

SKIRTINGOS KONFIGŪRACIJOS MAŽAENERGIŲ DAUGIABUČIŲ PASTATŲ ENERGIJOS POREIKIŲ TYRIMAS

Giedrė STRECKIENĖ¹, Elena POLONIS²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

El. paštas: ¹giedre.streckiene@vgtu.lt; ²elenapolonis@gmail.com

Santrauka. Norint pasiekti Europos Sąjungos direktyvos 2010/31/EB tikslus dėl pastatų energinio naudingumo, reikia spręsti energijos efektyvumo klausimus naujų ir esamų pastatų srityje. Naujų energinių sprendinių ir technologijų tyrimai bei plėtra būtini norint padidinti pastatų energinį naudingumą. Šiame tyrime modeliuojami ir analizuojami trys mažoenergiški daugiabučiai pastatai. Visi jie sudaryti iš vienodo dydžio butų, tačiau pastatai tarpusavyje skiriasi geometrija, butų skaičiumi ir aukštingumu. Siekiant nustatyti ir išnagrinėti pastatų šilumos, vėsos ir elektros energijos poreikius, naudotasi *DesignBuilder* programa. Visų daugiabučių pastatų atvejais nagrinėjamos trys skirtingos išorės sienų laikančiųjų konstrukcijų medžiagos: silikatiniai, keraminiai ir keramzitetonio blokėliai. Siekiant sumažinti vėsos poreikį pastatuose taip pat buvo analizuojama galimybė sumontuoti vidines arba išorines žaliuzes. Nustatyti sutaupyti pirminės energijos kiekius daugiabučių pastatų atvejais taikant pasyviąsias apsaugas nuo saulės priemones.

Reikšminiai žodžiai: mažoenergiški daugiabutis pastatas, *DesignBuilder*, modeliavimas, pirminė energija, vidinės ir išorinės žaliuzės.

Ivadas

Pirminės energijos (PE) poreikis tiek Europos Sąjungoje (ES), tiek visame pasaulyje didėja. Pastatai – didžiausias energijos vartotojas ES (suvartoja apie 40 % visos energijos) ir daugiausia prisideda prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio susidarymo. Skaičiuojama, kad iš pastatų į atmosferą išmetama apie 36 % visoje ES susidarančio CO₂ kiekio, iš jų 63 % – iš gyvenamųjų namų (Gudzinskas *et al.* 2011).

Naujų pastatų statyba, senų pastatų modernizavimas, jų priežiūra, šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemų rekonstrukcija yra tiesiogiai susiję su energijos vartojimo pastatuose tendencijomis. Ateityje (iki 2020 m. gruodžio 31 d.) numatoma, kad visi naujai statomi pastatai turi būti beveik energijos nevartojančios pastatai. ES valstybės narės turi parengti nacionalinius planus beveik energijos nevartojančių pastatų skaičiui didinti (2010/31/EB direktyva; Štreimikienė, Mikalauskienė 2012).

Atsižvelgiant į didelį energijos poreikį pastatų sektoriuje, susiformavo *mažoenergiško pastato* sąvoka. Tačiau skirtingose šalyse reikalavimai tokiems pastatams apibrėžiami taip pat skirtingai (Allard *et al.* 2013). Paprastai, projektuojant tokius pastatus, reikia atsižvelgti į galimybes gerinti pastatų atitvarų charakteristikas, naudoti energiš-

kai efektyvią įrangą ir koreguoti pastato naudotojų elgesį (Moldovan *et al.* 2014). Pastatų atitvarų veikimas derinamas su pasyviu saulės energijos naudojimu, šešėliavimo galimybėmis, mažinančiomis saulės pritėkiais vasarą, naujų izoliacinių medžiagų taikymu, pvz., su kintančia šilumine inercija ar atspindžio galimybėmis (Katunsky, Lopušniak 2012; Jeanjean *et al.* 2013). Nustatyta, kad administraciniams pastatams su didelio efektyvumo stiklo paketais vidinės apsaugos nuo saulės priemones šiaurės orientacijai Lietuvos sąlygomis taikyti netikslinga. Kitoms orientacijoms – vidinių ir išorinių žaliuzių naudojimas pirminės energijos poreikius gali sumažinti atitinkamai 48 ir 59 % (Motuzienė 2010).

Išorinių žaliuzių, pagamintų iš įvairių medžiagų (metalas, mediena), plokštelių pločio, posvyrio kampo, atstumo tarp plokštelių naudojimas skirtingo klimato šalyse gali apimti skirtingus sprendimus (Datta 2001; Freewan *et al.* 2009; Hammad, Abu-Hijleh 2010; Alzoubi, Al-Zoubi 2010). Kai kuriais atvejais išorinės žaliuzės turi ne tik apsaugos nuo saulės savybių, bet ir šilumos izoliavimo galimybių (Stazi *et al.* 2014). Tiek vertikalios, tiek horizontalios žaliuzės gali padėti užtikrinti komfortišką vidaus patalpų temperatūrą ir taupyti energiją, tačiau šaltesnio klimato

šalyse būtina įrengti automatinio žaliuzių valdymo sistemą norint sumažinti šilumos poreikius (Palmero-Marrero, Oliveira 2010). Bendroju atveju turi būti kompleksiskai sprendžiami energijos poreikiai šildyti, vėsinti pastatus ir dirbtiniam patalpų apšvietimui. Tokiu atveju galėtų būti taikomas dinaminis apsaugos nuo saulės šešėliavimas (Nielsen *et al.* 2011).

Mažaenergių ir beveik energijos nevartojančių daugiabučių pastatų statyba ir eksploatavimas padėtų sumažinti energijos poreikius ir susidarančių teršalų kiekius pastatų sektoriuje, ypač naudojimo laikotarpiu. Paprastai pastato naudojimo laikotarpis atsakingas už beveik 69–83 % visos pastato gyvavimo cikle suvartojamos energijos, o statybos metu suvartojama kiek mažiau nei 25 % (Bastos *et al.* 2014).

Pastatų projektavimo ir ikistatybinio laikotarpio taip pat reikia įvertinti pastato geometriją, nes tai turi įtakos jų energijos poreikiams šildyti, vėsinti ir apšviesti pastatus. Kompaktiškų pastatų statybos metu sutaupoma statybinių medžiagų ir energijos išteklių. Pastačius ne tokį kompaktišką pastatą ir jį naudojant, atsiranda daugiau galimybių išnaudoti atsinaujinančiuosius energijos šaltinius tinkamai orientuojant pastato fasadus. Siekiant išvengti perkaitinimo dėl saulės priteklių pastatuose, rekomenduojama įrengti apsaugines priemones. Atlikta 900 m² gyvenamojo pastato, modeliuojamo Lietuvoje, studija, parodė, kad, esant vienodam įstiklinimo plotui pastate, tačiau skirtingai pastato formai energijos pritekiai (vertinant tik pastato išorės sienas ir langus) per šildymo sezoną gali kisti iki 53 %, arba 5,4 kWh/m² (Parasonis *et al.* 2012).

Atsižvelgiant į ES ir Lietuvos Respublikos energinius tikslus pastatų energinio naudingumo srityje, šiame darbe nagrinėjami trys mažaaenergių daugiabučiai pastatai. Šio tyrimo tikslas – išnagrinėti skirtingos formos ir skirtingų išorės sienų laikančiųjų konstrukcijų mažaaenergių daugiabučių pastatų energijos poreikius, daugiausia dėmesio skiriant šildymui ir vėsinimui. Taip atsižvelgti į galimybę šiuos poreikius sumažinti naudojant apsaugos priemones nuo saulės priteklių: išorines ir vidines žaliuzes.

Nagrinėjami daugiabučiai pastatai

Tyrime modeliuojami trys mažaaenergių daugiabučiai Kauno vietovėje. Du pastatai yra penkių aukštų ir vienas – trijų aukštų. Visų pastatų aukšto aukštis – 2,7 m. Daugiabučiuose planuojami tipiniai butai, skirti gyventi keturių asmenų šeimai. Modeliuojamų pastatų atitvaros atitinka A klasės pastatų atitvaroms keliamus reikalavimus (STR 2.05.01:2013).

Daugiabučių pastatai sukurti iš vienodų vienbučio namo celių, keičiant tik vidinių pertvarų vietą tarp butų. Vidiniai vieno buto matmenys buvo laikomi pastovūs – 9×9 m. Nagrinėjamų pastatų planai pateikiami 1 pav., o pagrindinės charakteristikos – 1 lentelėje.

Tyrime nagrinėjami trys išorinių sienų laikančiųjų konstrukcijų variantai:

- *A variantas*: silikatiniai blokeliai, kurių matmenys – 250×238×248, tankis $\rho = 1400 \text{ kg/m}^3$, šilumos laidumo koeficientas $\lambda = 0,58 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Visos išorės sienos konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $U = 0,111 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- *B variantas*: keraminiai blokeliai, kurių matmenys – 300×248×238, $\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,19 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Visos sienos konstrukcijos $U = 0,096 \text{ W/(m}^2\text{K)}$;
- *C variantas*: keramzitbetonio blokeliai, kurių matmenys – 495×195×(200, 250, 300), $\rho = 650 \text{ kg/m}^3$, $\lambda = 0,18 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$. Visos sienos konstrukcijos $U = 0,096 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.

1 lentelė. Pagrindinės daugiabučių pastatų charakteristikos
Table 1. The main characteristics of multi-dwelling buildings

Charakteristika	1 pastatas	2 pastatas	3 pastatas
Šildomas plotas, m ²	1639,63	5463,00	6023,72
Aukštų skaičius	3	5	5
Pastato ilgis pagal išorinius matmenis, m	29,07	48,11	86,18
Pastato plotis pagal išorinius matmenis, m	21,77	35,49	19,55
Butų skaičius	15	45	60
Fasadų ir šildomo ploto santykis	0,57	0,53	0,63

Visų daugiabučių su skirtingomis laikančiosiomis konstrukcijomis išorės sienų storis sudaro 0,57 m. Akmens vata PAROC FAS B ($\lambda = 0,036 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$) naudojama kaip šiluminė izoliacija visų išorės sienų konstrukcijų atvejais.

Tyrimo eiga ir pagrindinės prielaidos

Daugiabučių pastatų šilumos, naudojamos šildyti ir vėdinti, vėsos ir elektros poreikiai modeliuojami *DesignBuilder* programa (DesignBuilder 2014). Ši programa tinka modeliuoti pastato konstrukcijoms apibrėžiant jų fizines ir šilumines savybes bei gauti visus pastato energijos poreikius atitinkamoje vietovėje (Wasilowski, Reinhart 2009; Motuzienė 2010). Modeliuojant įvertinti šilumos nuostoliai per pastato atitvaras, vidiniai ir išoriniai šilumos pritekiai bei infiltracija.



1 pav. Pastatų Nr. 1, 2 ir 3 tipinių aukštų planai
Fig. 1. Typical floor plans of buildings 1, 2 and 3

Infiltracija daugiabučiuose yra $0,6 \text{ h}^{-1}$ esant 50 Pa pertekliniam slėgiui pastate. Gyvenamuosiuose pastatuose numatomos mechaninės vėdinimo sistemos su galimybe atgauti šilumą.

Šilumos atgavimo įrenginio sezoninis efektyvumas – $0,7$. Numatyta, kad nuo pirmadienio iki penktadienio $8:00\text{--}18:00$ val. žmonių nebus namuose. Pagal šį grafiką vėdinimo sistema veikia arba neveikia ir temperatūra pažeminama $2 \text{ }^\circ\text{C}$, kai žmonių nėra namie. Temperatūra žeminama ($2 \text{ }^\circ\text{C}$) visose butų patalpose išskyrus vonios patalpas nesant žmonių numatytu laiku butuose.

Skirtingos paskirties patalpų temperatūros parenkamos naudojantis higienos normomis (HN 42:2009). Numatomas šildymo sistemos tipas – radiatorinis. Vasarą pastatuose numatytas aktyvus vėsinimas. Modeliuojant tariama, kad vėsos gamybos įrenginio efektyvumo koeficientas (COP) $3,0$. Vasarą neleidžiama, kad patalpose būtų daugiau nei $26 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūros.

Šilumos pritekiai iš vidinių šilumos šaltinių: nuo žmonių, kompiuterių (3 W/m^2), spausdintuvų ir kitos įrangos (1 W/m^2), apšvietimo (1 W/m^2), virtuvėje – šiluma, išskiriama ruošiant maistą (10 W/m^2). Tariama, kad butuose naudojamos LED taupiosios lemputės.

Bute suvartojamo karšto vandens kiekis priklauso nuo gyventojų įpročių, jų gyvenimo būdo, socialinių, ekonominių ir kultūrinių veiksnių. Karšto vandens poreikiai nustatomi tarus, kad vienas žmogus per mėnesį suvartoja vidutiniškai $1,1 \text{ m}^3$ karšto vandens. Karšto vandens paruošimo temperatūra – $55 \text{ }^\circ\text{C}$. Atsižvelgiant į galimus vandens (karšto ir šalto) temperatūros svyravimus, imama 51 kWh norint paruošti 1 m^3 karšto vandens (Gudzinskas *et al.* 2011).

Svarbi aprūpinimo karštu vandeniu ypatybė ta, kad šiluma karštam vandeniui pašildyti sudaro tik dalį šios paslaugos šilumos poreikių. Šiluma reikalinga dar ir karšto vandens tiekimo sistemai, kuri savo ruožtu susijusi su vonios patalpos pašildymu ir temperatūros karšto vandens sistemoje palaikymu (Gudzinskas *et al.* 2011). Todėl skaičiuojant įvertinami ir šilumos nuostoliai karšto vandens ruošimo sistemos vamzdynuose taikant STR 2.01.09:2012.

Tyrime nagrinėjami ne tik trys skirtingi daugiabučiai su skirtingomis išorinių sienų charakteristikomis, bet ir galimybės sumažinti vėsos poreikius vasarą:

- Bazinis variantas – kai pastate nėra papildomos apsaugos nuo saulės pritekčių.
- Langų vidinių žaliuzių įrengimas.
- Išorinių didelio saulės atspindžio, automatinių langų žaliuzių įrengimas.

Pirmojo pastato nagrinėjimų variantų sudarymo tvarka pateikta 2 lentelėje. Antrojo ir trečiojo daugiabučių pastatų variantai sudaromi analogiškai.

2 lentelė. Pirmojo pastato variantų sudarymas

Table 2. The formation of alternatives to the first building

Išorės sienos laikančioji konstrukcija	Apsauga nuo saulės pritekčių	Žymėjimas
Silikatiniai blokeliai	Nėra – bazinis var.	1.A.1
	Vidinės žaliuzės	1.A.2
	Išorinės žaliuzės	1.A.3
Keraminiai blokeliai	Nėra – bazinis var.	1.B.1
	Vidinės žaliuzės	1.B.2
	Išorinės žaliuzės	1.B.3
Keramzitbartonio blokeliai	Nėra – bazinis var.	1.C.1
	Vidinės žaliuzės	1.C.2
	Išorinės žaliuzės	1.C.3

Pirmasis skaičius reiškia pastato Nr., raidė (A, B arba C) – išorinės sienos konstrukciją, kitas skaičius – apsaugos priemonę nuo saulės.

Nustatant viso pastato PE poreikius ir CO₂ emisijas naudojami PE daugikliai ir CO₂ emisijų daugikliai taikant STR 2.01.09:2012 metodiką. Skaičiuojant tariama, kad šiluma gaunama iš šilumos tinklų (Lietuvos vidurkis $f_{PE} = 1,3$, $M_{CO_2} = 0,29$ kg CO₂/kWh), o perskaičiuojant elektrą į PE tariama, kad tai yra elektros įvairių gamybos būdų vidurkis ($f_{PE} = 2,8$, $M_{CO_2} = 0,6$ kg CO₂/kWh).

Rezultatai ir jų aptarimas

Sumodeliavus nagrinėjimus daugiabučius pastatus, naudojant skirtingas išorės sienų konstrukcijas bei galimybę naudoti / nenaudoti vidinių ir išorinių žaliuzių, nustatytos reikalingos šildymo ir vėsinimo sistemų galios (2 pav.). Šių sistemų normalizuotos (tenkančios 1 m² šildomo ploto) ga-

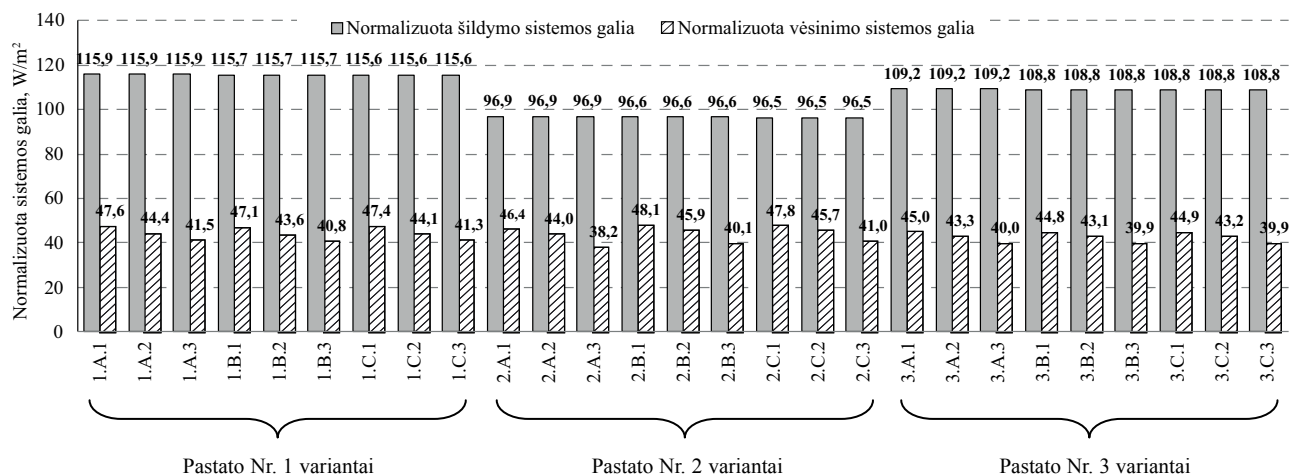
lios atspindi galimas investicijas į skirtingos konfigūracijos pastatų inžinerines sistemas.

Iš grafiko matyti, kad vidinių ir išorinių automatinų žaliuzių įrengimas neturi įtakos šildymo sistemos galiai, tačiau gali labai sumažinti vėsinimo sistemos galią. Įrengus vidines žaliuzes nagrinėjamiems pastatams, normalizuota vėsinimo sistemos galia sumažėja 4–7 %. Sumontavus vidines žaliuzes, normalizuotos vėsinimo sistemos galia labiausiai sumažėjo pastate Nr. 1. Įrengtos išorinės didelio atspindžio žaliuzės leido sumažinti vėsos galią 11–18 %. Labiausiai galia sumažėjo pastate Nr. 2.

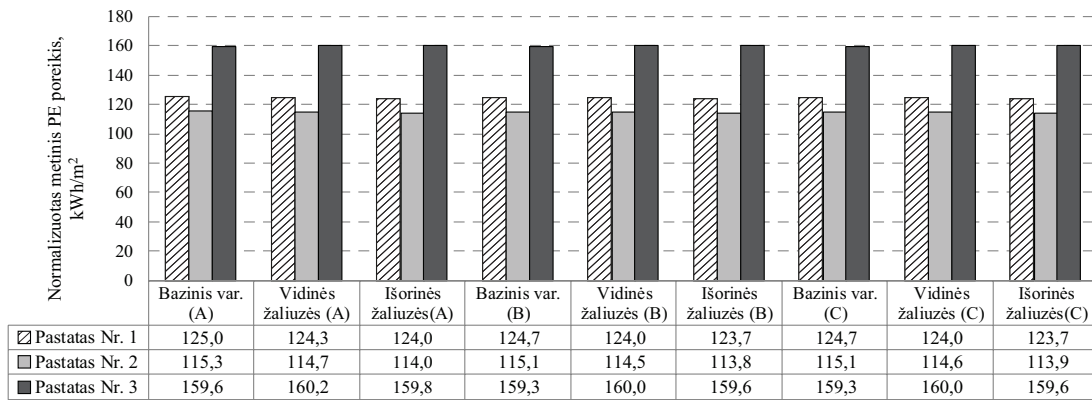
Mažiausia normalizuota visų pastatų šildymo sistemos galia gaunama, kai kaip laikančiosios konstrukcijos naudojami keramzitbartonio blokeliai, o didžiausia – silikatiniai blokeliai. Tačiau šis skirtumas yra labai nedidelis, sudaro tik 0,3–0,4 %, nes išorinių sienų konstrukcijos parinktos taip, kad atitiktų mažaelegiams pastatams keliamus šilumos perdavimo koeficientų reikalavimus. Didžiausia normalizuota šildymo (115,9 W/m²) sistemos galia reikalinga daugiabučiui Nr. 1. Šis pastatas yra trijų aukštų ir mažesnio ploto.

Gauti metiniai normalizuoti PE poreikiai pavaizduoti 3 pav. Šie poreikiai apima: šilumą šildyti ir karštam vandeniui ruošti, elektrą ir vėsą.

PE poreikis ruošti karštą vandenį skirtingiems pastatams sudaro 30–36 %. Tyrime šis poreikis labiausiai priklauso nuo gyventojų skaičiaus pastate, todėl toliau nėra išsamiau nagrinėjamas. PE elektros poreikis (vidaus apšvietimas, vidaus įranga ir ventiliatoriai) daugiabučiuose pastatuose sudaro 34–39 %. Nustatyta, kad PE šildymo poreikis sudaro apie 13–14 % penkiaaukščiuose pastatuose ir apie 23 % – trijų aukštų daugiabutyje. Likusi dalis tenka vėsinimo sistemai (6–23 %). PE poreikio dalis



2 pav. Pastatų normalizuotos šildymo ir vėsinimo sistemų galios
Fig. 2. Normalized heating and cooling capacity of buildings



3 pav. Daugiabučių pastatų normalizuotas metinis PE poreikis
Fig. 3. Normalized annual primary energy (PE) demand for multi-dwelling buildings

vėsos gamybai yra mažiausia, lyginant su PE šildymui, karštam vandeniui ir elektrai pastatuose Nr. 1 ir Nr. 2.

Iš 3 pav. matyti, kad daugiabučio Nr. 3 (turinčio didžiausią fasadų ploto ir šildomo ploto santykį) normalizuotas metinis PE poreikis yra didžiausias, lyginant su daugiabučiais Nr. 1 ir Nr. 2 visais atvejais. Lyginant pastatų Nr. 1 ir Nr. 3 metinį PE poreikį, matyti, kad pastato Nr. 1 PE poreikis mažesnis 22 %. Pastato Nr. 2 metiniai PE poreikiai yra net 28 % mažesni nei pastato Nr. 3. Mažiausias metinis normalizuotas PE poreikis yra pastato Nr. 2, turinčio mažiausią santykį tarp fasadų ploto ir šildomo pastato ploto.

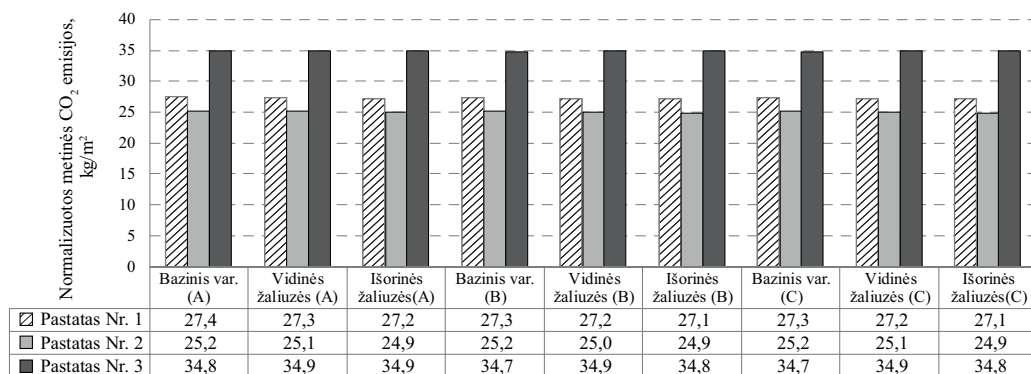
Nagrinėjant skirtingas išorės sienų laikančiąsias konstrukcijas, mažiausias bendras normalizuotas PE poreikis gaunamas naudojant keraminius ir keramzitbetonio blokelius, o didžiausias – silikatinius blokelių. Šis skirtumas susidaro, nes naudojant silikatinių blokelių išorinės sienos konstrukciją, visuminis šilumos perdavimo koeficientas yra kiek didesnis ($U = 0,111 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$) negu kitų nagrinėtų konstrukcijų ($U = 0,096 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$). Sumontuotos vidinės ir išorinės žaliuzės neturi didelės įtakos bendram metiniam normalizuotam PE poreikiui, nes nagrinėjama atvejais

jos sumažina tik vėsos poreikius, o kai kurių pastatų šis poreikis nėra didelis (apie 6 %) ir padidina elektros poreikius (iki 2 %).

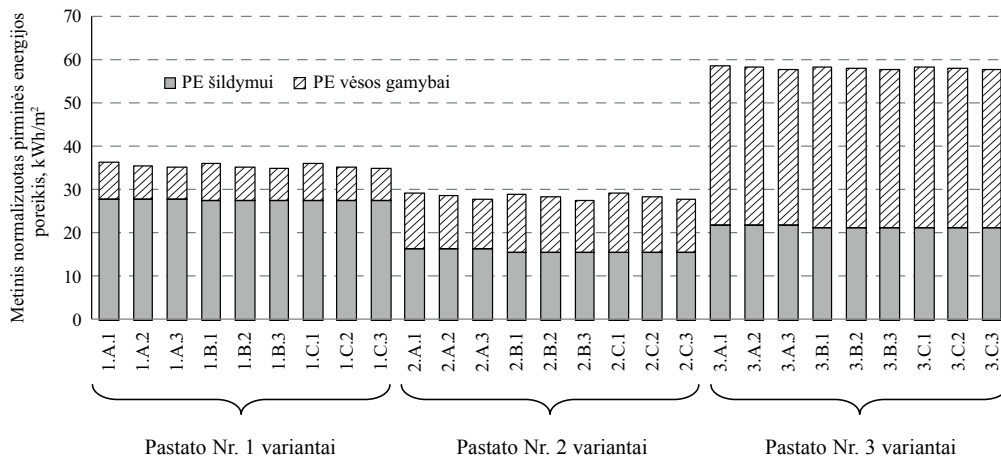
Tiekiant energiją pastatams susidaro CO_2 emisijos, jų kiekiai nagrinėjamiems variantams pateikti 4 pav. Kaip ir PE poreikio atveju, didžiausios normalizuotos CO_2 emisijos gaunamos pastato Nr. 3 atveju (apie $35 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$), o mažiausios – pastato Nr. 2 (apie $25 \text{ kg CO}_2/\text{m}^2$).

PE poreikis tik šildyti ir vėsinti pavaizduotas 5 pav. Galima pastebėti, kad didžiausias metinis normalizuotas PE poreikis šildyti yra daugiabučio Nr. 1, t. y. trijų aukštų pastato, penkiaaukščių pastatų šildymo poreikis mažesnis. Pastato Nr. 2 PE poreikis šildyti mažesnis nei pastato Nr. 3, turinčio didesnę pastato fasadų ploto ir šildomo ploto santykį.

Nagrinėjant PE poreikius gaminti vėšą skirtingiems daugiabučiams, pastebima, kad jie mažėja $0,3\text{--}0,7 \text{ kWh}/\text{m}^2$ įrengus vidines žaliuzes ir $0,7\text{--}1,5 \text{ kWh}/\text{m}^2$ sumontavus išorines žaliuzes. Mažiausi normalizuoti PE vėsos gamybos poreikiai yra pastato Nr. 1, o didžiausi pastato Nr. 3, kurio didelė fasado, turinčio langus, dalis orientuota į pietus, o kitų pastatų fasadų plotai tolygiai pasiskirstę visomis kryptimis.



4 pav. Daugiabučių pastatų normalizuotos metinės CO_2 emisijos
Fig. 4. Normalized annual CO_2 emissions of multi-dwellings



5 pav. Normalizuotas pirminės energijos metinis poreikis šildyti ir vėsinti pastatus
 Fig. 5. Normalized annual primary energy demand for heating and cooling buildings

Nagrinėjant vidinių ir išorinių žaliuzių įtaką vėsos poreikiui, matyti, kad nepriklausomai nuo konstrukcijos pastato vėsinimo poreikis yra mažiausias sumontavus išorines žaliuzes, gerai atspindinčias saulę.

Atliekant ekonominę vidinių ir išorinių žaliuzių įrengimo analizę, laikoma, kad vidinių žaliuzių įrengimas kainuotų 78 EUR/m², o išorinių žaliuzių – 171 EUR/m². Tačiau per 20 metų vertinimo laikotarpį šios priemonės neatsiperka. Todėl šių pasyviųjų energijos taupymo priemonių vertinimas tik ekonominiu požiūriu nenaudingas. Tačiau reikėtų papildomai vertinti komforto pagerėjimą ir stengtis vengti naudoti vėsinimo sistemą gyvenamuosiuose pastatuose konstrukcinėmis ir architektūrinėmis priemonėmis (pastato orientacija, konfigūracija, įstiklinimo plotai, stogeliai ir pan.).

Išvados

1. Vertinant trijų mažaeenergių daugiabučių pastatų normalizuotus pirminės energijos poreikius, nustatyta, kad didžiausią įtaką pastato šildymo ir vėsinimo poreikiams ir šių inžinerinių sistemų galioms turi daugiabučio geometrija, orientacija ir aukštingumas, o ne pasyviųjų priemonių, tokių kaip vidinių ir išorinių automatinių žaliuzių, naudojimas.
2. Nustatyta, kad pastatų, turinčių mažesnę fasadų su šildomu plotu santykį, pirminės energijos poreikiai mažesni. Metinis normalizuotas pirminės energijos poreikis sumažėja 28 %, kai šis santykis pakito nuo 0,63 iki 0,53.
3. Sumodeliavus daugiabučiuose pastatuose vidines ir išorines automatines žaliuzes, nustatyta, kad įrengtos vidinės žaliuzės sumažina 0,3–0,7 kWh/m² pirminės

energijos poreikius per metus ir 0,7–1,5 kWh/m² pirminės energijos poreikius per metus sumontavus išorines automatines žaliuzes, lyginant su atveju, kai nėra naudojamos apsaugos priemonės nuo saulės.

4. Daugiabučių pastatų modeliavimo rezultatų analizė parodė, kad vėsinimo sistemos normalizuota galia (W/m²) gali būti sumažinta 4–7 % naudojant vidines žaliuzes ir 11–18 % – išorines automatines žaliuzes.
5. Atlikus vidinių ir išorinių žaliuzių teikiamą ekonominę analizę, gauta, kad žaliuzių įrengimas vėsos poreikiui mažinti daugiabučiuose pastatuose ekonominiu požiūriu nenaudingas. Todėl turėtų būti pirmiausia nagrinėjamos konstrukcinės ir architektūrinės priemonės, padedančios sumažinti vėsos poreikius.

Padėka

Tyrimą finansavo Lietuvos mokslo taryba (sutarties Nr. ATE-03/2012). Autoriai dėkoja už pagalbą VGTU Civilinės inžinerijos mokslo centro Pastato energetikos ir mikroklimato sistemų laboratorijai.

Literatūra

- 2010/31/EB Europos parlamento ir tarybos direktyva „Dėl pastatų energinio naudingumo“. Briuselis, 2010. 35 p.
- Allard, I.; Olofsson, T.; Hassan, O. A. B. 2013. Methods for energy analysis of residential buildings in Nordic countries, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 22: 306–318. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2013.02.007>
- Alzoubi, H. H.; Al-Zoubi, A. H. 2010. Assessment of building façade performance in terms of daylighting and the associated energy consumption in architectural spaces: vertical and horizontal shading devices for southern exposure facades, *Energy Conversion and Management* 51: 1592–1599. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2009.08.039>

- Bastos, J.; Batterman, A. A.; Freire, F. 2014. Life-cycle and greenhouse gas analysis of three building types in a residential area in Lisbon, *Energy and Buildings* 69: 344–353. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.010>
- DesignBuilder* [interaktyvus]. 2014 [žiūrėta 2014 m. gegužės 25 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.designbuilder.co.uk/>
- Datta, G. 2001. Effect of fixed horizontal louver shading devices on thermal performance of building by TRNSYS simulation, *Renewable energy* 23: 497–507. [http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481\(00\)00131-2](http://dx.doi.org/10.1016/S0960-1481(00)00131-2)
- Gudzinskas, J.; Lukoševičius, V.; Martinaitis, V.; Tuomas, E. 2011. *Šilumos vartotojo vadovas*. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija. Vilnius. 295 p.
- Freewan, A. A.; Shao, L.; Riffat, S. 2009. Interactions between louvers and ceiling geometry for maximum daylighting performance, *Renewable energy* 34(1): 223–232. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2008.03.019>
- Hammad, F.; Abu-Hijleh, B. 2010. The energy saving potential of using dynamic external louvers in an office building, *Energy and Buildings* 42(10): 1888–1895. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.05.024>
- HN 42:2009. Gyvenamųjų ir visuomeninių pastatų patalpų mikroklimatas*. Vilnius, 2009. 4 p.
- Jeanjean, A.; Olives, R.; Py, X. 2013. Selection criteria of thermal mass materials for low-energy building construction applied to conventional and alternative materials, *Energy and Buildings* 63: 36–48. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.03.047>
- Katunsky, D.; Lopusniak, M. 2012. Impact of shading structure on energy demand and on risk of summer overheating in a low energy building, *Energy Procedia* 14: 1311–1316. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2011.12.1094>
- Moldovan, M. D.; Visa, I.; Neagoe, M.; Burduhos, B. G. 2014. Solar heating & cooling energy mixes to transform low energy buildings in nearly zero energy buildings, *Energy Procedia* 48: 924–937. <http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2014.02.106>
- Motuzienė, V. 2010. *Istiklinimo įtakos viešųjų pastatų energijos poreikiams kompleksinė analizė*: daktaro disertacija. Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius: Technika. 158 p.
- Nielsen, M. V.; Svendsen, S.; Jensen, L. B. 2011. Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight, *Solar Energy* 85(5): 757–768. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2011.01.010>
- Palmero-Marrero, A. I.; Oliveira, A. C. 2010. Effect of louver shading on building energy requirements, *Applied Energy* 87(6): 2040–2049. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2009.11.020>
- Parasonis, J.; Keizikas, A.; Endriukaitytė, A.; Kalibatiienė, D. 2012. Architectural solutions to increase the energy efficiency of building, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(1): 71–80. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2011.652983>
- Stazi, F.; Marinelli, S.; Di Perna, C.; Munafò, P. 2014. Comparison on solar shadings: monitoring of the thermo-physical behaviour, assessment of the energy saving, thermal comfort, natural lighting and environmental impact, *Solar Energy* 105: 512–528. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2014.04.005>
- STR 2.01.09:2012 Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas*. Vilnius, 2012. 149 p.
- STR 2.05.01:2013 Pastatų energinio naudingumo projektavimas*. Vilnius, 2013. 51 p.
- Štreimikienė, D.; Mikalauškienė, A. 2012. Energijos veiksmingumo didinimo priemonės ir jų efektyvumas, *Energetika* 58(3): 117–130. <http://dx.doi.org/10.6001/energetika.v58i3.2462>
- Wasilowski, H.; Reinhart, C. 2009. Modelling an existing building in DesignBuilder/E+: custom versus default inputs, in *Conference Proceedings of Building Simulation*, July 2009, Glasgow, 27–30.

ANALYSIS OF ENERGY DEMAND FOR LOW-ENERGY MULTI-DWELLING BUILDINGS OF DIFFERENT CONFIGURATION

G. Streckienė, E. Polonis

Abstract

To meet the goals established by Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council on the energy performance of buildings, the topics of energy efficiency in new and old buildings must be solved. Research and development of new energy solutions and technology are necessary for increasing energy performance of buildings. Three low-energy multi-dwelling buildings have been modelled and analyzed in the presented study. All multi-dwelling houses are made of similar single-family house cells. However, multi-dwelling buildings are of different geometry, flat number and height. *DesignBuilder* software was used for simulating and determining heating, cooling and electricity demand for buildings. Three different materials (silicate, ceramic and clay concrete blocks) as bearing constructions of external walls have been analyzed. To decrease cooling demand for buildings, the possibility of mounting internal or external louvers has been considered. Primary energy savings for multi-dwelling buildings using passive solar measures have been determined.

Keywords: low-energy multi-dwelling building, *DesignBuilder*, simulation, primary energy, internal and external louvers.