. Kiekvieno modernizuojamo pastato investicijų plane nurodomas Energijos sąnaudos pastato šildymui dydis, tačiau jis skaičiuojamas teoriškai ir detalesnis faktinių šilumos sąnaudų vertinimas prie norminių sąlygų rodo kardinaliai skirtingus kaičius. Ši metodika remiasi teoriniu pastato skaičiavimo modeliu, kai kurie dydžiai (pvz. oro kaita), turintys didelę įtaką galutiniam rezultatui, yra nurodomos pagal nutylėjimą. Auditorius dažniausiai jo jau negali pakeisti ir individualizuoti konkrečiam analizuojamam pastatui. Todėl praktiškai neįmanoma palyginti pagal dvi minimas Techninėje specifikacijoje metodikas suskaičiuotų šilumos sąnaudų.

Šiame darbe vadovautasi aptarta metodika, patvirtinta Lietuvos Respublikos ūkio ministro 2008 m. balandžio 29 d. įsakymu Nr. 4-194 „Dėl Išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodikos patvirtinimo“. Ji labiau atspindi realius šilumos poreikius prieš ir po modernizavimo, nes naudojamos faktinės šilumos sąnaudos prieš ir po modernizavimo, taip pat atsižvelgiama į jau išmatuotas mikroklimato ir šilumines pastato konstrukcijų charakteristikas. Papildomas pastato sertifikavimas su jau faktinėmis išmatuotomis pastato charakteristikomis yra perteklinis ir techniškai labai sudėtingai įvykdomas, nes pradiniai pastato sertifikavimo failai nėra pateikiami.

Įvertinus didelius šilumos sąnaudų metodikų traktavimo principus, rekomenduojama Užsakovui ateityje rengiant Techninę specifikaciją atsisakyti/pakeisti reikalavimo atlikti palyginamąjį vertinimą pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“ punktą.

## 2.2 Analizės objektas

Šiame darbe analizuojami 15 daugiabučių, kurie yra: J. Basanavičiaus g. 94, Kėdainiuose; K. Donelaičio g. 30, Jurbarkė; Jaunimo g. 56, Alytuje; Jaunimo g. 72, Alytuje; Kauno g. 93, Jonavoje; S. Konarskio g. 10, Vilniuje; S. Konarskio g. 16, Vilniuje; Tulpių g. 28, Panevėžyje; Raudondvario pl. 188, Kaune; Savanorių pr. 403, Kaune; Sukilėlių pr. 87, Kaune; Vilniaus g. 31, Jonavoje; A. Mickevičiaus g. 9, Vilniuje; Vytauto g. 96, Ukmergėje ir Vyturio g. 25, Klaipėdoje (toliau bus naudojama tik gatvių pavadinimai ir namo numeris). Pagrindiniai analizuotų daugiabučių techniniai, šiluminiai ir finansiniai duomenys pateikiami 3 ir 4 lentelėse.

Šios ataskaitos pirmoje dalyje analizuojami pasiekti energijos taupymo rezultatai po modernizavimo. Kitoje dalyje aptariami matuotų rodiklių (patalpų mikroklimatas, atitvarų šilumos perdavimo koeficientas) rezultatai. Trumpai apibendrinami ribiniai (norminiai) dydžiai. Paskutinėje dalyje pateikiami įgyvendintų priemonių ekspertizių rezultatai.

Matavimo metu kiekviename pastate buvo analizuojamos išorinės sienos, lango stiklo paketo, stogo ar stogo konstrukcijos šiluminės charakteristikos. Keliuose butuose fiksuotos patalpų temperatūros, santykinės drėgmės ir CO<sub>2</sub> koncentracijos kitimas per ne trumpesnę kaip vienos savaitės laikotarpį. Matavimai buvo atliekami su matavimų įranga, kuri yra aptarta auditų ataskaitose. Siekiant išvengti tiesioginės saulės spinduliuotės įtakos šilumos perdavimo koeficiento matavimui, skaičiavimuose naudojami tik nakties rezultatai nuo 00:00 iki 05:00 valandos.

### 2.2.1 Pastato išorinių atitvarų norminiai reikalavimai

Šiame skyriuje pateikiamos šiuo metu galiojančių norminių reikalavimų vertės. Išmatuotos faktinės atitvarų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės palyginamos su dabar galiojančiais reikalavimais. Šiuo metu galiojančios norminės gyvenamosios paskirties pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficiento vertės (STR 2.01.02:2016):

**1 lentelė.** Gyvenamųjų pastatų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų vertės skirtingo energinio naudingumo klasės pastatams

| Atitvaros rūšis            | D*   | C, B*  | C, B | A    |
|----------------------------|------|--------|------|------|
| Stogas                     | 0,25 | ~ 0,17 | 0,15 | 0,14 |
| Sienos                     | 0,35 | ~ 0,21 | 0,18 | 0,15 |
| Langas (visa konstrukcija) | 1,85 | ~ 1,61 | 1,4  | 1,0  |

#### Pastabos:

- šilumos perdavimo koeficientai D, C ir B energinio naudingumo klasės atvejais su žvaigždute atitinka 2013-12-09 STR redakciją;
- šilumos perdavimo koeficientai C, B ir A energinio naudingumo klasės be žvaigždutės atitinka 2019-02-01 STR redakciją (STR 2.01.02:2016).

## 2.2.2 Reglamentuojamos patalpų mikroklimate vertės

Statybos techninis reglamentas (STR 2.09.02:2005) apibrėžia CO<sub>2</sub> koncentracijos ribinius dydžius tik negyvenamosios paskirties pastatams. Pasirinktos patalpų oro kokybės kategorijos leidžiamo lygio negyvenamosios paskirties patalpose:

- kategorija IDA 1, aukštas oro kokybės lygis – iki 400 ppm CO<sub>2</sub> daugiau negu CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore;
- kategorija IDA 2, vidutinis oro kokybės lygis – iki 600 ppm CO<sub>2</sub> daugiau negu CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore;
- kategorija IDA 3, pakankamas oro kokybės lygis – iki 800 ppm CO<sub>2</sub> daugiau negu CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore;
- kategorija IDA 4, žemas oro kokybės lygis – per 1000 ppm CO<sub>2</sub> daugiau negu CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore.

Šiuo atveju nesant aiškių ribojimų gyvenamosios paskirties pastatams, oro kokybės lygis vertinamas pagal IDA 4 kategorijos reikalavimus, t. y. CO<sub>2</sub> koncentracija patalpose turi neviršyti 1000 ppm (400 ppm lauko CO<sub>2</sub> koncentracijos reikšmė +600 ppm CO<sub>2</sub> didesnė negu CO<sub>2</sub> koncentracija lauko ore.)

Higienos normos (HN 42:2009) pateikia gyvenamųjų bei viešojo naudojimo pastatų reglamentuojamus oro temperatūros ir santykinės drėgmės ribinius dydžius.

**2 lentelė.** Gyvenamųjų patalpų ir lankytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimate parametrų ribinės vertės (HN 42:2009)

| Eil. Nr. | Mikroklimate parametrai | Ribinės vertės            |                           |
|----------|-------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          |                         | Šaltuoju metų laikotarpiu | Šiltuoju metų laikotarpiu |
| 1.       | Oro temperatūra, °C     | 18–22                     | 18–28                     |
| 3.       | Santykinė oro drėgmė, % | 35–60                     | 35–65                     |

Šiame darbe priimta, kad šildymo sezono *ribinės sąlygos* patalpoje bus kai:

- CO<sub>2</sub> koncentracija patalpoje neviršija 1000 ppm;
- santykinė drėgmė yra nuo 35 % iki 60 %;
- patalpos oro temperatūra yra nuo 18 °C iki 22 °C.

*Komfortinės sąlygos* šaltuoju laikotarpiu (STR 2.09.02:2005):

- santykinė drėgmė yra nuo 40 % iki 60 %;
- patalpos oro temperatūra yra nuo 20 °C iki 24 °C.

## 2.2.3 Apibendrinti modernizavimo rezultatai

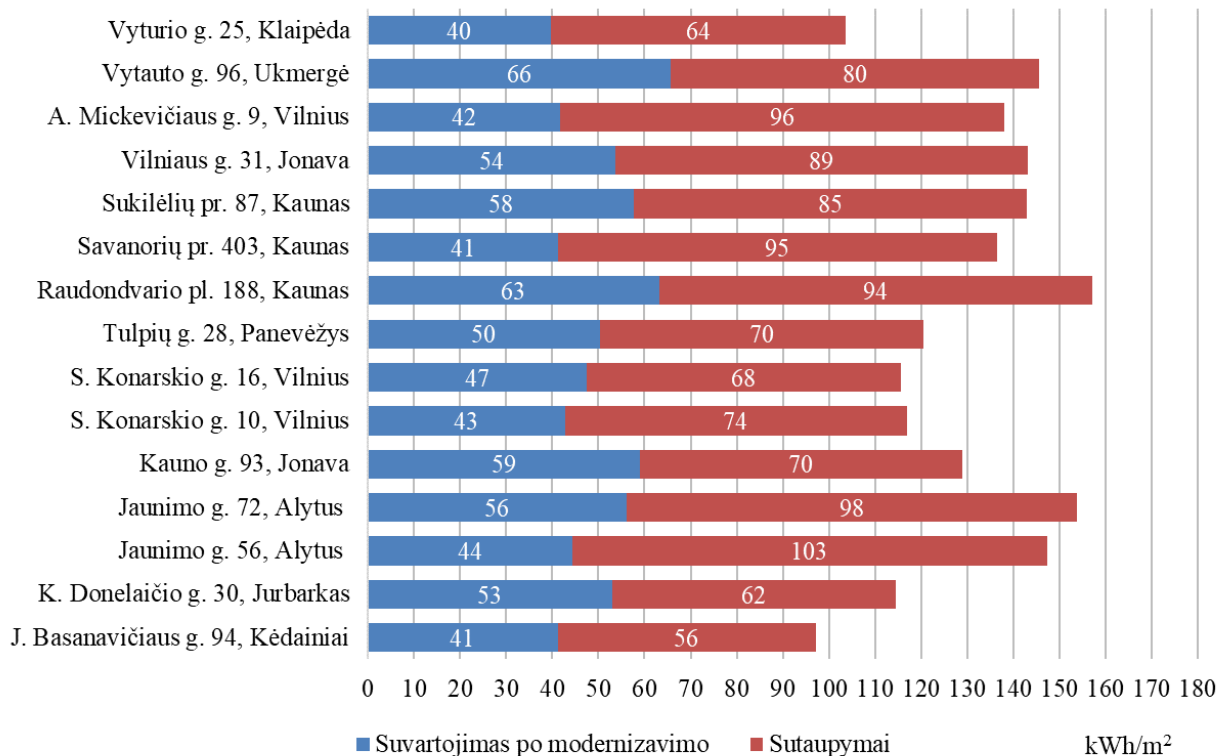
Analizuojamų 15 daugiabučių techniniai ir energiniai duomenys pateikiami 3 lentelėje.

**3 lentelė. Analizuotų 15 daugiabučių pagrindinės techninės charakteristikos**

| Adresai  | J. Basanavičiaus g. 94,<br>Kėdainiai | K. Donelaičio g. 30,<br>Jurbarkas | Jaunimo g. 56, Alytus | Jaunimo g. 72, Alytus | Kauno g. 93, Jonava | S. Konarskio g. 10,<br>Vilnius | S. Konarskio g. 16,<br>Vilnius | Tulpių g. 28, Panevėžys | Raudondvario pl. 188,<br>Kaunas | Savanorių pr. 403,<br>Kaunas | Sukilėlių pr. 87, Kaunas | Vilniaus g. 31, Jonava | A. Mickevičiaus g. 9,<br>Vilnius | Vytauto g. 96, Ukmergė | Vyturio g. 25, Klaipėda |
|--|--------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------------|------------------------------|--------------------------|------------------------|----------------------------------|------------------------|-------------------------|
| <b>Šildomas plotas, m<sup>2</sup></b>              | 2985                                 | 2701                              | 1227                  | 1188                  | 2555                | 3569                           | 2418                           | 1538                    | 1249                            | 3485                         | 3114                     | 2392                   | 1691                             | 1842                   | 3065                    |
| <b>Šildomas tūris, m<sup>3</sup></b>               | 7462                                 | 8733                              | 3068                  | 2969                  | 6388                | 8922                           | 6045                           | 3844                    | 3460                            | 8713                         | 8719                     | 7554                   | 4733                             | 4605                   | 7662                    |
| <b>Pastato energinė klasė prieš modernizavimą</b>  | D                                    | E                                 | E                     | D                     | D                   | D                              | D                              | D                       | E                               | D                            | D                        | E                      | D                                | D                      | D                       |
| <b>Pastato energinė klasė po modernizavimo</b>     | C                                    | C                                 | C                     | C                     | C                   | C                              | C                              | C                       | C                               | C                            | C                        | C                      | A                                | C                      | C                       |
| <b>Šilumos nuostoliai prieš renovaciją, MWh</b>    |                                      |                                   |                       |                       |                     |                                |                                |                         |                                 |                              |                          |                        |                                  |                        |                         |
| <i>Sienos</i>                                      | 236                                  | 213                               | 128                   | 126                   | 253                 | 289                            | 201                            | 134                     | 118                             | 346                          | 342                      | 245                    | 136                              | 164                    | 184                     |
| <i>Butų ir balkonų langai</i>                      | 67                                   | 37                                | 36                    | 36                    | 42                  | 92                             | 65                             | 30                      | 35                              | 96                           | 101                      | 45                     | 42                               | 42                     | 66                      |
| <i>Stogas</i>                                      | 13                                   | 63                                | 33                    | 27                    | 36                  | 67                             | 45                             | 45                      | 32                              | 41                           | 28                       | 49                     | 47                               | 52                     | 54                      |
| <i>Grindys</i>                                     | 23                                   | 27                                | 17                    | 16                    | 19                  | 41                             | 26                             | 22                      | 16                              | 24                           | 16                       | 27                     | 31                               | 30                     | 41                      |
| <i>Laiptinių langai</i>                            | 16                                   | 12                                | 3                     | 3                     | 16                  | 12                             | 8                              | 3                       | 6                               | 13                           | 11                       | 7                      | 6                                |                        | 6                       |
| <i>Durys</i>                                       | 1                                    | 3                                 | 0                     | 0                     | 5                   | 2                              | 2                              | 2                       | 2                               | 1                            | 1                        | 5                      | 3                                | 1                      | 2                       |
| <i>Infiltracija</i>                                | 58                                   | 13                                | 19                    | 22                    | 13                  | 70                             | 38                             | 30                      | 24                              | 53                           | 53                       | 12                     | 30                               | 30                     | 78                      |
| <i>Pastato šilumos nuostoliai:</i>                 | 415                                  | 368                               | 238                   | 230                   | 383                 | 574                            | 385                            | 265                     | 232                             | 572                          | 551                      | 390                    | 295                              | 320                    | 430                     |
| <i>Naudingai panaudotas šilumos pritekis</i>       | -125                                 | -58                               | -57                   | -47                   | -53                 | -157                           | -106                           | -80                     | -36                             | -97                          | -107                     | -48                    | -61                              | -52                    | -112                    |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių, MWh</b>              | <b>290</b>                           | <b>310</b>                        | <b>181</b>            | <b>183</b>            | <b>330</b>          | <b>417</b>                     | <b>279</b>                     | <b>185</b>              | <b>196</b>                      | <b>476</b>                   | <b>445</b>               | <b>342</b>             | <b>233</b>                       | <b>268</b>             | <b>318</b>              |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių kWh/m<sup>2</sup></b> | <b>97</b>                            | <b>115</b>                        | <b>147</b>            | <b>154</b>            | <b>129</b>          | <b>117</b>                     | <b>115</b>                     | <b>121</b>              | <b>157</b>                      | <b>136</b>                   | <b>143</b>               | <b>143</b>             | <b>138</b>                       | <b>146</b>             | <b>104</b>              |
| <b>Šilumos nuostoliai po renovacijos, MWh</b>      |                                      |                                   |                       |                       |                     |                                |                                |                         |                                 |                              |                          |                        |                                  |                        |                         |
| <i>Sienos</i>                                      | 61                                   | 87                                | 47                    | 38                    | 91                  | 116                            | 86                             | 70                      | 26                              | 60                           | 67                       | 61                     | 22                               | 36                     | 44                      |
| <i>Butų ir balkonų langai</i>                      | 65                                   | 32                                | 31                    | 29                    | 40                  | 73                             | 49                             | 28                      | 30                              | 51                           | 87                       | 42                     | 30                               | 40                     | 60                      |
| <i>Stogas</i>                                      | 13                                   | 29                                | 6                     | 6                     | 9                   | 19                             | 10                             | 14                      | 10                              | 21                           | 7                        | 12                     | 6                                | 12                     | 14                      |
| <i>Grindys</i>                                     | 16                                   | 27                                | 12                    | 15                    | 19                  | 29                             | 18                             | 17                      | 16                              | 24                           | 16                       | 27                     | 22                               | 30                     | 15                      |
| <i>Laiptinių langai</i>                            | 12                                   | 11                                | 3                     | 3                     | 14                  | 6                              | 4                              | 3                       | 3                               | 13                           | 11                       | 6                      | 5                                |                        | 3                       |
| <i>Durys</i>                                       | 1                                    | 3                                 | 0                     | 0                     | 5                   | 1                              | 1                              | 1                       | 2                               | 1                            | 1                        | 5                      | 2                                | 1                      | 1                       |
| <i>Infiltracija</i>                                | 76                                   | 13                                | 14                    | 23                    | 25                  | 70                             | 48                             | 30                      | 35                              | 93                           | 106                      | 23                     | 45                               | 46                     | 89                      |
| <i>Pastato šilumos nuostoliai:</i>                 | 244                                  | 201                               | 114                   | 115                   | 204                 | 314                            | 215                            | 162                     | 122                             | 262                          | 295                      | 176                    | 130                              | 165                    | 225                     |
| <i>Naudingai panaudotas šilumos pritekis</i>       | -121                                 | -58                               | -60                   | -48                   | -53                 | -162                           | -100                           | -85                     | -43                             | -118                         | -115                     | -48                    | -59                              | -44                    | -103                    |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių, MWh</b>              | <b>123</b>                           | <b>143</b>                        | <b>54</b>             | <b>67</b>             | <b>151</b>          | <b>152</b>                     | <b>115</b>                     | <b>77</b>               | <b>79</b>                       | <b>144</b>                   | <b>180</b>               | <b>129</b>             | <b>71</b>                        | <b>121</b>             | <b>122</b>              |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių kWh/m<sup>2</sup></b> | <b>41</b>                            | <b>53</b>                         | <b>44</b>             | <b>56</b>             | <b>59</b>           | <b>43</b>                      | <b>47</b>                      | <b>50</b>               | <b>63</b>                       | <b>41</b>                    | <b>58</b>                | <b>54</b>              | <b>42</b>                        | <b>66</b>              | <b>40</b>               |
| <b>Bendri sutaupymai prie norminių sąlygų</b>      |                                      |                                   |                       |                       |                     |                                |                                |                         |                                 |                              |                          |                        |                                  |                        |                         |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių, MWh</b>              | <b>167</b>                           | <b>166</b>                        | <b>126</b>            | <b>116</b>            | <b>179</b>          | <b>265</b>                     | <b>165</b>                     | <b>108</b>              | <b>117</b>                      | <b>332</b>                   | <b>265</b>               | <b>214</b>             | <b>163</b>                       | <b>147</b>             | <b>196</b>              |
| <b>Iš viso šilumos nuostolių kWh/m<sup>2</sup></b> | <b>56</b>                            | <b>62</b>                         | <b>103</b>            | <b>98</b>             | <b>70</b>           | <b>74</b>                      | <b>68</b>                      | <b>70</b>               | <b>94</b>                       | <b>95</b>                    | <b>85</b>                | <b>89</b>              | <b>96</b>                        | <b>80</b>              | <b>64</b>               |
| <b>Bendri sutaupymai, %</b>                        | <b>58%</b>                           | <b>54%</b>                        | <b>70%</b>            | <b>64%</b>            | <b>54%</b>          | <b>63%</b>                     | <b>59%</b>                     | <b>58%</b>              | <b>60%</b>                      | <b>70%</b>                   | <b>60%</b>               | <b>62%</b>             | <b>70%</b>                       | <b>55%</b>             | <b>62%</b>              |

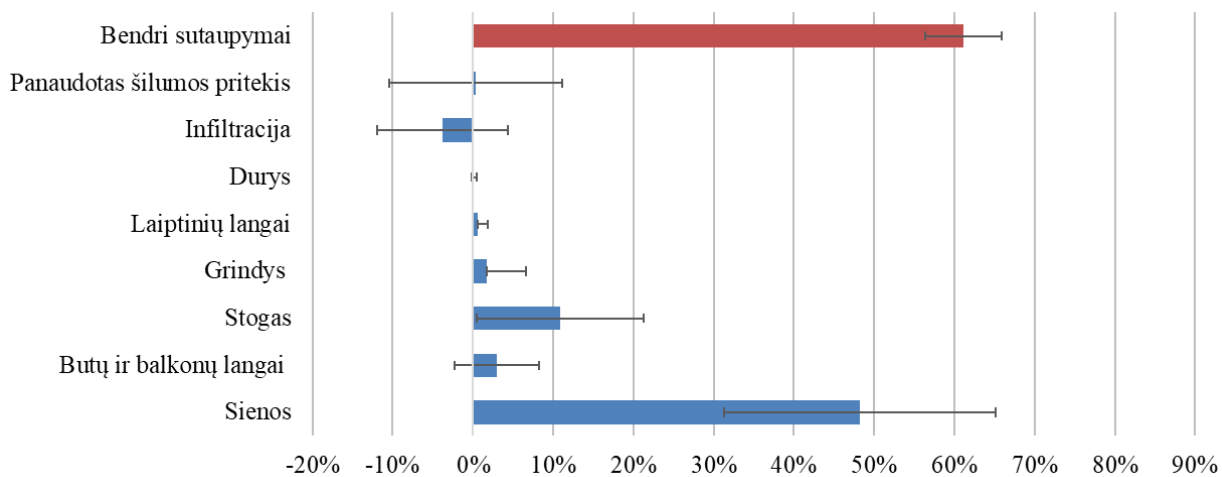
Pastato šilumos poreikius esant norminėms sąlygoms galima nustatyti atlikus kelių metų faktinių sąnaudų analizę arba turint detalią informaciją apie pastato technines charakteristikas. Tiksliausiai šis norminis poreikis nustatomas turint duomenis apie faktines šilumos sąnaudas ir pastato techninius duomenis kartu. Tik tuomet galima tikėtis, kad numatoma prognozė bus tiksli. Norminės šilumos poreikis šildymui buvo perskaičiuotas iš faktinių šilumos sąnaudų šildymui, naudojant norminius parametrus ir įvertinus atliktas modernizacijos priemones.

Apibendrinti analizuotų 15 modernizuotų pastatų santykiniai (šildomo ploto vienetai) norminiai šilumos poreikiai pateikiami 1 paveiksle.



**1 pav.** Atskirai kiekvieno 15 daugiabučių norminiai santykiniai metiniai šilumos poreikiai prieš ir po modernizavimo ir sutaupyta šilumos kiekis.

Detalizuota atskirai kiekvienos energijos taupymo priemonės įtaka energijos taupymui pateikiama 4 lentelėje, o 1 ir 2 paveiksluose nurodomi apibendrinti suminiai rezultatai.



**2 pav.** Apibendrinti vidutiniai santykiniai 15 daugiabučių šilumos sutaupymai.

Visų daugiabučių šilumos poreikio analizė rodo, kad esant norminėms sąlygoms vidutinis bendras visų namų sutaupymas sudaro 61 % pradinio šilumos poreikio prieš modernizavimą. Didžiausią vidutinę visų 15 daugiabučių dalį sudarė pasyvios priemonės: 48 % sienos, 11 % stogas ir apie 4 % langai. Dėl padidėjusios infiltracijos (atsirado mechaninės vėdinimo sistemos), šilumos poreikis šiek tiek padidėjo.

Aktyvių inžinerinių sistemų modernizavimo įtaka (ypač šildymo sistemos modernizavimas) labai sunkiai apčiuopiama, nes praktiškai nėra žinoma, kokia mikroklimato padėtis buvo prieš modernizavimą. Saulės kolektorių įtaką bendram pastato šilumos poreikiui sudėtinga atskirti, nes ši priemonė buvo įgyvendinta Jaunimo g. 56, Vyturio g. 25 ir Savanorių pr. 403 daugiabučiuose. Pirmuoju atveju nėra šilumos skaitiklio, o antruoju ir trečiuoju atveju visa sutaupyta šiluma yra priskiriama karšto vandentiekio sistemai, tačiau ne visais atvejais buvo žinoma pagaminto karšto vandens kiekis.

Norint detaliai ir tiksliai įvertinti faktinių saulės kolektorių, šilumos siurblių ar kitų inovatyvių sistemų naudą, būtina įpareigoti įsirengti energijos apskaitą ir bent kelis metus šiuos duomenis kaupti. Šio tyrimo metu buvo susidurta su minėtų sistemų duomenų trūkumu.

Reikėtų pastebėti, kad atliktų darbų apimtys, kurios detalizuojamos 4 lentelėje skirtinguose šaltiniuose, nurodomos skirtingai. Ne visuomet investicijų projekte nurodytos apimtys sutampa su techninio projekto ar komercinio pasiūlymo pateikiamomis apimtimis. Vertinant visą modernizavimo procesą nuo investicijų projekto iki galutinio darbų perdavimo akto, šie dydžiai turėtų skirtis. Pagrindinė priežastis yra ta, kad investicijų plane pateikiamos darbų apimtys yra apytikrės, nes duomenys apie pastatą šiame etape būna netikslūs. Taip pat atkreiptinas dėmesys, kad kai kurie atitvarų plotai dėl skirtingo poreikio gali skirtis. Pavyzdžiui: sienų plotas reikalingas šilumos nuostoliams skaičiuoti ir šiltinamas plotas. Šiltinant sienas įtraukiamas cokolis, langų angokraščiai ir pan. Skaičiuojant keičiamų laiptinių duris, gali būti keičiamos ir vidinės tambūro, rūšio durys, tuo tarpu investicijų plane skaičiuojant nuostolius svarbios tik lauko durų angos plotas.

Tikėtina, kad tiksliausiai darbo apimtys išryškėja techninio darbo projekto metu arba jau atlikus visus darbus, tikrai mažai tikėtina, kad įgyvendinus modernizavimo priemones, jos dešimtųjų m<sup>2</sup> dalimis gali sutapti su investicijų projekte nurodytais dydžiais.

Atliekant jau įgyvendintų priemonių stebėseną, auditorius dažnai turi atlikti detektyvo darbą, bandydamas išsiaiškinti ką vienas ar kitas nurodytas plotas apima. Pakankamai aptakiai aprašomos įgyvendintos priemonės. Pavyzdžiui: energijos taupymo priemonė „Šildymo sistemos pertvarkymas“ gali apimti vamzdynų keitimą su izoliavimu, balansinių ir termostatinų ventilių įrengimą, šilumos punkto ir net saulės kolektorių įrengimą, o tuo tarpu kituose daugiabučiuose ši priemonė apibūdina tik vienvamzdės šildymo sistemos modernizavimą su balansiniais ir termostatiniais ventiliais. Vėdinimo sistemos įrengimas vienur yra suprantamas kaip esamų vėdinimo kanalų pravalymas, o kiti šiai priemonei priskiria visos naujos mechaninės sistemos įrengimą. Toks skirtingas priemonių traktavimas iškreipia investicijų dydžius, nes negalima palyginti tų pačių priemonių skirtinguose daugiabučiuose.

Ateityje siekiant tikslesnių stebėsenos rezultatų, reikėtų unifikuoti duomenų pateikimą apie įgyvendintų priemonių apimtis ir jų kainas. Tai leistų tiksliau prognozuoti ir vertinti atskirų priemonių kainas ir apimtis.

Šiame darbe 3 ir 4 lentelėse pateikiami duomenys yra surinkti iš skirtingų šaltinių (techniniai projektai buvo pasiekiami tik keliems daugiabučiams): investicijų, techninių projektų, perdavimo aktų, konkursinių dokumentų ir pan., todėl ne visais atvejais jie gali būti tikslūs ir objektyvūs. Rekomenduojama rengiant kitą Techninę specifikaciją kitų metų stebėsenai pasirinkti tuos objektus, kurių projektinė dokumentacija yra pilna ir apima visus stebėsenos poreikius.

4 lentelėje pateikiami apibendrinti iš skirtingų šaltinių modernizavimo apimčių ir investicijų duomenys. Investicijos vertintos santykiniam ploto vienetui ir tik energijos taupymo priemonėms, ir be PVM.

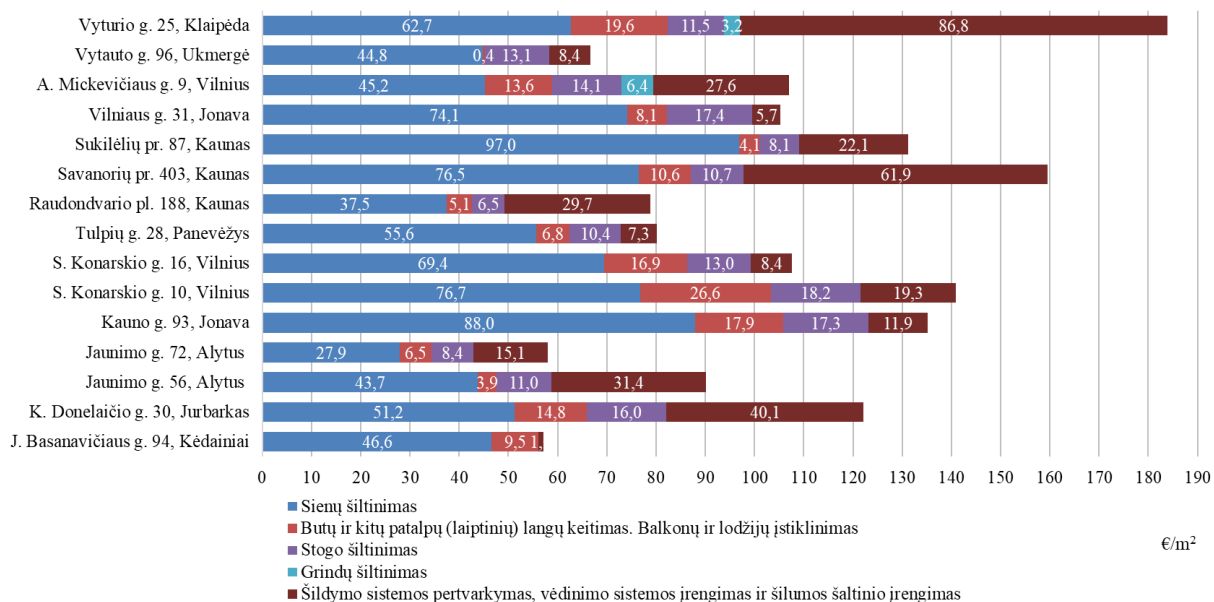
4 lentelė. Analizuotų 15 daugiabučių modernizavimo apimtys

| Adresai   | J. Basanavičiaus g. 94, Kėdainiai | K. Donelaičio g. 30, Jurbarkas | Jaunimo g. 56, Alytus | Jaunimo g. 72, Alytus | Kauno g. 93, Jonava | S. Konarskio g. 10, Vilnius | S. Konarskio g. 16, Vilnius | Tulpių g. 28, Panevėžys | Raudondvario pl. 188, Kaunas | Savanorių pr. 403, Kaunas | Sukilėlių pr. 87, Kaunas | Vilniaus g. 31, Jonava | A. Mickevičiaus g. 9, Vilnius | Vytauto g. 96, Ukmergė | Vyturio g. 25, Klaipėda |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------|--------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------|
| Šildomas plotas, m <sup>2</sup>                             | 2985                              | 2701                           | 1227                  | 1188                  | 2555                | 3569                        | 2418                        | 1538                    | 1249                         | 3485                      | 3114                     | 2392                   | 1691                          | 1842                   | 3065                    |
| <b>Modernizavimo priemonių apimtys, m<sup>2</sup></b>       |                                   |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        |                               |                        |                         |
| Sienų šiltinimas  | 2479                              | 2420                           | 1849                  | 1557                  | 3066                | 3102                        | 2481                        | 1832                    | 1028                         | 3026                      | 2989                     | 2706                   | 1669                          | 1870                   | 1660                    |
| Butų ir kitų patalpų langų keitimas                         | 53                                | 259                            | 41                    | 47                    | 133                 | 229                         | 185                         | 19                      | 59                           | 62                        | 101                      | 93                     | 335                           | 16                     | 78                      |
| Balkonų ir lodžijų įstiklinimas                             | 289                               | 344                            | 17vnt                 | 107                   | 265                 |                             | 319                         | 181                     |                              |                           |                          | 244                    |                               |                        | 258                     |
| Laiptinių langų keitimas                                    | 20                                |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        |                               |                        | 34                      |
| Stogo šiltinimas  |                                   | 750                            | 441                   | 414                   | 790                 | 844                         | 565                         | 568                     | 415                          | 530                       | 361                      | 641                    | 604                           | 673                    | 670                     |
| Grindys   |                                   |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        | 604                           |                        | 670                     |
| Durų keitimas   |                                   | 18                             |                       | 5                     | 28                  | 14                          | 10                          | 14                      | 15                           | 5                         |                          | 31                     | 17                            | 7                      | 15                      |
| <b>Šilumos nuostoliai po renovacijos, EUR/m<sup>2</sup></b> |                                   |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        |                               |                        |                         |
| Sienų šiltinimas  | 46,6                              | 51,2                           | 43,7                  | 27,9                  | 88,0                | 76,7                        | 69,4                        | 55,6                    | 37,5                         | 76,5                      | 97,0                     | 74,1                   | 45,2                          | 44,8                   | 62,7                    |
| Butų ir kitų patalpų langų keitimas                         | 1,8                               | 1,5                            | 1,5                   | 1,5                   | 4,7                 | 8,3                         | 5,6                         | 0,6                     | 3,0                          | 2,1                       | 4,1                      | 0,6                    | 13,6                          | 0,4                    | 4,1                     |
| Balkonų ir lodžijų įstiklinimas                             | 6,8                               | 9,0                            | 2,5                   | 4,7                   | 9,3                 | 17,1                        | 9,9                         | 5,2                     |                              | 7,8                       |                          | 5,1                    |                               |                        | 13,1                    |
| Laiptinių langų keitimas                                    | 0,8                               | 2,9                            |                       | 0,4                   |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          | 1,4                    |                               |                        | 1,2                     |
| Stogo šiltinimas  |                                   | 16,0                           | 11,0                  | 8,4                   | 17,3                | 18,2                        | 13,0                        | 10,4                    | 6,5                          | 10,7                      | 8,1                      | 17,4                   | 14,1                          | 13,1                   | 11,5                    |
| Grindys   |                                   |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        | 6,4                           |                        | 3,2                     |
| Durų keitimas   |                                   | 1,3                            |                       |                       | 4,0                 | 1,3                         | 1,4                         | 1,0                     | 2,1                          | 0,7                       |                          | 1,0                    |                               |                        | 1,1                     |
| Vėdinimo sistemos įrengimas                                 | 0,1                               | 0,7                            | 0,7                   | 1,6                   | 1,3                 | 0,6                         | 1,8                         | 0,6                     | 4,4                          | 17,3                      | 11,7                     | 1,2                    | 9,6                           | 0,4                    | 3,4                     |
| Šildymo sistemos pertvarkymas                               | 0,9                               | 39,4                           | 4,8                   | 13,5                  | 10,6                | 18,7                        | 6,5                         | 6,6                     | 25,3                         | 44,5                      | 10,4                     | 4,5                    | 18,0                          | 8,0                    | 39,7                    |
| Saulės kolektoriai  |                                   |                                |                       |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        |                               |                        | 4,7                     |
| Šilumos siurbLIAI   |                                   |                                | 25,9                  |                       |                     |                             |                             |                         |                              |                           |                          |                        |                               |                        | 39,0                    |
| *Techninio darbo projekto parengimas                        | 3,4                               | 7,0                            | 7,5                   |                       | 3,3                 |                             |                             | 3,3                     | 6,3                          |                           | 6,5                      |                        | 5,3                           | 4,6                    |                         |
| <b>SUMA BE PVM</b>  | <b>61</b>                         | <b>129</b>                     | <b>98</b>             | <b>58</b>             | <b>138</b>          | <b>141</b>                  | <b>108</b>                  | <b>83</b>               | <b>85</b>                    | <b>160</b>                | <b>138</b>               | <b>105</b>             | <b>112</b>                    | <b>71</b>              | <b>184</b>              |

**\*Pastaba:** ne visų daugiabučių techninio darbo projekto parengimo kaina buvo pateikta

Kaip matyti 4 lentelėje, bendra vidutinė investicijų be PVM į energijos taupymo priemones 15 daugiabučių siekė 111 EUR/m<sup>2</sup>. Mažiausios investicijos siekė 58 EUR/m<sup>2</sup> (Jaunimo g. 72), o didžiausios 184 EUR/m<sup>2</sup> (Vyturio g. 25). Tokį skirtumą lėmė kiekvieno namo specifika ir priemonės.

Šiek tiek apibendrintas atskirų priemonių investicijų pasiskirstymas detaliau pateikiamas 3 paveiksle.



**3 pav.** Atskirai kiekvieno 15 daugiabučių energijos taupymo priemonių investicijų santykinis (EUR/m<sup>2</sup>) pasiskirstymas

Aukščiau esančiame paveiksle galima matyti tam tikrų energijos taupymo priemonių grupių santykinę investicijų, tenkančių pastato šildomam plotui, pasiskirstymą. Šioje analizėje nevertinamos išlaidos ne energijos taupymo priemonėms ir techninio darbo projekto parengimui. Sienu šiltinimas sudaro didžiausią investicijų poreikį, jis siekia nuo 34 % iki net 82 % visų modernizavimo projekto investicijų. Antras pagal investicijų poreikį yra šildymo sistemos pertvarkymas ir vėdinimo sistemos įrengimas. Ši priemonė apjungia kelias su šilumos šaltinio ir šildymo sistema susijusias priemones. Jos santykinės išlaidos labai svyruoja priklausomai nuo atliktų darbo apimčių. Daugiausiai šioms priemonėms, t. y. beveik 50 % visų investicijų, buvo skirta Vyturio g. 25 atveju Klaipėdoje. Butų ir kitų patalpų langų keitimas, lauko durų įrengimas ir balkonų ir lodžių įstiklinimas yra apjungti į vieną bendrą priemonę ir dalinasi trečią-ketvirtą vietą su stogo šiltinimo priemone.

### 3. MATAVIMO REZULTATAI

#### 3.1 Išorinių atitvarų faktiniai šilumos perdavimo koeficientai

Visuose analizuotuose 15 daugiabučių buvo atliekamas faktinis trijų atitvarų šilumos perdavimo koeficiento matavimas. Matavimo duomenys kaupti 15 min. intervalu pagal metodikoje rekomenduojamą laiką (duomenų kaupimo intervalas apėmė ne trumpesnę kaip vienos paros laikotarpį). Šilumos perdavimo koeficientų skaičiavimui naudojamas nakties laikotarpis nuo 00:00 iki 05:00 val. Tai buvo daroma tam, kad būtų eliminuota išorinių ir vidinių šaltinių įtaka. Daugeliu atvejų matavimas buvo atliekamas 2 ir daugiau parų prie skirtingų (o kartais ir gana žemų neigiamų) lauko temperatūrų. To pakanka, kad galima būtų tikėtis patikimo ir objektyvaus šilumos perdavimo koeficiento užfiksavimo.

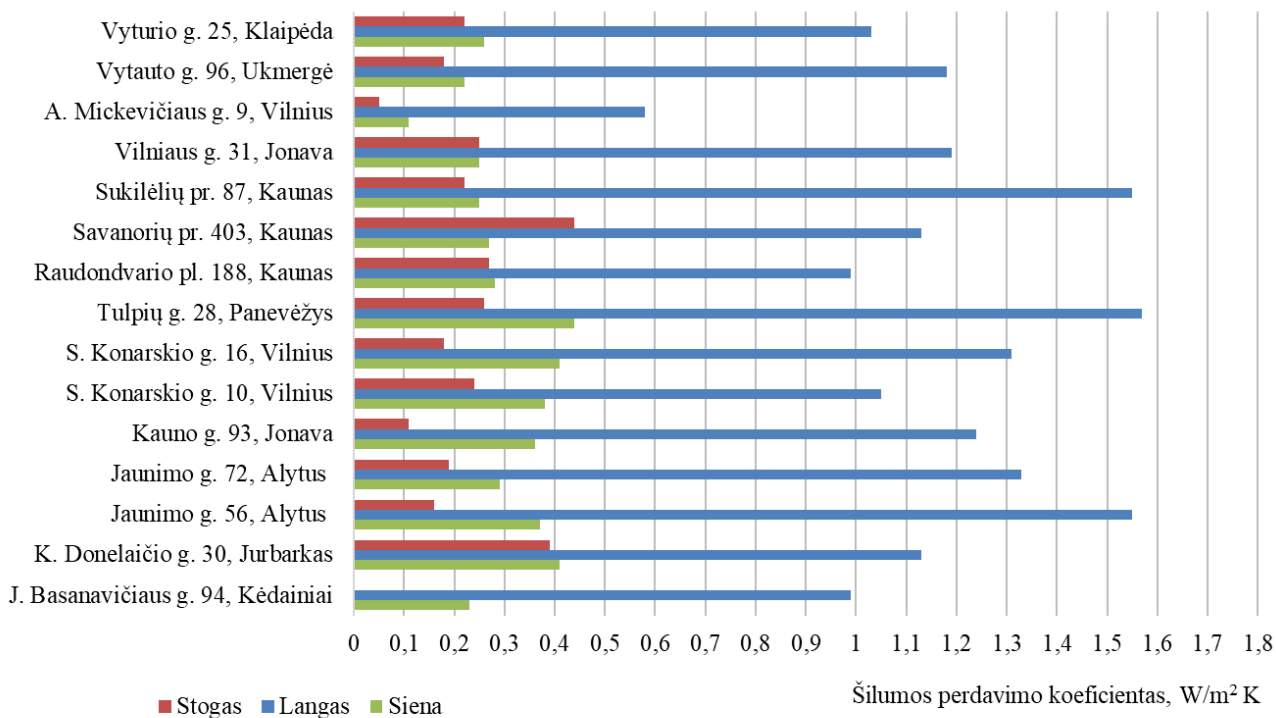
Daugelio pastatų atveju beveik visi langai yra pakeisti jau prieš modernizavimą, todėl buvo fiksuotos nebūtinai modernizavimo metu pakeistų langų charakteristikos. Išmatuotas šilumos perdavimo koeficientas apibūdina tik stiklo paketą, tuo tarpu visa lango konstrukcija nėra vertinama. Tikėtina, kad rėmo charakteristikos bus artimos stiklo paketo šilumos perdavimo koeficiento reikšmėms, jei rėmas yra plastikinis.

Stogo šilumos perdavimo koeficiento matavimas yra sudėtingesnis nei kitų išorinių atitvarų, nes visuomet būtinas patekimas į viršutinį daugiabučio butą (tai įgyvendinti ne visuomet pavyksta). Taip pat reikėtų atkreipti dėmesį, kad vertinant stogo šilumos perdavimo koeficientą, reikia atsižvelgti į tam tikras galimas paklaidas. Jos gali atsirasti dėl sniego, kuris gali būti susikaupęs ant stogo arba dėl pakabinamų lubų, tapetų ir pan., įrengtų patalpoje. Dėl šių priežasčių šilumos perdavimo koeficiento reikšmė gali būti mažesnė („geresnė“). Iš kitos pusės, ne visuomet matavimo plokštelė gali būti pakankamai tvirtai pritvirtinama, laikui bėgant dėl savo svorio ji gali atsiklijuoti arba nepakankamai tvirtai kontaktuoja su matuojamu paviršiumi. Įvertinus minėtas galimų paklaidų priežastis, rekomenduotina šį rodiklį vertinti rezervuotai, kaip signalinį dydį. Kaip matyti iš pateiktų rezultatų, viename daugiabutyje J. Basanavičiaus g. 94, Kėdainiuose išmatuoti stogo šilumos perdavimo koeficiento nepavyko. Su panašiomis problemomis buvo susidurta daugiabučiuose Jonavoje. Kreida padengtos lubos sunkiai išlaikė matavimo plokštelių svorį.

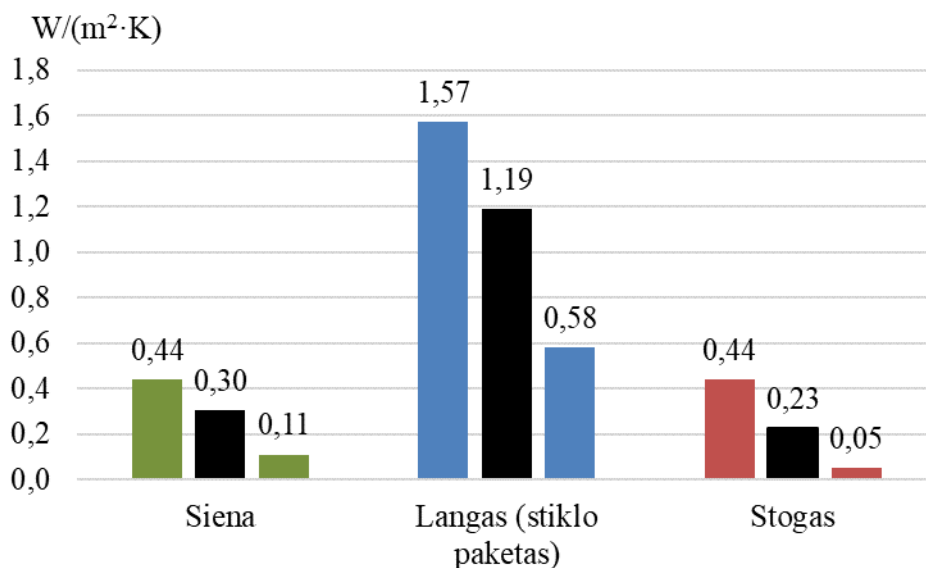
Įvertinus minėtas problemas, Užsakovui rengiant naują Techninę užduotį rekomenduojama įvertinti galimybę patekti į viršutinį pasato aukštą. Jei name yra tik viena laiptinė, yra didelė tikimybė, kad patekimas į butą bus sudėtingas ir sunkiai suderinamas.

Matavimo metu prietaisus veikia įvairūs išoriniai ir vidiniai trukdžiai, todėl išmatuotus dydžius reikėtų labiau vertinti kaip signalinius, nes kuo mažesnis fiksuojamas šilumos srautas per analizuojamą konstrukciją, tuo didesnė paklaidos tikimybė.

Išmatuotų dydžių reikšmės yra pateikiamos paveiksle žemiau.



4 pav. Atskirai kiekvieno 15 daugiabučių išmatuotų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės



5 pav. Visų 15 daugiabučių išmatuotų šilumos perdavimo koeficientų reikšmių mažiausios, didžiausios ir vidutinės reikšmės

4 pav. pateikti viso laikotarpio matavimų rezultatai atskirai kiekvienam daugiabučiui. 5 pav. pateikiamos jau apibendrintos mažiausios (žemiausias stulpelis), didžiausios (aukščiausias stulpelis) ir vidutinės faktinių šilumos perdavimo koeficientų reikšmės.

Vertinant visų 15 pastatų faktinių šilumos perdavimo koeficientų matavimo duomenis, galima teigti, kad lango stiklo paketo rodikliai yra labai geri, lyginant su 1 lentelėje pateiktais statybų metu

ir net dabar galiojančiais norminiais rodikliais, taikomais C ir B energinio efektyvumo klasei. Vidutinė lango stiklo paketo –  $U_f = 1,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nelabai atsilieka nuo A energinio efektyvumo klasės reikalavimo. Net ir didžiausia išmatuota reikšmė  $U_f = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  neviršijo iki 2019 metų galiojusios C ir B energinio efektyvumo klasės reikšmės  $U_n = 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . A. Mickevičiaus g. 9 atveju lango stiklo paketo šilumos perdavimo reikšmė buvo geresnė, nei to prašoma A energinio efektyvumo klasės pastatui. Įvertinus minėtus apibendrintus duomenis, galima teigti, kad esami (nebūtinai modernizavimo metu) pakeisti langai turi geras šiluminės charakteristikas ir atitinka joms keliamus energinio efektyvumo klasės reikalavimus.

Stogo perdangos ar visos stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento matavimo atveju vidutinė visų 14 daugiabučių namų reikšmė  $U_f = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  yra prastesnė, nei C ir B energinės klasės reikalavimai  $U_n = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Geriausias šis išmatuotas faktinis rodiklis yra A. Mickevičiaus g. 9 daugiabučio atveju. Šis daugiabutis taip pat išsiskiria iš kitų tuo, kad yra vienintelis, kuriam po modernizavimo suteikta A energinio efektyvumo klasė. Visi kiti daugiabučiai turi teorinį C energinio efektyvumo sertifikatą. Kaip jau buvo minėta anksčiau, konkrečiai stogo perdenginio šilumos perdavimo koeficiento matavimas yra labai probleminis, daug įvairių faktorių įtakoja šio dydžio matavimo tikslumą. Kai kuriuose daugiabučiuose (pvz.: A. Mickevičiaus g. 9 ir Vyturio g. 25) yra įrengtos techninio aukšto patalpos, tai gerina visos konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento reikšmes. Apibendrinus galima teigti, kad išmatuotos stogo šilumos perdavimo koeficiento reikšmės yra šiek tiek prastesnės, nei to reikalaujama norminiuose dokumentuose C energinio efektyvumo klasei, tačiau įvertinus galimą didesnę paklaidos tikimybę, ši teiginį reikėtų vertinti gana rezervuotai. Tikėtina, kad bendram stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimui (parenkant šiluminės izoliacijos storį) rengiant techninį projektą gali turėti įtakos netinkamas jau esamo stogo konstrukcijos šiluminės charakteristikos vertinimas.

Sienos šilumos perdavimo koeficiento vertinimo atveju vidutinė visų 15 daugiabučių namų reikšmė  $U_f = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  yra prastesnė, nei C ir B energinės klasės reikalavimai  $U_n = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tik kelių daugiabučių išmatuotų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės atitiko arba buvo artimos C ir B energinio efektyvumo klasės reikalavimams. Absoliučiai geriausias šis rodiklis yra A. Mickevičiaus g. 9 atveju ( $U_f = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ). Tikėtina, kad įvertinus išmatuotas šio daugiabučio šiluminės charakteristikas, gali būti pasiekta ir aukštesnė nei deklaruojama A energinio efektyvumo klasė. Reikėtų pastebėti, kad kuo mažesnė yra atitvaros šilumos perdavimo koeficiento reikšmė, tuo didesnė yra matavimo paklaidos rizika. Todėl kaip ir stogo konstrukcijos atveju, gautus matavimo rezultatus reikėtų vertinti kaip informacinius, nes atliktos įgyvendintų pasyvių priemonių techninės ekspertizės rodo, kad šiluminės izoliacijos storiai atitinka techniniuose projektuose deklaruojamus dydžius.

Apibendrinant visų išmatuotų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų dydžius, galima teigti, kad langų charakteristikos yra geresnės, nei yra reikalaujama pagal energinę naudingumo klasę. Stogo ir sienos rodikliai yra šiek tiek prastesni, nei to reikalauja norminiai dokumentai. Šio tyrimo metu faktiniai šilumos perdavimo koeficientai kiekviename name buvo matuojami tik viename taške, todėl įvertinus gerus langų rezultatus, galbūt siekiant didesnio patikimumo, vertėtų sienų charakteristikas matuoti bent dvejuose taškuose.

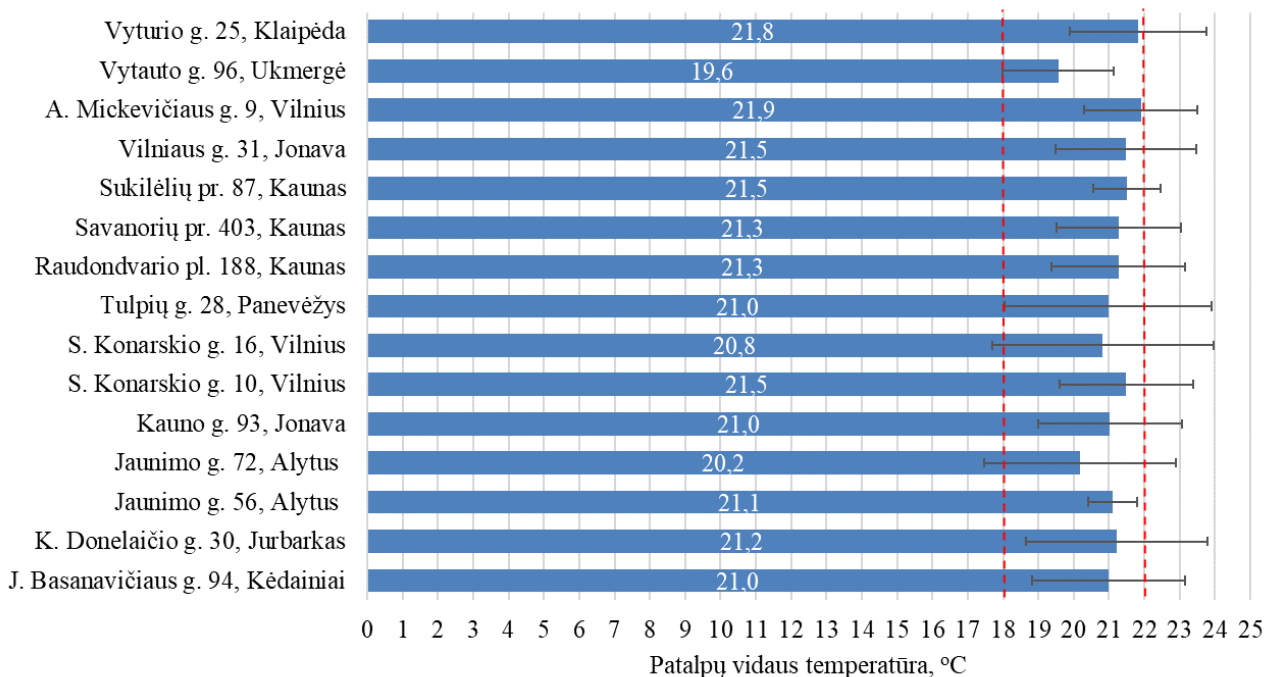
### **3.2 Pastato patalpų mikroklimato rodikliai**

Atliekant pastato energijos balanso skaičiavimus ir siekiant įvertinti patalpose pasiekiamą mikroklimatą, per analizuotą laikotarpį, daugelyje iš 15 daugiabučių bent trijuose atskiruose butuose buvo matuojama oro temperatūra ir santykinė drėgmė, viename bute – CO<sub>2</sub> koncentracija. Duomenys buvo kaupiami 15 minučių intervalu ne trumpiau kaip vieną savaitę. Matavimų paskirtis – ne tik įvertinti užtikrinamą patalpų temperatūrų lygį, bet ir išanalizuoti esamos šildymo sistemos reguliavimo galimybes. Butai, kuriuose buvo fiksuojamos temperatūros, dažniausiai yra išdėstyti skirtinguose aukštuose, tokiu būdu siekiama įvertinti bendrą pastato šildymo sistemos reguliavimo lygį.

#### **3.2.1 Patalpų vidaus temperatūra**

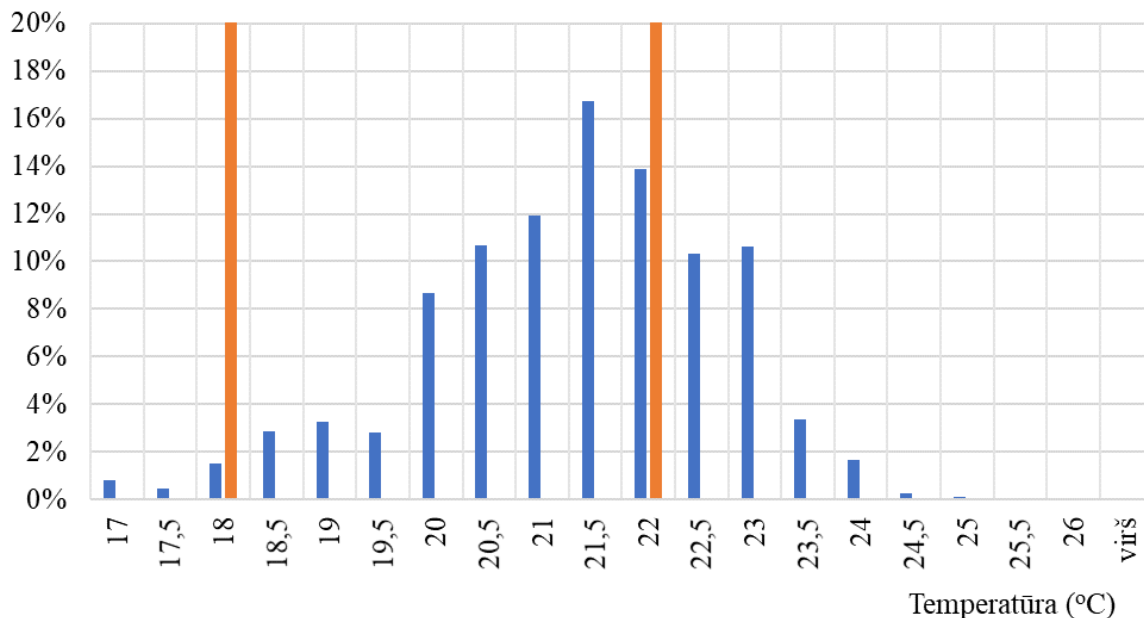
Kiekvieno pastato išmatuotų temperatūrų reikšmės, jų statistinis pasiskirstymas (95 % pasiklovimo intervale) ir norminės reikšmės (raudonos punktyrinės linijos) pateikiamos 6 paveiksle.

Siekiant įvertinti visų pastatų išmatuotų temperatūrų reikšmių pasiskirstymą (dažnį) pagal užduotą intervalą, 7 pav. pateikiama histograma. Šiame paveiksle taip pat apibrėžiamos pagal reikalavimus ribinio mikroklimato temperatūros šildymo (nuo 18 °C iki 22 °C) sezono metu (HN 42:2009). Faktinių reikšmių histograma leidžia įvertinti visų 15 daugiabučių mikroklimato rodiklius ir jų pasiskirstymą pagal užduotą rodiklio žingsnį. Tokiu būdu identifikuojamas mikroklimato rodiklių atitikimas norminėms reikšmėms ir nustatomas jų nuokrypis (jei toks pasitaiko).



**6 pav.** Visų matuotų daugiabučių patalpų vidutinės temperatūros ir jų pasiskirstymas bei atitikimas normas pasikliautino intervalo ribose per analizuotą laikotarpį

Paveiksle pateiktų 15 daugiabučių patalpų vidaus temperatūrų vidurkiai beveik visais atvejais viršijo 20 °C ribą. Tik Vytauto g. 96 atveju šis vidurkis buvo 19,6 °C. Visais atvejais tai rodo, kad patalpose temperatūra viršijo žemutinę norminę 18 °C ribą.



**7 pav.** Visų matuotų butų temperatūrų pasiskirstymas matavimo metu

7 pav. ir kitose histogramose oranžinės vertikalios linijos parodo normines mikroklimato parametrų reikšmes. Aukščiau esančiame paveiksle galima matyti, kad matavimo metu visuose 15 daugiabučių butuose viršyta žemutinė 18 °C temperatūros riba. Vidutinė visų matavimų patalpų

temperatūra buvo 21,1 °C. Tik 1,5 % visų matavimų temperatūros buvo žemiau 18 °C normatyvinio rodiklio. Tuo tarpu net 26,3 % matavimų viršijo 22 °C ribą. Likusi dalis matavimų – daugiau nei 72 % pateko į 18 °C - 22 °C norminį intervalą. Tai rodo, kad patalpose užtikrinamas aukštas temperatūros lygis. Po modernizavimo gyventojai linkę palaikyti aukštesnę patalpų temperatūrą, artimą komforto temperatūroms (nuo 20 °C iki 24 °C ribose, net 88 % visų matavimų). Ši išmatuotų temperatūrų analizė rodo, kad nustatyta žemutinė norminė 18 °C temperatūra yra per žema ir neužtikrina trokštamų mikroklimato sąlygų.

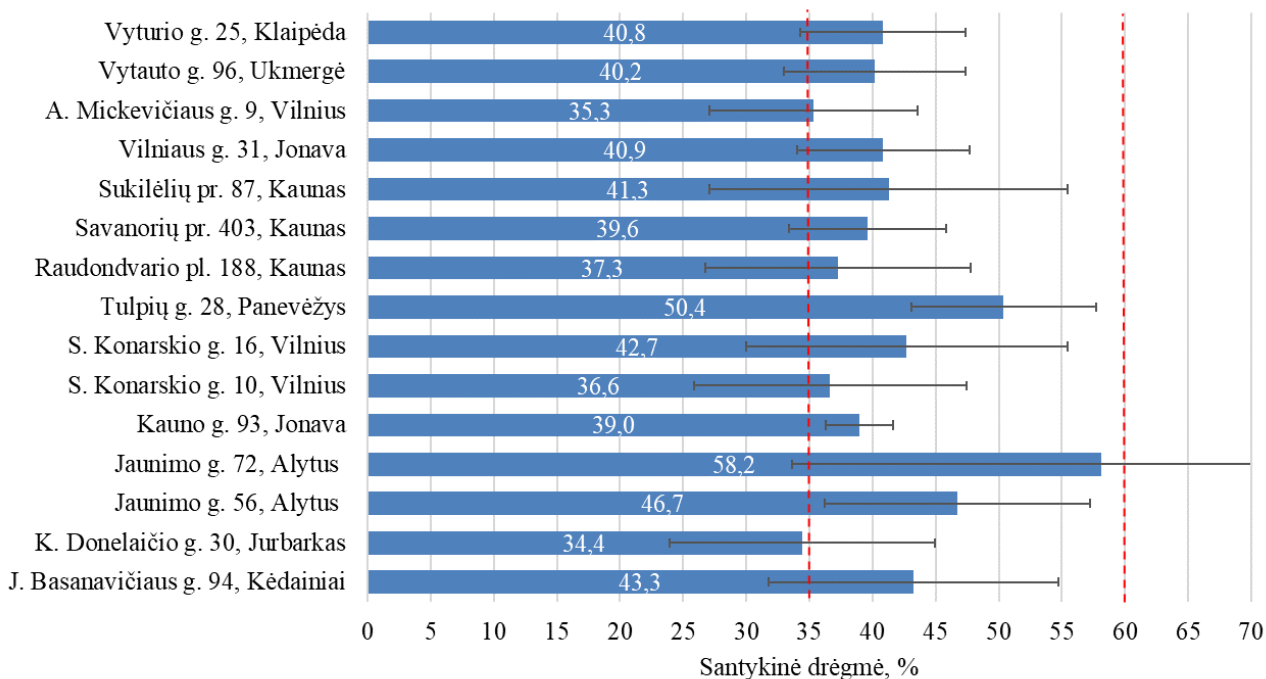
Tačiau galima identifikuoti šią tokią energijos taupymo potencialą juntamai nesumažinant komforto sąlygų. Vidutiniškai skaičiuojama, kad sumažinus patalpų vidaus vidutinę temperatūrą 1 °C, galima sutaupyti iki 5 % šilumos. Pokalbiai su gyventojais rodo, kad ne visi gyventojai žino, kaip reikia elgtis su termostatiniais ventiliais, todėl rekomenduotina modernizavus inžinerines sistemas, ypač įrengus termostatinis ventilius, praveisti trumpus mokymus ir pateikti atmintinę, kaip elgtis su naujais įrenginiais ir kokios yra patalpų temperatūros reguliavimo galimybės.

Reikėtų atkreipti dėmesį, kad stebėsenos metu atlikti matavimai leidžia gana objektyviai įvertinti mikroklimato padėtį po modernizavimo, tačiau praktiškai nėra jokios informacijos apie faktinę padėtį prieš modernizavimą. Tuomet labai sudėtinga įvertinti pasiektus mikroklimato pokyčius ir objektyviai įvertinti faktinius energinius sutaupymus. Norint išspręsti minėtą problemą, rekomenduojama įtraukti į Techninę specifikaciją modernizuotų daugiabučių gyventojų anketinę apklausą, kuri leistų įvertinti padėtį prieš modernizavimą.

**Pastaba:** analizuojant temperatūros, santykinės drėgmės ir CO<sub>2</sub> koncentracijos matavimų duomenis, naudotasi panašiu rezultatų pateikimo ir duomenų apdorojimo principu. Todėl analizuojant kitų objektų rezultatus, ši informacija nėra kartojama, o tiesiog pateikiami pasiekti rezultatai.

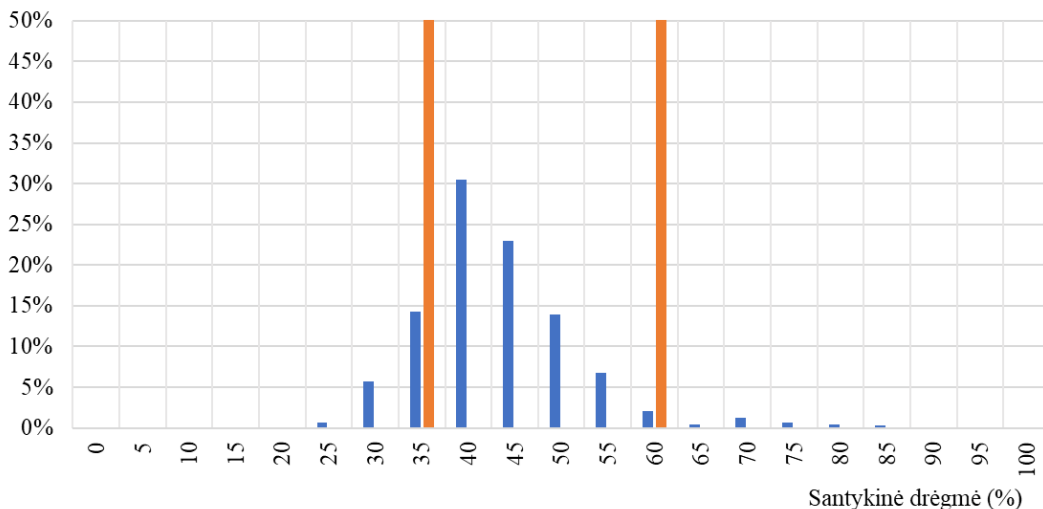
### 3.2.2 Patalpų vidaus santykinė drėgmė

Tie patys įrenginiai, kurie matavo ir kaupė temperatūrą, vykde ir santykinės drėgmės reikšmių matavimą. Matavimo duomenų rezultatai 15 daugiabučių pateikiami 8 pav.



**8 pav.** Visų 15 matuotų namų butų santykinės drėgmės kitimas per analizuotą laikotarpį

Sukauptų duomenų pasiskirstymas pagal išmatuotą laiką ir užsiduotą intervalą pateikiamas 9 pav.



**9 pav.** Visų 15 matuotų namų butų santykinės drėgmės histograma

9 pav. matyti, kad beveik visuose pastatuose vidutinės santykinės drėgmės reikšmės buvo normos (35 %– 60 %) ribose. Šiek tiek sausiau buvo K. Donelaičio g. 30 ir A. Mickevičiaus g. 9 atvejais. Statistinė sukauptų duomenų analizė rodo, kad praktiškai visais atvejais santykinė drėgmė neviršijo viršutinės 60 % ribos, dažniausiai patalpose šis dydis buvo netoli apatinės 35 % ribos.

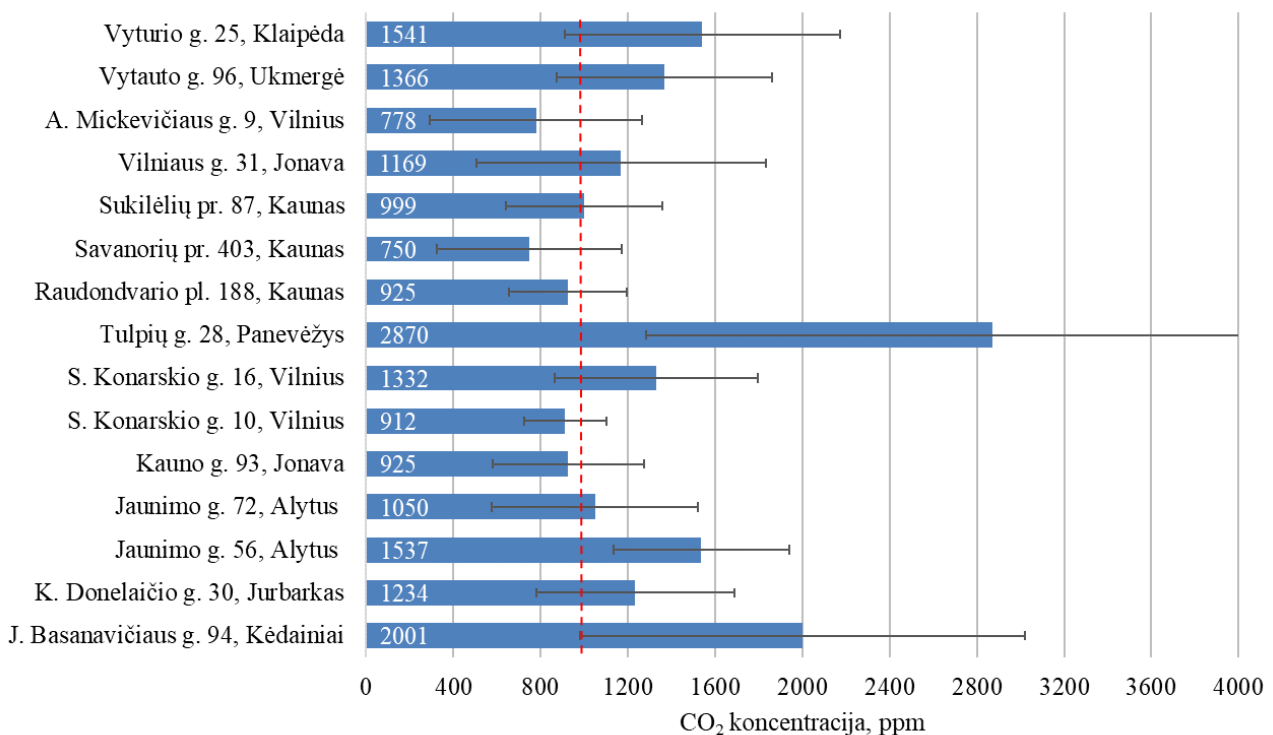
Bendra vidutinė matuotų 15 daugiabučių patalpų santykinė drėgmė per analizuotą laikotarpį sudarė 41,1 % o tai atitinka norminius reikalavimus. Pagal pateiktą duomenų histogramą matyti, kad apie 6,4 % matavimo reikšmių buvo žemiau apatinės normuojamos santykinės drėgmės ribos. Šiuos

rezultatus galima paaiškinti tuo, kad matavimo metu lauko temperatūros buvo neigiamos ir žemos, todėl lauko ore drėgmės kiekis labai nedidelis. Patekęs į patalpą ir sušilęs oras pasiekia labai žemą santykinės drėgmės reikšmę. Tokiu atveju patalpose rekomenduotinas oro drėkinimas, tačiau dažniausiai ši problema sprendžiama individualiai ir reikalauja didelių energijos sąnaudų. Centriniai sprendimai galimi tik esant centriniam mechaniniam oro vėdinimui. Tačiau net ir tokiu atveju drėkinimo įrenginiai yra ypač reti ir nebūdingi daugiabučiams pastatams. Įvertinus minėtą padėtį, nedidelės santykinės drėgmės reikšmių klausimas modernizavimo metu neturi ekonomiškai priimtino techninio sprendimo.

Paveiksle aukščiau pateikta histograma rodo, kad tik 2,7 % matavimo duomenų viršijo viršutinę santykinės drėgmės ribą. Tai geri rezultatai, nes tokiu būdu išvengiama drėgmės kondensavimosi ant šaltų paviršių ir pelėsių susidarymo tikimybė labai sumažėja. Atlikti santykinės drėgmės matavimai rodo, kad tirtuose modernizuotuose daugiabučiuose labiau egzistuoja sauso oro, o ne didelės drėgmės problema.

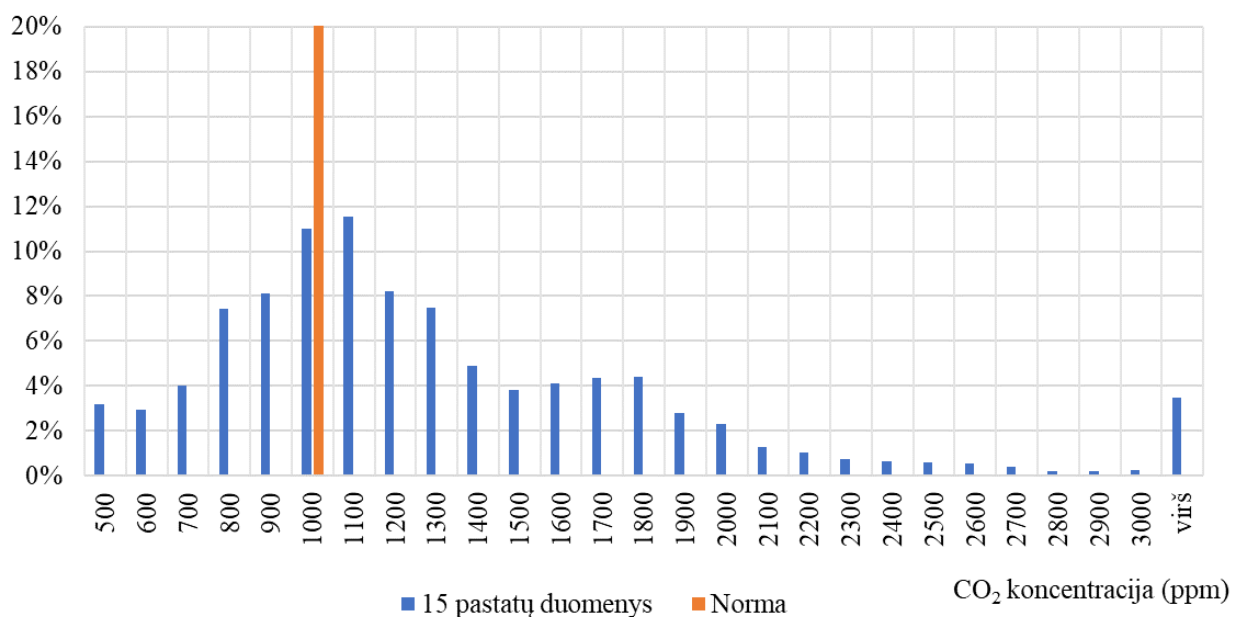
### 3.2.3 Patalpų vidaus CO<sub>2</sub> koncentracijos kitimas

Siekiant įvertinti oro kokybę, patalpose buvo matuojamas CO<sub>2</sub> koncentracijos lygis ir gauti rezultatai palyginti su minimaliais reikalavimais viešosios paskirties pastatams. CO<sub>2</sub> koncentracija buvo fiksuota kiekviename name, tačiau tik viename bute. Sukauptų duomenų analizė pateikiama žemiau esančiame paveiksle.



10 pav. 15 daugiabučių CO<sub>2</sub> vidutinė koncentracija ir jos kitimas per analizuotą laikotarpį

10 pav. vaizduojamas CO<sub>2</sub> koncentracijos kitimas vertinamuoju laikotarpiu, o 11 pav. – šių duomenų histograma (atskirų reikšmių intervalo pasikartojimas per visą analizuotą laikotarpį). Vertikali juoda linija, kuri yra ties 1000 ppm, nurodo norminę CO<sub>2</sub> koncentracijos ribą. Ją peržengus į dešinę (didesnę) pusę, patalpose neužtikrinamas reikiamas švaraus oro kiekis.



**11 pav.** Visų pastatų CO<sub>2</sub> koncentracijos duomenų analizės apibendrinta histograma

Statistinė CO<sub>2</sub> koncentracijos analizė rodo, kad vidutinė reikšmė matavimo metu buvo 1293 ppm, ji viršijo 1000 ppm ribą. Net 63 % matavimo laiko CO<sub>2</sub> koncentracija viršijo 1000 ppm ribą, tai rodo ypač prastą patalpų vėdinimą. Galima teigti, kad visuomet, kai gyventojai buvo patalpoje, ir net tuo metu, kai patalpa buvo tuščia, CO<sub>2</sub> koncentracija viršijo norminę ribą. Santykinai geresni rezultatai stebimi A. Mickevičiaus g. 9, Savanorių pr. 403 atvejais. Tai sietina su mechaninės vėdinimo sistemos buvimu ir bent daliniu jos veikimu. Ypač prasta padėtis matavimo metu buvo Tulpių g. 28 atveju, čia CO<sub>2</sub> koncentracija buvo artima pavojaus sveikatai ribose. Gana keista, kad kituose daugiabučiuose, kuriuose įrengtos vėdinimo sistemos, CO<sub>2</sub> koncentracijos reikšmės viršija normines reikšmes. Labai sudėtinga vertinti, ar tik viename bute išmatuotas reikšmės galima priskirti visam pastatui, nes daugelis įrengtų mechaninių vėdinimo sistemų gali būti reguliuojamos individualiai, tačiau išmatuotos patalpų mikroklimato reikšmės tikrai rodo labai prastą vėdinimą. Kaip matyti iš matavimo duomenų, esamų ištraukimo kanalų išvalymas visiškai padėties negerina.

Vienintelis sprendimas, leidžiantis pagerinti esamą padėtį, yra mechaninių vėdinimo sistemų įrengimas modernizavimo metu. Ši priemonė reikalauja didelių investicijų ir papildomos šilumos poreikio. Tai lemia žymiai padidėjęs nei natūralaus vėdinimo atveju tiekiamo šviežio oro kiekis. Todėl logiškiausia tokias sistemas įrengti būtų su šilumos atgavimu (rekuperacija). Tokių sistemų techninių sprendimų yra keli, tačiau, kuris duoda geriausią kaštų/naudos rezultatą – detalesnių tyrimų nėra. Esamos modernizavimo metu įrengtos sistemos ne visuomet eksploatuojamos tinkamai, gana

dažnai individualias vėdinimo sistemas, įrengtas bute, gyventojai tiesiog išjungia. Centrinių (kurios tiekia orą keliams butams/laiptinei) atveju užsikemša filtrai, jos išsijungia ir pan.

Kai kuriuose analizuojamuose daugiabučiuose kai kuriuose butuose įrengta bekanalė mechaninė vėdinimo sistema, tačiau, kaip rodo termovizinės nuotraukos, šie įrenginiai matavimo metu buvo išjungti. Rekomenduojamas detalesnis gyventojų mokymas, kaip su tokiais įrenginiais elgtis.

Siekiant geriau įvertinti, kuri mechaninio vėdinimo sistema (pagal pasirinktus kriterijus) veikia geriausiai, rekomenduojama Užsakovui atlikti detalesnę, tik vėdinimo sistemų stebėseną/galimybių studiją, atsirenkant rinkoje labiausiai paplitusius jau faktiškai įgyvendintus vėdinimo sistemos modernizavimo būdus. Tokio tyrimo metu galima būtų tiksliau įvertinti faktinius energijos suvartojimus, atgaunamą šilumos kiekį ir pasiekiamą vėdinimo efektą (didesnis patalpų CO<sub>2</sub> koncentracijos matavimas).

## **4. STATINIO ATITVARINIŲ KONSTRUKCIJŲ BŪKLĖS NUSTATYMO EKSPERTIZIŲ APIBENDRINIMAS**

Užsakovo užsakymu buvo patikrinta atitvarinių konstrukcijų būklė, siekiant įvertinti atnaujintų (modernizuotų) daugiabučių namų įgyvendintų priemonių atitiktį projektiniams sprendiniams, įgyvendintų projektinių sprendinių ir statybos rangos darbų kokybę ir pateikti rekomendacijas dėl medžiagų, konstrukcijų ir technologijų taikymo kokybės kontrolės, atnaujinant (modernizuojant) daugiabučius namus. Toliau aptariama daugiabučių namų objektų (įgyvendintų priemonių) aprašymas.

### **4.1 Objekto (įgyvendintų priemonių) aprašymas**

Visuose daugiabučiuose pastatuose įrengtas fasado sienų ir cokolio šiltinimas bei apdaila, langų ir durų keitimas (keičiami tik tie, kurie neatitinka keliamų modernizavimo reikalavimų), balkonų stiklinimas. Vyturio g. 25 atliktas stogelių virš pagrindinių įėjimų sutvarkymas bei balkonų apšiltinimas iš vidaus. Pastatuose įrengtas stogo šiltinimas ir nauja danga, išskyrus Vyturio g. 25, A. Mickevičiaus g. 9, S. Konarskio g. 16, įrengtas pastogės grindų apšiltinimas ir atliktas naujos stogo dangos įrengimas. J. Basanavičiaus g. 94 atveju stogo apšiltinimo ir dangos keitimo darbai buvo atlikti dar prieš modernizavimą. Vyturio g. 25 atliekamas rūšio perdangos šiltinimas, visuose kituose pastatuose ši priemonė nebuvo įgyvendinta.

Visuose pastatuose atliktas nuogrindos įrengimas, inžinerinių sistemų atnaujinimas, Raudondvario pl. 188 atliktas šilumos punkto modernizavimas. Jaunimo g. 56 atliktas geoterminio šildymo zondų įrengimas ir saulės kolektorių prijungimas, Savanorių pr. 403 atliktas saulės kolektorių prijungimas. Raudondvario pl. 188, Sukilėlių g. 87 atliktas elektros instaliacijos atnaujinimas, Savanorių pr. 403 liftų keitimas, o Vyturio g. 25 įrengta žaibosauga.

### **4.2 Įgyvendintų priemonių esamos būklės charakteristika ir prognozuojamos tolesnės pasekmės 5 metai ir 10 metų po atnaujinimo.**

Basanavičiaus g. 94, K. Donelaičio g. 30, Kauno g. 93, S. Konarskio g. 10, S. Konarskio g. 16, Tulpių g. 28, Raudondvario pl. 188, Savanorių pr. 403, Sukilėlių pr. 87, Vilniaus g. 31, A. Mickevičiaus g. 9, Vytauto g. 96, Vyturio g. 25 įgyvendintų priemonių esama būklė, praėjus 2 metams (2016 m.), o Jaunimo g. 56, Jaunimo g. 72 praėjus 3 metams (2016 m.) nuo projekto įgyvendinimo pakankamai gera. Užfiksuoti tik atskiri defektai, kurie nurodyti šiame dokumente, kuriuos būtina pašalinti. 10 metų laikotarpyje, tinkamai prižiūrint pastato konstrukcijas, įgyvendintų priemonių būklė turėtų išlikti stabili.

### **4.3 Įgyvendintų priemonių techninių charakteristikų atitikties projektiniams sprendiniams įvertinimas ir rekomendacijos projektų kokybei gerinti;**

Įgyvendintų priemonių techninės charakteristikos iš esmės atitinka projektinius sprendinius. Prieš rengiant tokio tipo projektus, rekomenduojame atlikti statinio konstrukcijų tyrimus, kas leistų įvertinti esamą pastato būklę ir tinkamai parinkti projektinius sprendinius.

Visuose pastatuose buvo atlikti statybos darbų konstrukcinių sprendimų, turinčių esminę įtaką pastato šiluminėms savybėms, statybiniai tyrinėjimai. Tiriant kiekvieną iš pasirinktų parametrų, buvo atlikti matavimai skirtingose objekto vietose. Iš atliktų tyrimų nustatyta, kad pastatų atliktų statybos darbų konstrukciniai sprendimai iš esmės atitinka techninių normatyvinių dokumentų reikalavimus. Atliekant pastato apžiūrą, nustatyta, kad visų pastatų, išskyrus Tulpių g. 28, nuogrindos yra veikiamos paviršinio vandens vietomis yra deformuotos (nusėdusios), o Jaunimo g. 72 nebaigta įrengti nuogrinda bei laiptų apdaila apklijuojant plytelėmis. Raudondvario pl. 188, Vytauto g. 96 ir Jaunimo g. 72 kompleksiskai nėra išspręstas lietaus vandens nuvedimas nuo pastato stogo, vanduo nuvedamas ant šaligatvio.

Basanavičiaus g. 94, K. Donelaičio g. 30 vietomis drėgmė veikia pastato sienas ir cokolį, o K. Donelaičio g. 30 stogelis virš įėjimo paveiktas drėgmės, pažeista apdaila bei drėgmės paveikta balkono plokštė, pažeista apdaila. Pastato, esančio Jaunimo g. 72, pažeistas/nekokybiškai įrengtas dekoratyvinis tinkas, Kauno g. 73 skilusi fasado apdailinė plokštė durų atmušos įrengimo vietoje, S. Konarskio g. 16 – suskilusi fasado apdailinė plokštė cokolinėje dalyje, Vytauto g. 96 vietomis yra suskilusios apdailinės plokštės balkone, o Sukilėlių g. 87 ir K. Donelaičio g. 30 neapšiltintos pirmo aukšto balkono grindų plokštės, susidaro „šalčio tilteliai“. Pastatų, esančių Jaunimo g. 56, Jaunimo g. 72, Kauno g. 93, S. Konarskio g. 10, S. Konarskio g. 16, Savanorių pr. 403, Vilniaus g. 31 nepakankamai tiksliai suformuotas pastato stogo nuolydis, todėl ant stogo paviršiaus vietomis laikosi balos. S. Konarskio g. 10 pastate išlaužtas alsuoklis, pažeista izoliacija, į stogo konstrukciją patenka drėgmė ir lietaus vanduo, S. Konarskio g. 16 dėl nekokybiškų darbų ar dangos pažeidimų yra susiformavusios „pūslės“ stogo dangoje. Įrengiant stogo dangą, nepakankamai prilydyta (atšokusi) tvarkant ventiliacines šachtas. Tulpių g. 28 vietomis nepakankamai prilydyta („kabo“) stogo danga prie vertikalių paviršių, o Vytauto g. 96, įrengiant stogo dangą, nepakankamai prilydyta (atšokusi) tvarkant ventiliacines šachtas.

Jaunimo g. 56 ir Savanorių pr. 403 korozija pradėjusi veikti (vietomis pradėjęs rūdyti) stogo aptvėrimus bei Jaunimo g. 56 žaibolaidžio įžeminimas (įžeminimo viela) liečiasi prie stogo dangos. Vilniaus g. 31 korozijos paveikta metalinė konstrukcija ant stogo.

Jaunimo g. 72 ir S. Konarskio g. 16 rūsiuose esantis langas sumontuotas netiksliai, taip pat pastebėta, kad Jaunimo g. 72 nekokybiškai įrengtas stoglangis.

Kauno g. 93 ir Savanorių pr. 403 dėl netinkamo palangių įrengimo laikosi vanduo ant palangių. Kauno g. 93 dujų vamzdis įrengtas ne pagal projekto reikalavimus (neatitrauktas nuo fasado). S. Konarskio g. 16 vietomis fasado apdailinės plokštės sumontuotos paliekant skirtingo pločio tarpus tarp plokščių.

Vyturio g. 25 rūšio lubos apšiltintos akmens vatos plokštėmis, nors projekte numatyta rūšio lubų apšiltinimas poliuretano putomis 60 mm su tinko apdaila.

#### **4.4 Įgyvendintų priemonių statybos defektų įvertinimas, atliktų statybos darbų konstrukcinių sprendimų atitikimo techninių normatyvinių dokumentų reikalavimams nustatymas, aprašymas ir rekomendacijų darbų kokybei gerinti pateikimas**

Atsižvelgiant į nustatytus statybos defektus, kurie detaliam aprašyti šio akto 6 punkte, darbų kokybės gerinimui rekomenduojama:

- 1) prieš rengiant tokio tipo projektus, atlikti statinio konstrukcijų tyrimus, kas leistų įvertinti esamą pastato būklę ir tinkamai parinkti projektinius sprendinius;
- 2) įgyvendinant tokio tipo projektus, parinkti reikiamą kvalifikaciją turinčius rangovus;
- 3) atliekant techninės priežiūros darbus, griežčiau kontroliuoti įgyvendinamų sprendinių kokybę.

#### **4.5 Rekomendacijos dėl pastato naudojimo (eksploatacijos), siejant su įgyvendintomis priemonėmis**

Eksploatuojant pastatus, svarbu laiku šalinti atsirandančius defektus. Minėtų projektų atvejais – reikalinga pašalinti jau užfiksuotus defektus:

- 1) stebėti stogo dangos būklę ir, atsiradus defektams, juos iš karto šalinti;
- 2) stebėti nuogrindą ir laiku šalinti atsirandančias nuogrindos deformacijas, užtikrinant vandens nuvedimą nuo pastato konstrukcijų.

## 5. IŠVADOS IR REKOMENDACIJOS

- Įvertinus didelius šilumos sąnaudų metodikų traktavimo principus, rekomenduojama Užsakovui ateityje, rengiant Techninę specifikaciją, atsisakyti/pakeisti reikalavimo atlikti palyginamąjį vertinimą pagal STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“.
- Visų daugiabučių šilumos poreikio analizė rodo, kad esant norminėms sąlygoms vidutinis bendras visų namų sutaupymas sudaro 61 % pradinio šilumos poreikio prieš modernizavimą. Didžiausią vidutinę visų 15 daugiabučių dalį sudarė pasyvios priemonės: 48 % sienos, 11 % stogas ir apie 4 % langai. Dėl padidėjusios infiltracijos (atsirado mechaninės vėdinimo sistemos), šilumos poreikis šiek tiek padidėjo.
- Aktyvių inžinerinių sistemų modernizavimo įtaka (ypač šildymo sistemos modernizavimas) labai sunkiai apčiuopiama, nes praktiškai nėra žinoma, kokia mikroklimato padėtis buvo prieš modernizavimą. Saulės kolektorių įtaką bendram pastato šilumos poreikiui sudėtinga atskirti, nes ši priemonė buvo įgyvendinta Jaunimo g. 56, Vyturio g. 25 ir Savanorių pr. 403 daugiabučiuose. Pirmuoju atveju nėra šilumos skaitiklio, o antruoju ir trečiuoju atveju visa sutaupyta šiluma yra priskiriama karšto vandentiekio sistemai. Norint detaliai ir tiksliai įvertinti faktinių saulės kolektorių, šilumos siurblių ar kitų inovatyvių sistemų naudą, būtina įpareigoti įsirengti energijos apskaitą ir bent kelis metus šiuos duomenis kaupti. Šio tyrimo metu buvo susidurta su minėtų sistemų duomenų trūkumu.
- Įvertinus tai, kad skirtinguose projektiniuose dokumentuose pateikiami ne visuomet tikslūs ir galutiniai energijos taupymo priemonių apimčių skaičiai, rekomenduojama ateityje, siekiant tikslesnių stebėsenos rezultatų, unifikuoti duomenų pateikimą apie įgyvendintų priemonių apimtį ir jų kainas. Tai leistų tiksliau prognozuoti ir vertinti atskirų priemonių kainas ir apimtį.
- Objektiviam ir tiksliam pastato modernizavimo efektyvumo įvertinimui reikalingi patikimi ir išsamūs pradiniai duomenys. Šilumos tiekėjų internetiniuose puslapiuose kai kuriais atvejais galima rasti atskiro daugiabučio faktines šilumos sąnaudas šildymui, karštam vandeniui ir pan. Tačiau žinant, kad šis dydis nustatomas ne matavimo, o pagal tam tikrą metodiką, labai norėtusi, kad būtų pateikiami ir kitų dedamųjų dydžiai. Kai kuriais atvejais šilumos sąnaudos prieš modernizavimą buvo gautos tik tiesiogiai užklausus šilumos tiekėją. Tokia duomenų paieška ilgina analizės laiką ir mažina rezultatų patikimumą. Analizę labiau palengvintų tokių duomenų nuolatinis kaupimas ir sistemizavimas.
- Bendra vidutinė investicijų be PVM į energijos taupymo priemones 15 daugiabučių siekė 111 EUR/m<sup>2</sup>. Mažiausios investicijos siekė 58 EUR/m<sup>2</sup> (Jaunimo g. 72), o didžiausios 184 EUR/m<sup>2</sup> (Vyturio g. 25). Tokį skirtumą lėmė kiekvieno namo specifika ir priemonės.

- Sienų šiltinimas sudaro didžiausią investicijų poreikį, jis siekia nuo 34 % iki net 82 % visų modernizavimo projekto investicijų. Antras pagal investicijų poreikį yra šildymo sistemos pertvarkymas ir vėdinimo sistemos įrengimas. Ši priemonė apjungia kelias su šilumos šaltinio ir šildymo sistema susijusias priemones. Jos santykinės išlaidos labai svyruoja priklausomai nuo atliktų darbo apimčių. Daugiausiai šioms priemonėms, t. y. beveik 50 % visų investicijų, buvo skirta Vyturio g. 25 atveju Klaipėdoje. Butų ir kitų patalpų langų keitimas, lauko durų įrengimas ir balkonų ir lodžijų įstiklinimas yra apjungti į vieną bendrą priemonę ir dalinasi trečią-ketvirtą vietą su stogo šiltinimo priemone.
- Įvertinus galimas faktinių šilumos perdavimo koeficientų matavimo tikslumo problemas, Užsakovui rengiant naują Techninę užduotį, rekomenduojama įvertinti galimybę patekti į viršutinį pasato aukštą. Jei name yra tik viena laiptinė, yra didelė tikimybė, kad patekimas į butą bus sudėtingas ir sunkiai suderinamas.
- Vertinant visų 15 pastatų faktinių šilumos perdavimo koeficientų matavimo duomenis galima teigti, kad lango stiklo paketo rodikliai yra labai geri lyginant su statybų metu ir net dabar galiojančiais norminiais rodikliais taikomais C ir B energinio efektyvumo klasei. Vidutinė lango stiklo paketo -  $U_f = 1,19 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  nelabai atsilieka nuo A energinio efektyvumo klasės reikalavimo. Net ir didžiausia išmatuota reikšmė  $U_f = 1,57 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  neviršijo iki 2019 metų galiojusiai C ir B energinio efektyvumo klasės reikšmei  $U_n = 1,61 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . A. Mickevičiaus g. 9 atveju lango stiklo paketo šilumos perdavimo reikšmė buvo geresnė nei to prašoma A energinio efektyvumo klasės pastatui. Įvertinus minėtus apibendrintus duomenis galima teigti, kad esami (ne būtinai modernizavimo metu) pakeisti langai turi geras šiluminės charakteristikas ir atitinka joms keliamus energinio efektyvumo klasės reikalavimus.
- Stogo perdangos ar visos stogo konstrukcijos šilumos perdavimo koeficiento matavimo atveju vidutinė visų 14 daugiabučių namų reikšmė  $U_f = 0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  yra prastesnė nei C ir B energinės klasės reikalavimai  $U_n = 0,17 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Geriausias šis išmatuotas faktinis rodiklis yra A. Mickevičiaus g. 9 daugiabučio atveju. Šis daugiabutis taip pat išsiskiria iš kitų tuo, kad yra vienintelis, kuriam po modernizavimo suteikta A energinio efektyvumo klasė. Visi kiti daugiabučiai turi teorinį C energinio efektyvumo sertifikatą. Apibendrinus galima teigti, kad išmatuotos stogo šilumos perdavimo koeficiento reikšmės yra šiek tiek prastesnės, nei to reikalaujama norminiuose dokumentuose C energinio efektyvumo klasei, tačiau įvertinus galimą didesnę paklaidos tikimybę, šį teiginį reikėtų vertinti gana rezervuotai. Tikėtina, kad bendram stogo šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimui (parenkant šiluminės izoliacijos storį) rengiant techninį projektą, gali turėti įtakos netinkamas jau esamo stogo konstrukcijos šiluminės charakteristikos vertinimas.

- Sienos šilumos perdavimo koeficiento vertinimo atveju vidutinė visų 15 daugiabučių namų reikšmė  $U_f = 0,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  yra prastesnė nei C ir B energinės klasės reikalavimai  $U_n = 0,21 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ . Tik kelių daugiabučių išmatuotų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės atitiko arba buvo artimos C ir B energinio efektyvumo klasės reikalavimams. Absoliučiai geriausias šis rodiklis yra A. Mickevičiaus g. 9 atveju ( $U_f = 0,11 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ). Tikėtina, kad įvertinus išmatuotas šio daugiabučio šiluminės charakteristikas, gali būti pasiekta ir aukštesnė nei deklaruojama A energinio efektyvumo klasė.
- Apibendrinant visų išmatuotų atitvarų šilumos perdavimo koeficientų dydžius, galima teigti, kad langų charakteristikos yra geresnės, nei yra reikalaujama pagal energinę naudingumo klasę. Stogo ir sienos rodikliai yra šiek tiek prastesni, nei to reikalauja norminiai dokumentai. Šio tyrimo metu faktiniai šilumos perdavimo koeficientai kiekviename name buvo matuojami tik viename taške, todėl įvertinus gerus langų rezultatus, galbūt siekiant didesnio patikimumo, vertėtų sienų charakteristikas matuoti bent dvejuose taškuose.
- Analizuotų 15 daugiabučių patalpų vidaus temperatūrų vidurkiai beveik visais atvejais viršijo  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  ribą. Tik Vytauto g. 96 atveju šis vidurkis buvo  $19,6 \text{ }^\circ\text{C}$ . Visais atvejais tai rodo, kad patalpose temperatūra viršijo žemutinę norminę  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  ribą. Vidutinė visų matavimų patalpų temperatūra buvo  $21,1 \text{ }^\circ\text{C}$ . Tik 1,5 % visų matavimų temperatūros buvo žemiau  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  normatyvinio rodiklio. Tuo tarpu net 26,3 % matavimų viršijo  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  ribą. Likusi dalis matavimų – daugiau nei 72 % pateko į  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  -  $22 \text{ }^\circ\text{C}$  norminį intervalą. Tai rodo, kad patalpose užtikrinamas aukštas temperatūros lygis. Po modernizavimo gyventojai linkę palaikyti aukštesnę patalpų temperatūrą, artimą komforto temperatūroms (nuo  $20 \text{ }^\circ\text{C}$  iki  $24 \text{ }^\circ\text{C}$  ribose, net 88 % visų matavimų). Ši išmatuotų temperatūrų analizė rodo, kad nustatyta žemutinė norminė  $18 \text{ }^\circ\text{C}$  temperatūra yra per žema ir neužtikrina trokštamų mikroklimato sąlygų.
- Duomenų analizė rodo, kad galima identifikuoti šią tokį energijos taupymo potencialą, juntamai nesumažinant komforto sąlygų. Vidutiniškai skaičiuojama, kad sumažinus patalpų vidaus vidutinę temperatūrą  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ , galima sutaupyti iki 5 % šilumos. Pokalbiai su gyventojais rodo, kad ne visi gyventojai žino, kaip reikia elgtis su termostatiniais ventiliais, todėl rekomenduotina modernizavus inžinerines sistemas, ypač įrengus termostatinis ventilius, praveisti trumpus mokymus ir pateikti atmintinę, kaip elgtis su naujais įrenginiais ir kokios yra patalpų temperatūros reguliavimo galimybės.
- Reikėtų atkreipti dėmesį, kad stebėsenos metu atlikti matavimai leidžia gana objektyviai įvertinti mikroklimato padėtį po modernizavimo, tačiau praktiškai nėra jokios informacijos apie faktinę padėtį prieš modernizavimą. Tuomet labai sudėtinga įvertinti pasiektus mikroklimato pokyčius ir objektyviai įvertinti faktinius energinius sutaupymus. Norint

išspręsti minėtą problemą, rekomenduojama įtraukti į Techninę specifikaciją modernizuotų daugiabučių gyventojų anketinę apklausą, kuri leistų įvertinti padėtį prieš modernizavimą.

- Beveik visuose pastatuose vidutinės santykinės drėgmės reikšmės buvo normos (35 %– 60 %) ribose. Šiek tiek sausiau buvo K. Donelaičio g. 30 ir A. Mickevičiaus g. 9 atvejais. Statistinė sukauptų duomenų analizė rodo, kad praktiškai visais atvejais santykinė drėgmė neviršijo viršutinės 60 % ribos, dažniausiai patalpose šis dydis buvo netoli apatinės 35 % ribos. Bendra vidutinė matuotų 15 daugiabučių patalpų santykinė drėgmė per analizuotą laikotarpį sudarė 41,1 % o tai atitinka norminius reikalavimus. Pagal pateiktą duomenų histogramą matyti, kad apie 6,4 % matavimo reikšmių buvo žemiau apatinės normuojamos santykinės drėgmės ribos.
- Apibendrinta duomenų analizė rodo, kad tik 2,7 % matavimo duomenų viršijo viršutinę santykinės drėgmės ribą. Tai geri rezultatai, nes tokiu būdu išvengiama drėgmės kondensavimosi ant šaltų paviršių ir pelėsių susidarymo tikimybė labai sumažėja. Atlikti santykinės drėgmės matavimai rodo, kad tirtuose modernizuotuose daugiabučiuose labiau egzistuoja sauso oro, o ne didelės drėgmės problema.
- Statistinė CO<sub>2</sub> koncentracijos analizė rodo, kad vidutinė reikšmė matavimo metu buvo 1293 ppm, ji viršijo 1000 ppm ribą. Net 63 % matavimo laiko CO<sub>2</sub> koncentracija viršijo 1000 ppm ribą, tai rodo ypač prastą patalpų vėdinimą. Galima teigti, kad visuomet, kai gyventojai buvo patalpoje ir net tuo metu, kai patalpa buvo tuščia, CO<sub>2</sub> koncentracija viršijo norminę ribą. Santykinai geresni rezultatai stebimi A. Mickevičiaus g. 9, Savanorių pr. 403 atvejais. Tai sietina su mechaninės vėdinimo sistemos buvimu ir bent daliniu jos veikimu. Ypač prasta padėtis matavimo metu buvo Tulpių g. 28 atveju, čia CO<sub>2</sub> koncentracija buvo artima pavojaus sveikatai ribose. Kaip matyti iš matavimo duomenų, esamų ištraukimo kanalų išvalymas visiškai padėties negerina.
- Siekiant geriau įvertinti, kuri mechaninio vėdinimo sistema (pagal pasirinktus kriterijus) veikia geriausiai, rekomenduojama Užsakovui atlikti detalesnę, tik vėdinimo sistemų stebėseną/galimybių studiją, atsirenkant rinkoje labiausiai paplitusius jau faktiškai įgyvendintus vėdinimo sistemos modernizavimo būdus. Tokio tyrimo metu galima būtų tiksliau įvertinti faktinius energijos suvartojimus, atgaunamą šilumos kiekį ir pasiekiamą vėdinimo efektą (didesnis patalpų CO<sub>2</sub> koncentracijos matavimas).
- Atlikus pastato išorinių atitvarų termovizinę analizę, galima išskirti šiuos pastebėjimus: termovizinė analizė rodo, kad pastato atitvaros konstrukcinių defektų, kuriems reikėtų skirti ypatingą dėmesį – neturi. Nuotraukose pastebimi ilginiai šilumos tilteliai pastato sienų sandūrose. Praktiškai visi pastatai turi ilginius šilumos tiltelius ir jiems papildomo dėmesio skirti nereikia. Matoma, kad dideli šilumos kiekiai prarandami per natūralaus vėdinimo

kanalus. Siekiant sumažinti prarandamą šilumos kiekį su natūraliu vėdinimu, reikia įrengti mechaninę vėdinimo sistemą su šilumograža.

- Daugeliu atveju pastato šildymo ir karšto vandens vamzdynai yra izoliuoti mineralinės vatos kevalais, kurių išorinis sluoksnis padengtas aliuminio folija. Esant tokiai dangai, termovizorius negali objektyviai įvertinti izoliavimo kokybę.
- Tuo atveju, kai pastatas apšiltintas ventiliuojamu fasadu, kur fasado apdailinės plokštės yra kelių spalvų, termovizinėje nuotraukoje išsiskiria šių plokščių paviršiaus temperatūra, nors fasado konstrukcija ta pati. Šis temperatūrinis skirtumas yra todėl, kad šių plokščių spalvos juodumo laipsnis yra skirtingas, todėl termovizijos duomenys negali būti priimami kaip patikimi.
- Atliekant modernizavimą, rekomenduojama apšiltinti esamus ištraukimo oro kanalus ant stogo. Ši priemonė leidžia sumažinti šalto oro patekimo galimybę į kanalus.
- Basanavičiaus g. 94, K. Donelaičio g. 30, Kauno g. 93, S. Konarskio g. 10, S. Konarskio g. 16, Tulpių g. 28, Raudondvario pl. 188, Savanorių pr. 403, Sukilėlių pr. 87, Vilniaus g. 31, A, Mickevičiaus g. 9, Vytauto g. 96, Vyturio g. 25 įgyvendintų priemonių esama būklė, praėjus 2 metams (2016 m.), o Jaunimo g. 56, Jaunimo g. 72 praėjus 3 metams (2016 m.) nuo projekto įgyvendinimo pakankamai gera. Užfiksuoti tik atskiri defektai, kurie nurodyti šiame dokumente, kuriuos būtina pašalinti. 10 metų laikotarpyje, tinkamai prižiūrint pastato konstrukcijas, įgyvendintų priemonių būklė turėtų išlikti stabili.
- Įgyvendintų priemonių techninės charakteristikos iš esmės atitinka projektinius sprendinius. Prieš rengiant tokio tipo projektus, rekomenduojame atlikti statinio konstrukcijų tyrimus, kas leistų įvertinti esamą pastato būklę ir tinkamai parinkti projektinius sprendinius.
- Atsižvelgiant į nustatytus statybos defektus, kurie detaliam aprašyti šio akto 6 punkte, darbų kokybės gerinimui rekomenduojama:
  - 1) prieš rengiant tokio tipo projektus, atlikti statinio konstrukcijų tyrimus, kas leistų įvertinti esamą pastato būklę ir tinkamai parinkti projektinius sprendinius;
  - 2) įgyvendinant tokio tipo projektus parinkti reikiamą kvalifikaciją turinčius rangovus;
  - 3) atliekant techninės priežiūros darbus, griežčiau kontroliuoti įgyvendinamų sprendinių kokybę.
- Eksploatuojant pastatus svarbu laiku šalinti atsirandančius defektus. Minėtų projektų atvejais – reikalinga pašalinti jau užfiksuotus defektus:
  - 1) stebėti stogo dangos būklę ir, atsiradus defektams, juos iš karto šalinti;
  - 2) stebėti nuogrindą ir laiku šalinti atsirandančias nuogrindos deformacijas, užtikrinant vandens nuvedimą nuo pastato konstrukcijų;

**Projektų ekspertizės apibendrinti pastebėjimai ir rekomendacijos**

- Daugelyje daugiabučių projektų Nebuvo atlikta projekto bendroji ekspertizė, nenurodyti pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės iki atnaujinimo, neaišku, ar numatytais sprendiniais bus pasiekta nematyta energinio naudingumo klasė, nepateiktas projekto (sprendinių) energinio naudingumo sertifikatas.
- Neaišku, kiek įgilintas cokolio apšiltinimas. Neapšiltinta rūsio perdanga. Neaišku kaip bus pasiekta norminė pirmo aukšto patalpų temperatūra.
- Keičiamų langų montavimo sprendiniuose pagal brėžiniuose nurodytą konstrukciją neišvengiamos problemos dėl šalčio „tilto“. Rekomenduojama langus montuoti apšiltinimo sluoksnyje, panaudojant ankerius.
- Techninėse specifikacijose pateiktos nuorodos į negaliojančius dokumentus. Pastato išorės atitvarų šilumos perdavimo koeficientų skaičiavimai atlikti pagal negaliojusį norminį dokumentą. Kai kuriais atvejais šilumos perdavimo koeficiento skaičiavimuose neįvertinti tvirtinimo elementai ir jų įtaka skaičiuojamam rodikliui.
- Projekte nėra numatyta fasado sienų valymas nuo kerpių, dumblių, nenumatytas dezinfekavimas prieš įrengiant fasadą.
- Aiškinamajame rašte nepateiktas esamų statinio konstrukcijų ir jų elementų būklės įvertinimas, jų atitikimas normatyvinių dokumentų reikalavimams.
- Projekte nepateikti skaičiavimai ir sprendiniai - balkonų atitvarų tvirtinimas, apšiltinimas, įstiklinimas.
- Kai kurių pastatų stogo planuose neaiškūs nuolydžiai, vandens surinkimo latakai, jų nuolydžiai, vandens nuvedimas nuo techninių patalpų.
- Praktiškai visų projektų atveju nepateikta pagal STR 1.05.06:2010, 8 priedo, p. 21.1.2. reikalavimus, pagrindiniai motyvai, pagrindžiantys projektinius sprendinius, informacija ir sprendinių duomenys:
  - -šildymo sistema: statinis, darbinis slėgiai, sistemos tūris, cirkuliacinis debitas;
  - -šilumos įvadas (apskaita, šilumos įvado charakteristikas).

Šios pastabos apimančios projektinius rodiklius galioja ir vandentiekio šilumos tiekimo tinklų ir dujotiekio tinklų projektams.

- Nepateikta šildymo sistemos funkcinė schema su joje nurodytomis šildymo prietaisų šiluminėmis galiomis ir šilumnešio debitais. Nenurodytos perskaičiuotos šildymo prietaisų projektinės galios prie projektinių šilumnešio temperatūrų.
- Vėdinimo kanalų valymas ir dezinfekcija. Nepateikta technines specifikacijas vėdinimo kanalų valymo, dezinfekavimo ir biologinio apdorojimo priemonės. Daugiabučių gyvenamųjų namų vėdinimo kanalus galima dezinfekuoti 2 produktų tipo biocidiniais produktais ir turinčiais NVSC išduotus biocidinių produktų autorizacijos liudijimus. Nepateikti

reikalavimai: atsargumo ir saugos priemonėms darbui su biocidinis dezinfekcijos preparatais; įmonei atliekančiai dezinfekcijos darbus; dezinfekcijos darbų pridavimui ir atliktų darbų dokumentacijos pateikimui. Nepateikti naudotinių biocidinių preparatų saugos lapai.

- Neaišku, kur numatytas saulės kolektorių išdėstymas.
- Įrengiant šilumos siurblių nenurodytos gręžinių ir vamzdynų apsaugos zonos. Nėra vamzdynų charakteringų taškų koordinacijų ir numeracijų. Nėra altitudžių, matmenų. Pateiktas brėžinys niekinis. Nepateikta geoterminių zondų spindulių jungiamojo kolektoriaus brėžinys, gabaritiniai matmenys. Nepateikti įvado į pastatą sprendiniai, vamzdynas iki vidaus įrangos.
- Nenurodyta projektinis metinis šilumos kiekis iš atsinaujinančių šilumos šaltinių

## 6. LITERATŪRA

- Guerra-Santin, O., Boess, S., Konstantinou, T., Romero Herrera, N., Klein, T., & Silvester, S. (2017). Designing for residents: Building monitoring and co-creation in social housing renovation in the Netherlands. *Energy Research & Social Science*, 164-179. <https://doi.org/10.1016/j.erss.2017.03.009>
- Hamid, A. A., Farsater, K., Wahistrom, A., & Wallenten, P. (2018). Literature review on renovation of multifamily buildings in temperate climate conditions. *Energy and Buildings*, 172, 414-431. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.04.032>
- Higienos normos (2009). HN 42:2009. *Gyvenamuju ir visuomeniniu pastatu patalpu mikroklimatas*. International energy agency (2018). *World balance (2015)*. Retrieved from <https://www.iea.org/Sankey/#?c=World&s=Final%20consumption>.
- Kuusk, K., & Kalamees, T. (2016). Estonian Grant Scheme for Renovating Apartment Buildings. *Energy Procedia*, 96, 628-637. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.09.113>
- La Fleur, L., Moshfegh, B., & Rohdin, P. (2017). Measured and predicted energy use and indoor climate before and after a major renovation of an apartment building in Sweden. *Energy and Buildings*, 146, 98-110. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.04.042>
- Lambie, E., Senave, M., Van de Vyner, I. & Saelens, D. (2017). Experimental analysis of indoor temperature of residential buildings as an input for building simulation tools. *Energy Procedia*, 132, 123-128. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.657>
- Lietuvos statybos techninis reglamentas (2016). *STR 2.01.02:2016: Pastatu energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas*.
- Lietuvos statybos techninis reglamentas (2005). *STR 2.09.02:2005. Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas*.
- Loga, T., Stein, B., & Diefenbach, N. (2016). TABULA building typologies in 20 European countries-Making energy-related features of residential building stocks comparable. *Energy and Buildings*, 132, 4-12. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778816305837?via%3Dihub>
- Martinaitis, V., Kazakevičius, E., & Vitkauskas, A. (2007). A two-factor method for appraising building renovation and energy efficiency improvement projects. *Energy Policy*, 35, 192-201. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2005.11.003>
- Martinaitis, V.; Biekša, D.; Rogoža, A.; Savickas, R. 2015. Quantitative estimation of improvements in the efficiency of district heating substation control system, *Building Services Engineering Research and Technology*, 36(4): 455–468. doi: 10.1177/0143624414558951.
- Martinaitis, V.; Rogoža, A.; Šiupšinskas, G. 2012. *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. doi: 10.3846/1299-S.
- Paraschiv, S., & Paraschiv, L. S. (2017). A review on interactions between energy performance of the buildings, outdoor air pollution and the indoor air quality. *Energy Procedia*, 128, 179-186. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.039>