

## Civil engineering Statybos inžinerija

# PRIENŲ DAUGIABUČIŲ NAMŲ ATNAUJINIMO ANALIZĖ

Justas MATAČIŪNAS , Darius MIGILINSKAS \*

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva*

Gauta 2019 m. spalio 21 d.; priimta 2019 m. spalio 23 d.

**Santrauka.** Dauguma pasaulio šalių, matydamos galimybę būsto sektoriuje sutaupyti energinių išteklių ir kartu gerinti šalies įvaizdį, socialinį gyvenimą bei šalies gyventojų gyvenimo komforto lygį, stengiasi skatinti ir prisidėti prie būsto atnaujinimo, tiksliau, prie daugiabučių namų atnaujinimo. Valstybės rengia būsto energijos taupymo programas, kurios yra gana sudėtingos ir jungia valstybės institucijas, finansavimo įstaigas, rangovus, projektuotojus, techninius prižiūrėtojus bei gyventojus. Svarbu, kad būsto atnaujinimo programa būtų išsami, aiški ir patraukli būsto savininkams, nuo to priklauso atnaujinimo sėkmė ir šalies daugiabučių atnaujinimo mastas. Šiame straipsnyje bus atlikta penkių daugiabučių namų, esančių J. Brundzos g., Prienuose, atnaujinimo darbų rezultatų daugiakriterė analizė, tikrinamas investicinių projektų tikslumas, faktinis sutaupytos energijos kiekis ir analizuojamos gyventojų nuomonės apie atnaujinimo procesą.

**Reikšminiai žodžiai:** daugiabučių namų atnaujinimas, investicinis projektas, energinis efektyvumas, daugiakriterė analizė, COPRAS.

## Įvadas

Energijai brangstant, mažėjant neatsinaujinantiems energijos ištekliams ir didėjant išskiriamam CO<sub>2</sub> kiekiui, neefektyvus energijos suvartojimas tampa vis aktualesnė problema. Išskiriamos dvi šios problemos sprendimo kryptys: energijos suvartojimo mažinimas ir atsinaujinančios energijos išteklių didinimas. Abi kryptys yra geros ir siektinos, bet energijos taupymas, atnaujinant gyvenamuosius pastatus, yra šešis kartus efektyvesnis nei atsinaujinančių energijos šaltinių, t. y. saulės elektrinių, vėjo jėgainių statyba (Camlibel, 2018). Lietuvoje atnaujinimo procesas vis dar vyksta lėčiau, nei tikėtasi, kuriant paramos programą reikia nustatyti pagrindinius kriterijus, skatinančius šį procesą bei lemiančius daugiabučio namo atnaujinimo efektyvumą, ir gautomis išvadomis vadovautis rengiant naujus atnaujinimo projektus, kad būtų pasiekta maksimali atnaujinimo proceso nauda.

Lietuvoje 2004 m. patvirtinta daugiabučių namų modernizacijos programa daug kartų keitėsi, nes atsirado naujų atnaujinimo procesų, technologijų, įstatymų ir statybos reikalavimų. Tuomet pastatų atnaujinimas buvo nauja sritis ir dėl to kiekviename jo įgyvendinimo etape atsirasdavo klaidų, kurias nuolat buvo bandoma spręsti, keičiant kompensuojamos dalies dydį, sąlygas, reikalavimus. Šis procesas tęsiasi iki šių dienų ir dar nėra aišku,

kokius tiksliai reikia priimti sprendimus, kad ateityje turėtume savaime veikiančią sistemą, kurioje būtų aiškus kiekvienos situacijos sprendimo būdas. Būsto energijos taupymo agentūros atliekami atnaujintų pastatų energiniai auditai nėra išsamūs, neatskleidžia tikrosios atnaujinimo naudos, nepagrįstas projektuotojų rengiamas investicinių projektų darbo kiekių ir būsimų sutaupytos energijos skaičiavimų tikslumas. Norint įvertinti įgyvendintų atnaujinimo projektų sėkmę, reikia pasirinkti kiekybinius ir kokybinius vertinimo rodiklius, pagal kuriuos būtų galima palyginti projektus tarpusavyje. Tam taikomi daugiakriteriniai vertinimo metodai, kuriais nustatomas kiekvieno rodiklio reikšmingumas ir geriausiai juos tenkinantis variantas.

## 1. Tyrimo objektas

Daugumoje literatūros šaltinių randamos panašios atnaujinimo sąvokos apibrėžtys. Jose akcentuojami patobulinimo, pagerinimo procesai, kurie seniems ir šių dienų reikalavimų ar poreikių neatitinkantiems daiktams suteikia papildomas savybių ar funkcijų (Camlibel, 2018). Atlikus pastatų atnaujinimo darbus, jie pritaikomi prie šių dienų reikalavimų, pailginamas eksploatavimo laikotarpis ir pagerinama pastate dirbančių ar gyvenančių žmonių aplinkos kokybė (Cattano et al., 2013). Šis atnaujinimo proceso

\*Autorius susirašinėti. El. paštas [darius.migilinska@vgtu.lt](mailto:darius.migilinska@vgtu.lt)

rezultatas atspindi aplinkosauginę, ekonominę, technologinę bei socialinę pažangą visuomenėje. Atnaujinant pastatus taupoma šilumos energija ir mažinama CO<sub>2</sub> emisija, naudojamos šiuolaikiškos bei geresnės fizikines savybes turinčios medžiagos, tvarkoma aplinka (Migilinskas et al., 2016). Apibendrinant galima teigti, jog pastatų atnaujinimas – tai kompleksinis procesas, kuriuo siekiama atnaujinti ir pagerinti pastato ir jo inžinerinių sistemų fizines bei energines savybes, užtikrinti atsinaujinančios energijos šaltinių vartojimą.

Šio darbo objektas – Prienų rajono savivaldybė ir joje atnaujinti penki daugiabučiai gyvenamieji namai adresu J. Brundzos g. 4, 6, 7, 8, 10 (žr. 1 pav.). Siekiama iširti atnaujinimo procesui įtaką darančius veiksniai ir nustatyti efektyviausiai įgyvendintą daugiabučį namą Prienų mieste, J. Brundzos g.

Visi analizuojami daugiabučiai yra vienodų konstrukcijų, t. y. pagrindinės laikančiosios konstrukcijos yra iš silikatinių plytų mūro sienų su surenkamosiomis gelžbetoninėmis perdangų plokštėmis ir dvišlaičiais medinių konstrukcijų stogais. Daugiabučiuose įrengta tinkuojamoji fasado šiltinimo sistema – sienos šiltinamos polistireniniu putplasčiu neoporu EPS70 200 mm, fasado apdaila – dekoratyvinis tinkas, apšiltinami angokraščiai aplink langus ir duris, keičiamos visų langų išorinės palangės, cokolis šiltinamas ne mažiau kaip 1,2 m polistireniniu putplasčiu EPS100 150 mm, cokolio apdaila – klinkerinės plytelės. Taip pat pagal poreikį kiekviename name individualiai seni mediniai langai keičiami naujais plastikiniais, keičiamos tambūro durys ir įėjimo į rūšį durys. Apšiltinama pastato pastogės perdanga, įrengiama garo izoliacija, du termoizoliacijos sluoksniai (150 mm esama termoizoliacija, 200 mm termoizoliacinė mineralinė vata), keičiama esama stogo danga, įrengiama apsauginė tvorelė, pakeičiami seni skardos lankstiniai, lietaus nuvedimo sistema, remontuojami esami vėdinimo kaminėliai, įėjimo į laiptines stogeliai.



1 paveikslas. Vienas iš tyrimo objektų, esančių J. Brundzos g. 4, Prienuose (sudaryta autoriaus)

Figure 1. One of the research objects at J. Brundzos str. 4 in Prienai (created by author)

## 2. Tyrimo problematika, metodologija ir rezultatai

Pagrindinė priežastis, dėl ko pasaulio mokslininkai atliko daug tyrimų energijos suvartojimo tema, yra kylanti pasaulio klimato temperatūra. Šiltnamio efektas – procesas, dėl kurio į atmosferą patekusi trumpųjų infraraudonųjų bangų spinduliuotė šildo klimatą (Collins English Dictionary, 2012). Apskaičiuota, jog pastatai sudaro apie 40 proc. visos ES suvartojamos energijos ir apie 30 proc. ES į atmosferą išmetamo CO<sub>2</sub> kiekio (Wesselink ir Deng, 2009; Migilinskas et al., 2016). Atsižvelgiant į klimato kaitą, didelį senos statybos pastatų kiekį rinkoje ir jų neefektyvų energijos vartojimą, svarbu skatinti gyvenamųjų rajonų atnaujinimą ir suprasti veiksmingo modernizavimo, naujų technologijų diegimo ir atsinaujinančių energijos išteklių taikymo svarbą (Raslanas, Alchimoviene ir Banaitiene, 2011 – cit. iš Lill, Kanapeckiene, Tupenaite ir Naimaviciene, 2017). Jau pastebima, kad kasmet didėja atnaujintų pastatų skaičius ir kai kuriose ekonomiškai išsivysčiusiose šalyse šie pastatai užima apie 50 proc. visų pastatų statybos rinkos (Cattano et al., 2013; Camlibel, 2018), o pagrindinė šios tendencijos priežastis yra didėjanti energijos kaina. Todėl galima prognozuoti, jog dėl didėjančių energijos kainų likę pastatai neišvengiamai turės būti atnaujinti efektyvesniam energijos vartojimui (Foley, 2012; Migilinskas et al., 2016).

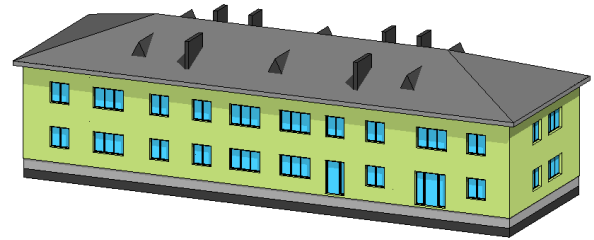
Beveik pusė Lietuvos gyventojų gyvena daugiabučiuose namuose, kurie sudaro tik 7,3 proc. visų gyvenamųjų pastatų skaičiaus, bet užima 46 proc. viso gyvenamojo būsto ploto (Valstybės įmonė Registrų centras, 2018). Dižioji šių daugiabučių dalis yra 3–5 aukštų pastatai, statyti iki 1990 m. iš mūro ar surenkamųjų gelžbetoninių konstrukcijų bei valdomi fizinių asmenų nuosavybės teise. Todėl siekiamas tikslas atnaujinti energiškai neefektyvius daugiabučius namus, kurie užima beveik 50 proc. viso gyvenamojo būsto ploto, yra logiškai pagrįstas. Iki 1990 m. statyti daugiabučiai gyvenamieji pastatai šiandien yra nusidėvėję tiek morališkai, tiek fiziškai. Jų šildymui, priežiūrai ir tinkamai eksploatacijai užtikrinti skiriama vis daugiau finansinių išteklių. Taip pat dauguma šių daugiabučių turi prastas vėdinimo sistemas, kurios neužtikrina reikiamos oro kaitos butuose.

Siekiant įvertinti atnaujinimo programos naudą, BETA atlieka atnaujintų (modernizuotų) daugiabučių namų energinio audito ir įgyvendintų priemonių ekspertizės ataskaitas. Pagrindinis energinio audito tikslas – įvertinti įgyvendintų atnaujinimo priemonių faktinį energinį efektyvumą bei projektinių sprendinių ir statybos rangos darbų kokybę po daugiabučio namo atnaujinimo 2–5 metų laikotarpiu. Paskutinėje Būsto energijos taupymo agentūros pateiktoje 2015 metų ataskaitoje apskaičiuota, kad šilumos sąnaudos pastatuose bendrai sumažėjo 53 proc. Tačiau šis skaičius neatskleidžia realių daugiabučių namų atnaujinimo programos rezultatų ir sudarytų investicinių projektų tikslumo. 2015 m. buvo iki galo įgyvendinti įvairūs 574 atnaujinimo projektai, o šiame audite parinkta tik 20 projektų, iš kurių 50 proc. buvo įdiegti atsinaujinantys energijos šaltiniai, t. y. modernizuojant sumontuoti saulės

kolektoriai, geoterminiai siurbliai, o tai turi įtakos pastato energinės klasės skaičiavimams ir galutiniam energijos sutaupymui. Vertindami tik sėkmingai įgyvendintus projektus ir tik iš 3,5 proc. visų turimų duomenų negalime daryti išvados apie visus 2015 m. įgyvendintus daugiabučių namų atnaujinimo projektus ir juose sutaupomos energijos kiekį taikyti likusiems 96,5 proc. projektų. Audito metu lyginamos dvi energijos suvartojimo fazės: faktinis energijos suvartojimas šildymui ir išlaidos prieš atnaujinimo darbus ir po atnaujinimo darbų, tačiau nėra tikrinamas ir palyginamas investiciniuose projektuose teoriškai apskaičiuotas šilumos energijos sutaupymo tikslumas, kuriuo vadovaujantis buvo priimtas sprendimas modernizuoti pastatus. Lieka neaišku, ar įgyvendintų investicinių projektų skaičiuojamieji sutaupomos energijos kiekiai atitinka faktiškai sutaupomos energijos kiekius ir koks yra šių skaičiavimų tikslumas. Taip pat šiame audite nepateikiama informacija apie atnaujintų pastatų patalpų oro kokybę, o iš gautų rezultatų sunku nustatyti, dėl kokių priemonių sutaupomas didesnis ar mažesnis energijos kiekis.

Kadangi sprendimas atnaujinti pastatus pagrįstas tik teoriniais skaičiavimais, svarbu, jog projektavimo etapas būtų kuo tikslesnis, o tam galėtų padėti kuriami atnaujinamų pastatų informaciniai modeliai, kurie ne tik tiksliai įvertintų darbų kiekius, šalčio tiltelių ilgius, bet ir būtų naudingi tolimesnei pastato eksploatacijai. Straipsnyje apžvelgto tyrimo metodologija apima duomenų rinkimą ir analizę, erdvinių modelių kūrimą ir gyventojų apklausą, taip pat daugiakriterį vertinimą sprendimui priimti.

Vienas tiksliausių būdų nustatyti pastato realius kiekius – jų automatinis skaičiavimas iš sukurto statinio informacinio modelio. Sukurtas analizuojamų pastatų infor-



2 paveikslas. Pastato J. Brundzos g. 4, Prienuose, informacinio modelio vizualizacija (sudaryta autoriaus)  
Figure 2. Building of J. Brundzos str. 4, Prienai, visualization of information model (created by author)

macinius modelis ir palygintas pastato cokolio šiltinimo plotas, fasado, įskaitant langų angokraščius bei karnizus, šiltinimo plotas, langų ir durų plotas, stogo denginio šiltinimo plotas bei stogo dangos keitimo plotas (žr. 2 pav.). Gauti kiekiai iš informacinio modelio lyginti su pateiktais kiekiais investiciniame projekte ir apskaičiuotas kiekio skirtumas, išreikštas procentais pagal formulę (žr. 1 lentelę):

$$T = \frac{A - B}{A} \cdot 100 \%,$$

čia A – didesnė reikšmė iš dviejų galimų, t. y. investicinio projekto kiekis arba BIM modelio kiekis ( $A > B$ ).

Iš kiekio skirtumų absoliučią reikšmių apskaičiuota vidutinė bendroji kiekų paklaidos reikšmė, kuri nusako daugiabučio namo investicinio projekto statybos darbų kiekų skaičiavimo tikslumą.

Palyginus kiekius galima daryti išvadą, kad tiksliausiai iš nagrinėjamų alternatyvų yra apskaičiuotas

1 lentelė. Atliktų atnaujinimo darbų investicinių projektų ir BIM modelių kiekių palyginimas  
Table 1. Comparison of renovation investment projects and quantities of BIM models

		Cokolio dalies šiltinimas, m <sup>2</sup>	Išorinių sienų šiltinimas, m <sup>2</sup>	Perdangos nešiltintoje pastogėje šiltinimas, m <sup>2</sup>	Stogo dangos keitimas, m <sup>2</sup>	Esamų durų keitimas metalinėmis durimis, m <sup>2</sup>	Skirtumų vidurkiai
J. Brundzos g. 4	IP	194,54	603,50	390,88	490,69	5,00	-
	BIM	134,18	602,22(448,26)	433,18	470,89	4,30	
	Δ, %	31,03	0,21	9,77	4,04	14,00	
J. Brundzos g. 6	IP	185,00	465,00	390,00	400,00	13,80	-
	BIM	168,81	635,27 (469,73)	433,18	470,89	16,00	
	Δ, %	8,75	26,80	9,97	15,05	13,75	
J. Brundzos g. 7	IP	135,0	405,0	250,0	260	8,00	-
	BIM	119,78	525,35 (414,3)	298,36	328,24	6,90	
	Δ, %	11,27	22,91	16,21	20,79	13,75	
J. Brundzos g. 8	IP	110,0	360,0	250,0	260,0	8,00	-
	BIM	89,71	484,62 (371,88)	299,32	325,18	6,90	
	Δ, %	18,45	25,71	16,48	20,04	13,75	
J. Brundzos g. 10	IP	160,0	360,0	250,0	260,0	8,00	-
	BIM	97,33	516,86(382,32)	298,31	328,24	6,90	
	Δ, %	39,17	30,35	16,19	20,79	13,75	

J. Brundzos g. 4 namas, kuris vis tiek turi 11,81 proc. kiekių skaičiavimo paklaidą, o ši paklaida atitinka 15,6 tūkst. eurų nuo projekto įgyvendinimo sumos. Prasčiausiai apskaičiuotas J. Brundzos g. 10 namas, kurio skaičiavimo netikslumas siekia net 24,05 proc., o tai atitinka 23,3 tūkst. eurų sumą. J. Brundzos g. 6 namas turi 14,86 proc. kiekių skaičiavimo paklaidą, kuri atitinka 21,9 tūkst. eurų sumą, J. Brundzos g. 7 namas – 16,99 proc. paklaidą, kuri atitinka 17,9 tūkst. eurų sumą, J. Brundzos g. 8 namas – 18,88 proc. paklaidą, kuri atitinka 18,8 tūkst. eurų sumą. Netikslūs projekto kiekiai ir paslėptos piniginės sumos jau projektavimo etape iškreipia investicinio projekto duomenis, kelia riziką projekto įgyvendinimui ir kokybės užtikrinimui. Investicinio projekto rengimo dalyje reikia tiksliai apskaičiuoti būsimų darbų kiekius, o tai galima greičiausiai padaryti sukuriant pastatų 3D informacinius modelius. Rengiant investicinius planus svarbu iš anksto žinoti, koks yra esamas energijos suvartojimas ir koks jis bus įgyvendinus pasirinktas energinį efektyvumą didinančias priemones. Tai viena iš pagrindinių investicinio projekto dalių, be kurios nebūtų įmanoma apskaičiuoti investicijų atsipirkimo laikotarpio ir projekto atitikimo valstybės nustatytoms sąlygoms dėl atnaujinimo paramos gavimo. Įdomu tai, kad ekspertų apskaičiuotas suvartotos energijos kiekis gerokai skiriasi nuo realių suvartojamos energijos kiekių (žr. 2 lentelę).

Faktiškai suvartotas energijos kiekis nurodytas investiciniame plane labai skiriasi nuo gautų kiekių iš šilumos tinklų tiekėjų. Pastebima, kad J. Brundzos g. 4 pagal apskaičiuotų energinių sertifikatų duomenis prieš ir po atnaujinimo yra sutaupoma net 71,68 proc. energijos, suprojektuota taupyti 57,92 proc., o realiai energijos išteklių taupoma tik 28,81 proc. Panaši situacija ir su likusiais namais: J. Brundzos g. 6 namo ekspertų apskaičiuota nauda siekia 67,68 proc., suprojektuota – 66,77 proc., o realiai sutaupoma 41,88 proc. šilumos energijos, J. Brundzos g. 7

namo ekspertų apskaičiuota nauda – 68,78 proc., suprojektuota – 62,80 proc., realiai sutaupoma – 44,74 proc., J. Brundzos g. 8 namo ekspertų apskaičiuota nauda – 73,66 proc., suprojektuota – 63,51 proc., realiai sutaupoma – 45,10 proc., J. Brundzos g. 10 namo ekspertų apskaičiuota nauda siekia 77,06 proc., suprojektuota – 69,52 proc., o realiai sutaupoma 49,64 proc. šilumos energijos. Dauguma mokslininkų šį užsibrėžtą energijos sutaupymo rodiklių nepasiekiamumą aiškina gyventojų didesnių vidaus patalpų temperatūros palaikymo ir skirtingais gyvenimo įpročiais.

Vykdamas gyventojų apklausą buvo tiesiogiai bendraujama su J. Brundzos g. 4, 6, 7, 8, 10 namų gyventojais. Iš viso buvo kalbinti 48 butų gyventojai, iš kurių apklausoje sutiko dalyvauti 22, t. y. beveik 46 proc. visų gyventojų. Anketą sudarė 10 klausimų su pasirenkamais atsakymo variantais. Atlikus apklausą nustatyta, kad gyventojų nuomonė apie atnaujinimo procesą šiandien yra teigiama. Jie mato šios programos naudą, drąsiai rekomenduotų dalyvauti joje kitiems ne tik dėl sutaupomos energijos, bet ir dėl sukuriamo vidaus patalpų šiluminio komforto bei pagerėjusio oro kokybės. Pagrindiniai šį procesą skatinantys veiksniai yra gyventojų noras gyventi šilčiau ir noras mažinti energijos nuostolius, tačiau tai nėra vienintelė priežastis – jiems rūpi ir aplinka, kurioje gyvena, todėl įvardija išskiriamo CO<sub>2</sub> kiekio mažinimo svarbą bei miesto gatvių estetinę išvaizdą. Nors gyventojai yra patenkinti atliktais atnaujinimo darbais, tačiau pastebi kelis šį procesą stabdančius veiksnius, o vienas pagrindinių yra finansiniai įsipareigojimai bankui. Siekiant, kad šis procesas Lietuvoje vyktų sparčiau, reikėtų peržiūrėti paramos programų finansavimo galimybes ir viešinti sėkmingų projektų pavyzdžius.

Pritaikius COPRAS metodą, nustatyta, kad J. Brundzos g. 8 yra geriausiai įgyvendintas projektas atnaujinimo efektyvumo požiūriu. Šiame name beveik daugiausia

2 lentelė. Teoriškai apskaičiuotos ir faktiškai suvartotos energijos kiekių palyginimas  
Table 2. Comparison of theoretically calculated and actual energy consumption

Daugiabučiai	Duomenų šaltinis	Prieš atnaujinimą, kWh/m <sup>2</sup>	Suprojektuota, kWh/m <sup>2</sup>	Po atnaujinimo, kWh/m <sup>2</sup>	Skirtumas tarp prieš ir po, %
J. Brundzos g. 4	Apskaičiuota ekspertų	280,92	118,21	79,53	-71,68
	Faktiškai suvartota	IP-145,61, Šil.t.duom.-190,93	-	Šil.t.duom.- 135,92	-28,81
J. Brundzos g. 6	Apskaičiuota ekspertų	281,49	93,53	90,97	-67,68
	Faktiškai suvartota	IP-160,95 Šil.t.duom.-190,11	-	Šil.t.duom.- 110,48	-41,88
J. Brundzos g. 7	Apskaičiuota ekspertų	292,61	108,84	91,33	-68,78
	Faktiškai suvartota	IP-201,40 Šil.t.duom.- 225,88	-	Šil.t.duom.- 124,81	-44,74
J. Brundzos g. 8	Apskaičiuota ekspertų	345,04	125,91	90,86	-73,66
	Faktiškai suvartota	IP-163,36 Šil.t.duom.- 221,97	-	Šil.t.duom.- 121,85	-45,10
J. Brundzos g. 10	Apskaičiuota ekspertų	329,44	100,4	75,57	-77,06
	Faktiškai suvartota	IP-169,91 Šil.t.duom.- 217,78	-	Šil.t.duom.- 109,67	-49,64

sutaupoma energijos, pasiekta aukščiausia energinio efektyvumo klasė, trumpiausias investicijų atsipirkimo laikas, geriausia patalpų oro kokybė, tačiau prasčiausiai įvertinta atliktų darbų kokybė. Antrasis pagal efektyvumą yra projektas J. Brundzos g. 10. Šiame projekte daugiausia pakeista langų, vidaus patalpų oro ir šilumos komforto lygis yra vienas geriausių. Prasčiausiai įgyvendintas atnaujinimo projektas yra J. Brundzos g. 4, nors jo atliktų darbų kokybė buvo yra įvertinta aukščiausiais balais ir investicijų dydis mažiausias.

## Išvados

Išanalizavus nustatyta, kad:

- Pagrindinė priežastis, paskatinusi suvartojamos energijos ir išskiriamo CO<sub>2</sub> kiekio mažinimo procesą, yra kylanti klimato temperatūra. Energiškai neefektyvių daugiabučių pastatų energijos sutaupymo potencialas vis dar nėra maksimaliai išnaudojamas ir atnaujinimo procesas stringa. Palyginus pastatų atnaujinimo mastą Lietuvoje ir kitose užsienio šalyse bei atliktus atnaujinimo darbus nustatyta, kad atnaujinimo procesas kai kuriose šalyse, kaip ir Lietuvoje, dar tik prasideda ir ateities tikslas – didinti šių darbų apimtį. Dažniausiai taikomos energinį efektyvumą didinančios priemonės yra išorinių atitvarų šiltinimas, langų keitimas, šildymo sistemos modernizavimas ar keitimas, tačiau ieškoma ir naujų inovatyvių alternatyvų, kurios didintų šio proceso efektyvumą. Išanalizavus atnaujinimo procedūras nustatyta projektavimo ir energinio audito darbų etapų svarba tolesniuose etapuose.
- Projektavimo etape pritaikius BIM modeliavimą būtų tiksliau įvertinami statybos darbų kiekiai, išvengiama klaidų dar ankstyvame projekto etape, o modelis galėtų būti ir toliau naudojamas eksploatuojant pastatą bei registruojant ir analizuojant suvartotos energijos kiekius. Tačiau šiam modeliui taikyti dažnai trukdo duomenų trūkumas ir prasta darbuotojų kvalifikacija.
- IP atsipirkimo laikotarpio skaičiavimo metodas pagrįstas sutaupomos energijos skirtumu ir sprendimą gyventojai priimta vadovaudamiesi tik teorinių skaičiavimų rezultatais. Apskaičiuotas būsimas energijos sutaupymo dydis yra netikslus ir klaidina priimant sprendimą atsinaujinti, todėl vis dar lieka neaišku, kokias tiksliai priemones pritaikius būtų gaunami norimi sutaupyti kiekiai ir šie duomenys nėra analizuojami praktiškai.
- Gyventojai patenkinti savo namo atnaujinimo rezultatais ir rekomenduotų kitiems dalyvauti atnaujinimo programoje. Kaip pagrindinius šį procesą skatinančius veiksnius jie išskyrė norą gyventi šilčiau ir norą mažinti energijos nuostolius, o stabdančius – finansinius įsipareigojimus bankui. Gyventojai pastebi ne tik ekonominę atnaujinimo naudą, bet ir ekologinę, aplinkosauginę, pridėtinę vertę gyvenimo kokybei, gyvenamajai aplinkai. Siekiant, kad šis procesas Lie-

tuvoje vyktų sparčiau, reikėtų peržiūrėti paramos programų finansavimo galimybes ir aktyviau viešinti sėkmingų projektų pavyzdžius.

- Siekiant nustatyti tyrimo objektų įgyvendinimo efektyvumą buvo išskirta 12 vertinimo kriterijų: faktiškai sutaupomos energijos kiekis, investicijų dydis, vėdinimo sistemos įrengimas, investicijų atsipirkimo laikas, investicinių projektų darbų kiekių tikslumas, keičiamų langų dalis, metinis išmetamų CO<sub>2</sub> kiekio sumažinimas, pasiekta energinio efektyvumo klasė, atnaujinimo nauda gyventojams, atliktų darbų kokybė, vidaus patalpų šiluminio komforto lygis ir oro kokybė.
- Atlikus daugiakriterę analizę, COPRAS metodu apskaičiuota, kad efektyviausias yra J. Brundzos g. 8 pastatas, antras pagal efektyvumą – J. Brundzos g. 10, trečias – J. Brundzos g. 6, ketvirtas – J. Brundzos g. 7, o mažiausiai efektyvus – J. Brundzos g. 4. Tyrimo metu ekspertai didžiausius reikšmingumus skyrė atliktų darbų kokybės, faktiškai sutaupomos energijos kiekio, vidaus patalpų šiluminio komforto ir ekonominio naudingumo rodikliams.

## Literatūra

- Camlibel, E. M. (2018, April 18). *Sustainability, green buildings, energy efficiency & optimization modelling for investments*. Presentation. Vilnius Gediminas Technical University.
- Cattano, C., Plumblee, J. M., Valdes-Vasquez, R., & Klotz, L. (2013). Potential solutions to common barriers experienced during the delivery of building renovations for improved energy performance: a literature review and case study. *Journal of Architectural Engineering*, 19(special issue), 164–167. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)AE.1943-5568.0000126](https://doi.org/10.1061/(ASCE)AE.1943-5568.0000126)
- Collins English Dictionary. (2012). *British dictionary definitions for greenhouse effect*. <https://www.dictionary.com/browse/greenhouse-effect?s=ts>
- Foley, H. C. (2012). Challenges and opportunities in engineered retrofits of buildings for improved energy efficiency and habitability. *AICHE Journal*, 58(3), 6580667. <https://doi.org/10.1002/aic.13748>
- Lill, I., Kanapeckiene, L., Tupenaite, L., & Naimaviciene, J. (2017). Selection of the insulation materials for refurbishment purposes. *Engineering Structures and Technologies*, 9(2), 1040115. <https://doi.org/10.3846/2029882X.2017.1339296>
- Migilinskas, D., Balionis, E., Džiugaitė-Tumėnienė, R. ir Šiupšinskas, G. (2016). An advanced multi-criteria evaluation model of the rational building energy performance. *Journal of Civil Engineering and Management*, 22(6), 844–851. <https://doi.org/10.3846/13923730.2016.1194316>
- Raslanas, S., Alchimoviene, J., & Banaitiene, N. (2011). Residential areas with apartment houses: Analysis of the condition of buildings, planning issues, retrofit strategies and scenarios. *International Journal of Strategic Property Management*, 15(2), 158–172. <https://doi.org/10.3846/1648715X.2011.586531>
- Valstybės įmonė Registrų centras. (2018). *Lietuvos Respublikos Nekilnojamojo turto registre įregistruoti statinių apskaitos duomenys 2018 m. sausio 1 d.* [http://www.registrucentras.lt/bylos/dokumentai/ntr/stat/STATINIAI\\_20180101.pdf](http://www.registrucentras.lt/bylos/dokumentai/ntr/stat/STATINIAI_20180101.pdf)
- Wesselink & Deng. (2009). *Sectoral Emission Reduction Potentials and Economic Costs for Climate Change (SERPEC-CC)* – Summary report. Wiley-VCH.

## THE ANALYSIS OF MULTI-APARTMENT HOUSE RENOVATION IN PRIENAI

**J. Matačiūnas, D. Migilinskas**

### Abstract

Seeing as an opportunity to save energy in the housing sector, while improving the country's image, social life and comfort, the majority of countries around the world are trying to promote and contribute to the renovation of housing, and more specifically to the renovation of apartment buildings. States are developing housing energy-saving programs that are quite complex and involve public authorities, investors, contractors, designers, technicians and residents. It is important that the home renovation program is comprehensive, clear and appealing to homeowners, and depends on the success of the renovation and the extent of the apartment renovation in the country. This article will conduct a multicriteria analysis of the results of the renovation work on five apartment buildings at J. Brundzos St. in Prienai, verify the accuracy of the investment projects, the actual amount of energy saved and the residents views on the renovation process.

**Keywords:** Multi-apartment house renovation, investment project, energy efficiency, multicriteria analysis, COPRAS.