

Environmental engineering Aplinkos inžinerija

ADMINISTRACINIO PASTATO ENERGIJOS VARTOJIMO EFEKTYVUMO SPRAGOS VERTINIMAS

Rasa DŽIUGAITĖ-TUMĖNIENĖ ^{*}, Domas MADEIKIS

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilnius, Lietuva

Gauta 2021 m. liepos 14 d.; priimta 2021 m. rugsėjo 3 d.

Santrauka. Patalpų mikroklimatui sukurti tenkanti didelė globalių energijos sąnaudų dalis jau keletą dešimtmečių vis labiau domina pasaulinę bendruomenę, vis dažniau ši problema atsiduria ir politikos dėmesio centre. Šiame straipsnyje nagrinėjama energijos efektyvumo spraga tarp faktinių energijos sąnaudų ir energijos poreikių, gautų dinaminio energinio modeliavimo bei sertifikavimo metu. Siekiant nustatyti energijos efektyvumo spragą ir ją lemiančias priežastis, tyrimui pasirinktas administracinės paskirties pastatas, kuris atitinka B energinio naudingumo klasę. Kompiuterinė programa „IDA Indoor Climate and Energy“ panaudota dinaminiam energiniam modeliui sukurti pagal projekcinę dokumentaciją ir pastato valdymo sistemoje fiksuojamus faktinius patalpų mikroklimato parametrus. Tyrimo rezultatai atskleidė, kad pastato dinaminio energinio modelio pateiktų rezultatų tikslumas ir patikimumas tiesiogiai priklauso nuo prielaidų, padarytų dėl vidinių šilumos pritekų dydžių, mikroklimato parametrų kitimo ribų, žmonių elgsenos ypatumų, oro kokybės lygių skirtingu paros ir sezono laikotarpiais, ŠVOK sistemų veikimo parametrų ir režimų, vėdinimo sistemų savitųjų ventiliatorių galių, vėsinimo įrenginių sezoninio energinio efektyvumo ir įstiklintos fasado dalies apsaugos nuo saulės priemonių charakteristikų nustatymo.

Reikšminiai žodžiai: administracinis pastatas, dinaminis energinis modeliavimas, IDA-ICE, energijos vartojimo efektyvumo spraga, faktinės energijos sąnaudos, sertifikavimas.

Įvadas

Pasaulinis energijos vartojimas kasmet didėja ir nustatyta, kad ši tendencija išliks ateinančių dešimtmetį. Viena iš priežasčių yra geresnio gyvenimo komforto siekis. Didžioji energijos dalis išgaunama iš neatsinaujančių energijos šaltinių – iškastinio kuro, šie resursai yra neatsinaujantys ir tai reiškia, jog jie kažkada baigsis. Be viso to, energija iš iškastinio kuro yra išgaunama jį deginant, jam degant išmetamos šiltnamio efektą sukeliančios dujos, kurios daro didelę neigiamą įtaką aplinkai. Vienas iš būdų apsaugoti nuo globalinio atšilimo – sumažinti iškastinio kuro vartojimą, jį naudojant kuo efektyviau ir kuo plačiau taikyti atsinaujančius energijos išteklius (Ascione et al., 2017).

Europoje pastatai suvartoja apie 39 % galutinės energijos ir 50–82 % šios energijos lemia šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemų veikimas (Europos Audito Rūmai, 2020). Pastato planavimo etape prognozuojami pastato energijos poreikiai. Todėl ypač svarbu, jog šiame etape priimti energinių efektyvumą didinantys sprendimai būtų teisingi energinio, aplinkosauginio ir ekonominio racionalumo atžvilgiais. Be to, griežtėjantys

Lietuvos statybos ir sertifikavimo reikalavimai kelia susirūpinimą, ar pasibaigus pastato statybos darbams jie bus įgyvendinti. Siekiant užtikrinti, kad naujai planuojamas pastatas atitiktų jam keliamus reikalavimus, pasitelkiamos įvairios energinio efektyvumo vertinimo priemonės. Viena iš tokių priemonių – pastato dinaminis energinis modeliavimas, kuris taikomas planavimo etape, kuriame realiomis aplinkos ir vidaus klimato sąlygomis modeliuojama būsima pastato ir inžinerinių sistemų elgsena realiuoju laiku. Laiku atlikus pastato dinaminį energinį modeliavimą, galima optimizuoti ŠVOK sistemų kiekį ir galią, nustatyti racionalias sistemų įrengimo ir eksploatacines išlaidas.

Planavimo ir projektavimo etapuose atlikus dinaminį energinį modeliavimą daroma prielaida, jog pastatas turi vartoti tiek energijos, kiek buvo prognozuota, tačiau realiomis sąlygomis faktinės energijos sąnaudos yra didesnės. Šis veiksnys vadinamas energijos vartojimo efektyvumo spraga (angl. *Energy Performance Gap*, EPG) (Moeller et al., 2020; Jradi et al., 2018; Zou & Alam, 2020; Mitchell & Natarajan, 2020; Khoury et al., 2017). Dėl to būtina nustatyti priežastis, lemiančias nesutapimą tarp modeliavimo

*Autorius susirašinėti. El. paštas rasa.dziugaite-tumeniene@viniustech.lt

metu gautų rezultatų bei realių (faktinių) energijos sąnaudų. Toks skirtumas gali teikti informaciją apie tai, kad pastatas veikia netinkamai, arba gali parodyti klaidas, padarytas sudarant dinaminį energinį modelį.

Šiame straipsnyje aprašomas tyrimas, kurio tikslas – išanalizuoti esamą administracinės paskirties pastatą, jo inžinerines sistemas, atlikti dinaminį energinį modeliavimą, nustatyti priežastis, lemiančias energijos vartojimo efektyvumo spragą tarp faktinių ir prognozuojamų energijos sąnaudų.

1. Tyrimo metodika

Šiame skyriuje aprašoma tyrimų metodika, kuria siekiama nustatyti pastato energijos vartojimo efektyvumo spragą tarp prognozuojamų ir faktinių energijos sąnaudų. Prognozuojamos energijos sąnaudos nustatomos, naudojant kompiuterinę dinaminio energinio modeliavimo priemonę „IDA-ICE“ („IDA Indoor Climate and Energy“). „IDA-ICE“ – tai dinaminio modeliavimo programa, skirta pastato mikroklimato bei energijos sąnaudoms nustatyti. Šiame tyrime naudojama 4.99 „IDA-ICE“ versija (EQUA Simulation Technology Group, 2018). „IDA-ICE“ pagrindinės funkcijos: patalpų šilumos ir energijos balansų, šildymo / vėsinimo įrenginių galių, valdymo sistemų, pastato užimtumo įtakos atskiroms patalpoms ar visam pastatui, šilumos ir masės perdavimo (detalūs šilumos srautai nuo paviršių ar oro srautų), patalpų oro kokybės (CO₂ koncentracija, drėgmė, oro kaita); komforto rodiklių (darbinė temperatūra, paviršių temperatūra, PMV ir PPD rodikliai) ir energijos poreikių nustatymas.

Pastato energijos sąnaudoms palyginti taikoma energijos vartojimo efektyvumo spragos skaičiavimo formulė 1 (Moeller et al., 2020):

$$EPG = \frac{E_f - E_p}{E_p} \cdot 100 \%, \quad (1)$$

čia EPG – energijos vartojimo efektyvumo spraga, %; E_f – faktinės energijos sąnaudos, MWh; E_p – prognozuojamos energijos sąnaudos, MWh.

Faktinės ir dinaminio energinio modeliavimo metu nustatytos šildymo sąnaudos perskaičiuojamos, naudojant Lietuvos energetikos agentūros pateiktą dienolaispnių skaičiuoklę (Lietuvos energetikos agentūra, 2021) bei pritaikant šilumos sąnaudų normalizavimo daugiklį, kuris pateiktas 2 formulėje (Martinaitis et al., 2012):

$$Q_{\text{šv},n} = \sum Q_{\text{šv},f} \frac{(t_{in,n} - t_{ex,n})z_n}{(t_{in,f} - t_{ex,f})z_f}, \quad (2)$$

čia $Q_{\text{šv},n}$ – šildymo sąnaudos norminiams metams, MWh; $Q_{\text{šv},f}$ – faktinės šildymo sąnaudos, MWh; $(t_{in,n} - t_{ex,n})$ – norminių vidaus ir lauko oro (Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija, 2002) temperatūrų skirtumas, °C; z_n – norminių metų šildymo sezono trukmė pagal RSN 156-94, 1994, dienos; $(t_{in,f} - t_{ex,f})$ – faktinių vidaus ir lauko oro temperatūrų skirtumas, °C; z_f – faktinių nagrinėjamų metų šildymo sezono trukmė, dienos.

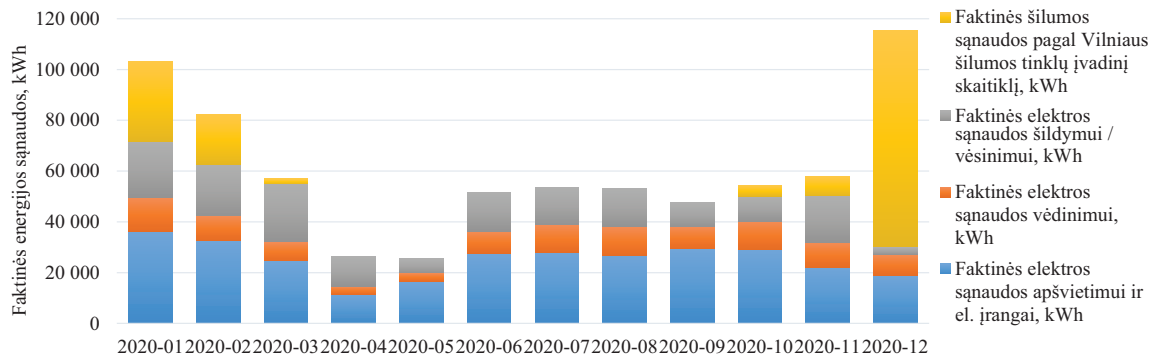
2. Tyrimo objektas

Tyrimo objektu pasirinktas administracinis pastatas, esantis Gedimino pr. 35, Vilniuje. Pastatą sudaro naujoji bei senoji (statybos metai 1978 m.) dalys. Senoji dalis rekonstruota 2013 m., maksimaliai grąžinant pirminę pastato paskirtį, įrengiant buvusias parduotuves pirmame aukšte, atstatant koncertų salę trečiame aukšte ir iš dalies įrengiant administracines patalpas. Šalia senojo pastato naujai pastatytas 5 aukštų administracinis pastatas, jungiamas su senuoju stiklo konstrukcijos intarpu, sukuriančiu pastatų atskirtį, įrengiant dengtą vidinį kiemą – atriumą. Po naujuoju pastatu įrengta 3 aukštų požeminė automobilių stovėjimo aikštelė. Naujajame pastate įrengtos komercinės ir biurų patalpos. Pastatas atitinka B energinio naudingumo klasę. Bendrasis viso pastato plotas 8996,51 m², nešildomo garažo plotas – 2792,09 m². Šildomas pastato plotas yra 6491,4 m². Tiriamasis pastatas pavaizduotas 1 paveiksle.

Pastato inžinerinės sistemos valdomos automatiškai iš pastato valdymo sistemos. Pastatas aprūpinamas šiluma iš centralizuotų šilumos tinklų (CŠT), prie kurių prijungtas pagal nepriklausomą schemą. Senosios pastato dalies pirmame aukšte įrengtas grindinis šildymas, likusių aukštų patalpos šildomos ir vėsinaimos keturvamzdžiais ventiliatoriniais konvektoriais. Naujojoje pastato dalyje vidaus patalpoms šildyti ir vėsinti gelžbetonio perdangose įrengta šildomųjų / vėsinamųjų lubų sistema. Šiltuoju laikotarpiu trūkstamą vėsos galią užtikrina papildomi ventiliatoriniai konvektoriai. Siekiant užtikrinti pastato vėsos poreikius, įrengti du oru aušinami vandeniniai vėsinimo įrenginiai, kurių vienas turi savaiminio vėsinimo funkciją ir hidromodulį šaltnešiu tiesti į ventiliatorinių konvektorių sistemą. Antrasis vandeninis vėsinimo įrenginys turi šilumos siurblio funkciją ir hidromodulį šilumnešiu / šaltnešiu tiesti į vėdinimo įrenginius, šildomųjų / vėsinamųjų lubų ir grindinio šildymo sistemas. Konferencijų salėje įrengtas kombinuotas vėsinimas ventiliatoriniais konvektoriais ir vėdinimo sistema (orinis vėsinimas). Pastate įrengta pastato valdymo sistema (PVS) fiksuoja faktinius patalpų mikroklimato parametrus. Pastato faktinės energijos sąnaudos pavaizduotos 2 paveiksle.



1 paveikslas. Tiriamasis pastatas, Gedimino pr. 35, Vilnius
Figure 1. Building of a case study, located at Gedimino ave. 35, Vilnius



2 paveikslas. Pastato faktinės energijos sąnaudos 2020 metais
Figure 2. Actual building energy consumption in 2020

Šiltuoju laikotarpiu siekiant mažinti elektros sąnaudas, PVS realiuoju laiku fiksuoja ir lygina patalpų mikroklimato parametrus su lauko oro parametrais. Naktimis PVS automatiškai atidaro atriume kupolą, langus į atriumo pusę bei išoriniame dvigubame fasade vidinius langus. Patalpos vėsinamos lauko oru. Lauko oro temperatūrai nukritus žemiau nei 12 °C, vienas iš vėsinimo įrenginių įjungiamas savaiminio vėsinimo režimu. Lauko oro vėsa tiesiogiai panaudojama patalpoms vėsinti pereinamuoju laikotarpiu, ypač esant saulėtoms dienoms. Pastato patalpoms vėdinti įrengtos penkios mechaninio vėdinimo sistemos su šilumogrąža.

2.1. Geometrinis modelis

Pastato dinaminis energinis modelis sukurtas pagal turimus architektūrinius brėžinius ir projekcinę dokumentaciją. Administracinio pastato, esančio Gedimino pr. 35, Vilniuje, geometrinio modelio vizualizacija ir 1 aukšto patalpų planas pateikti 3 paveiksle.

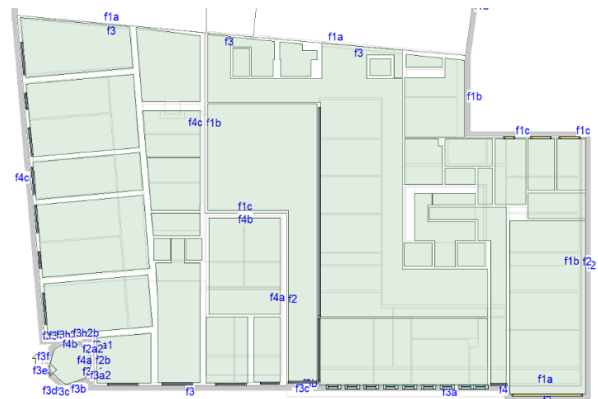
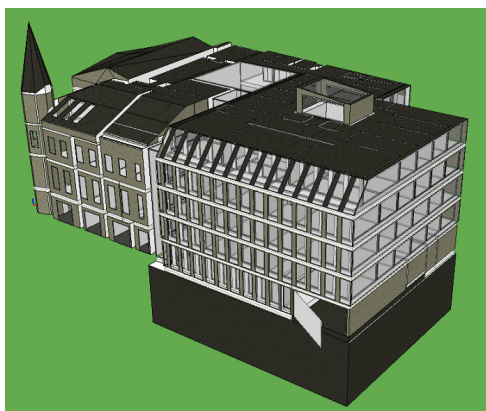
Žmonių skaičius patalpose buvo pasirinktas pagal brėžiniuose nurodytas darbo vietas. Laikoma, kad savaitgaliais darbuotojai nedirba, todėl mažinami oro kiekiai ir žeminamos patalpų oro temperatūros. Faktines pastato energijos sąnaudas pateikė pastato valdytojas.

2.2. Įvesties duomenys

Modeliuojant pasirinkto pastato energijos poreikius „IDA-ICE“ programa, naudojami Vilniaus miesto klimato duomenys iš „ASHRAE IWEC2“ duomenų bazės (International Weather for Energy Calculation, 2009). Klimato duomenų paketas apima šiuos duomenis: lauko oro temperatūrą, santykinę drėgmę, vėjo greitį, debesuotumą, saulės spinduliuotės srautą. Duomenys apie pastato atitvaras paimti iš pastato projektinės dokumentacijos. Pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficientų reikšmės pateikiamos 1 lentelėje. Langų, stoglangių bei fasadinių langų saulės energijos praleisties koeficientas yra $g = 0,52$. Pastato sandarumas, esant 50 Pa slėgių skirtumui tarp pastato vidaus ir išorės, pasirinktas $1,50 \text{ h}^{-1}$.

Pastato patalpų oro temperatūros, tiekiamo ir šalinamo oro kiekiai pasirinkti pagal ŠVOK dalies darbo projekto dokumentaciją. 2 lentelėje pateikiami duomenys, kurie naudojami nustatant pastato vidinius šilumos pritekėjus nuo veikiančios įrangos, apšvietimo bei žmonių. Žmonių skaičius patalpose pasirinktas pagal darbo vietų skaičių planuose.

Modeliuojant laikoma, jog pastatas šildomas pagal 2020 metų Vilniaus šildymo sezono trukmę nuo sausio 1 d. iki balandžio 24 d. ir nuo rugsėjo 23 d. iki gruodžio 31 d.



3 paveikslas. Tiriamojo pastato geometrinio modelio vizualizacija ir patalpų išdėstymas 1 aukšto plane
Figure 3. Visualization of geometric model of the building and location of the rooms on the first floor

1 lentelė. Pastato atitvarų šilumos perdavimo koeficiento U (W/m^2K) vertės

Table 1. Values of the heat transfer coefficients U (W/m^2K) of the building construction elements

Atitvara	Atitvaros U vertė, W/m^2K
Siena	0,20
Langai	1,56
Fasadiniai langai	1,78
Stoglangiai	1,58
Stogas	0,20
Grindys ant grunto	0,35
Perdanga virš garažo	0,35
Išorinės durys	1,90

2 lentelė. Pastato vidiniai šilumos pritekiai nuo apšvietimo, žmonių ir veikiančios elektros įrangos

Table 2. Building internal heat gains from lighting, occupancy and electrical devices

Apšvietimas:	W/m^2
Biurai, salės, pasitarimų kambariai, komercinės patalpos	5
Tambūrai, vestibulis, holai, laiptinės, koridoriai, techninės patalpos	3
San. mazgai, garažas	2
Elektros įranga:	
Kompiuteriai	10
Šilumos pritekiai nuo žmonių:	Met
Konferencijų salėse	1
Biuruose	1,1

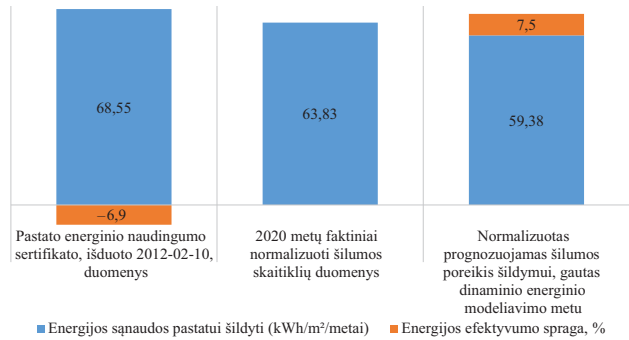
Vėsinimo sistemos veikia pereinamuoju ir šiltuoju laikotarpiais, kai pastate neveikia šildymas, t. y. nuo balandžio 24 d. iki rugsėjo 23 d. Pastato vėdinimo sistemų veikimas suderintas su pastato darbo laiku, įjungiamas valandą prieš pradėdant rinktis darbuotojams bei sumažinamas iki 30 % našumo po darbuotojų darbo laiko pabaigos. Vėdinimo sistemų šilumogražas efektyvumas yra 75 %.

3. Lyginamosios analizės rezultatai

3.1. Energijos sąnaudos pastatui šildyti

Tyrimo metu atlikta energijos sąnaudų pastatui šildyti palyginamoji analizė, kurioje palyginti energinio naudingumo sertifikato duomenys, 2020 metų faktiniai normalizuoti šilumos skaitiklių duomenys ir normalizuotas prognozinis šilumos poreikis šildymui, gautas dinaminio energinio modeliavimo metu. Gauti rezultatai pateikti 4 paveiksle.

2020 metų faktines šilumos sąnaudas sudaro Vilniaus šilumos tinklų įvadinio šilumos skaitiklio duomenys ir šilumos siurblio faktinės elektros sąnaudos šildymui šildymo sezono laikotarpiu. Šilumos siurblio sezoninis energinis efektyvumas šildymui pasirinktas 3,25. Iš 4 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad 2020 metų faktinės normalizuotos energijos sąnaudos pastatui šildyti yra



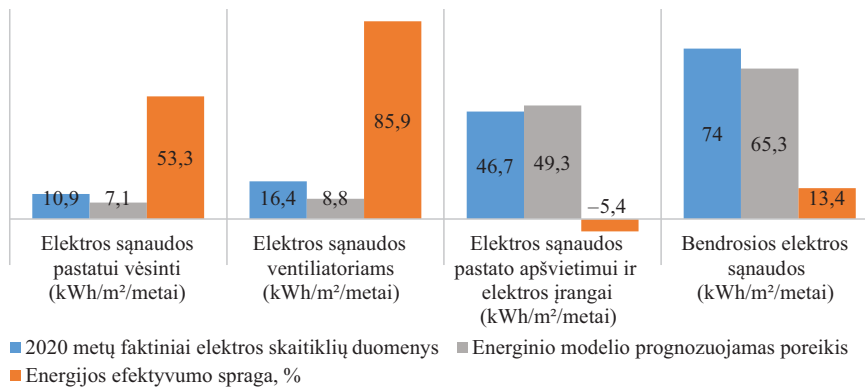
4 paveikslas. Energijos sąnaudų pastatui šildyti palyginamosios analizės rezultatai

Figure 4. Results of comparative analysis of building energy consumption for heating

414,3 MWh arba 63,83 kWh/m^2 . Didžiausios šildymo sąnaudos nustatytos sertifikavimo metu, t. y. 445,0 MWh arba 68,55 kWh/m^2 , o energijos vartojimo efektyvumo spraga siekia 6,9 %. Dinaminio energinio modeliavimo metu nustatytas ir normalizuotas prognozinis šilumos poreikis šildymui yra 385,4 MWh arba 59,38 kWh/m^2 , energijos vartojimo efektyvumo spraga siekia 7,5 %. Pagal Lietuvos patvirtintą išsamiojo energijos, energijos išteklių ir šalto vandens vartojimo audito atlikimo viešojo naudojimo paskirties pastatuose metodiką leidžiamas 8 procentų šilumos energijos sąnaudų balanso nesutapimas. Galima teigti, jog modeliavimo rezultatai yra tikslūs ir priimtini. Tikslėsius šilumos poreikius dinaminio energinio modeliavimo metu būtų galima pasiekti priskiriant tikslus patalpose esančius šildymo prietaisus bei įtraukiant šalia esančių pastatų šešėliavimo įtaką. Be to, modeliuojant pasirinktos atitvarų šilumos perdavimo vertės buvo nustatytos pagal pastato projektines vertes. Norint dar tikslesnių modeliavimo rezultatų, reikėtų įvertinti ir faktines atitvarų šiluminės varžas, kurios būna išmatuojamos.

3.2. Energijos sąnaudos pastatui vėsinti

Tyrimo metu nustatyta, kad faktinės elektros sąnaudos patalpoms bei tiekiamam orui vėsinti yra 70,93 MWh arba 10,93 kWh/m^2 . Dinaminio energinio modeliavimu metu nustatytos elektros sąnaudos vėsinimui – 46,28 MWh arba 7,13 kWh/m^2 . Lyginant dinaminio energinio modeliavimo rezultatus su faktiniais, energijos vartojimo efektyvumo spraga vėsinimui yra net 53,3 % arba 24,65 MWh (žiūrėti 5 pav.). Faktinio ir dinaminio energinio modeliavimo metu nustatytų elektros sąnaudų vėsinimui skirtumas yra itin didelis. Tokį skirtumą gali nulemti pastate esantys žmonės, jų veikla ir geresni nei standartiniai mikroklimato poreikiai. Ši faktorių grupė yra sunkiau nuspėjama, nes kiekvienas žmogus komfortą ir savo poreikius suvokia skirtingai. Norint pasiekti tikslesnius rezultatus, turėtų būti tiksliai analizuojama pastate esančių žmonių elgsena, nes nuo šio faktoriaus stipriai priklauso vidiniai šilumos pritekiai. Be to, turėtų būti tikslinama langų saulės praleisties faktoriaus g vertė, nes nebuvo gautos langų atitikties deklaracijos, todėl langų saulės faktoriaus vertė



5 paveikslas. Pastato faktinių elektros sąnaudų ir prognozuojamų energijos poreikių lyginamosios analizės rezultatai
Figure 5. Results of comparative analysis of actual energy consumption and simulated energy demand of the building

buvo pasirinkta 0,52. Rekomenduojama tikslinti ŠVOK sistemų veikimo grafikus, vėsinimo įrenginių sezoninį energinį efektyvumą vėsinimui. Modeliavimo metu siekiant gauti kuo tikslesnes elektros sąnaudas vėsinimui, t. y. kuo artimesnes faktinėms vertėms, nustatyta, kad šiltuoju laikotarpiu sezoninis vėsinimo įrenginių energinis efektyvumas siekia tik 3,15. Šis dydis parodo neefektyvų esamų vėsinimo įrenginių veikimą vasaros laikotarpiu.

3.3. Pastato bendrosios energijos sąnaudos

Pastatą administruojanti įmonė pateikė faktines bendrąsias elektros sąnaudas, kurias sudaro 480,6 MWh (74,0 kWh/m²), nevertinant elektros sąnaudų uždarai automobilių stovėjimo aikštelei, liftams, fasadų ir teritorijos apšvietimui bei kitiems bendro naudojimo tikslams. Atlikus dinaminį energinį modeliavimą, prognozuojamas bendrasis elektros poreikis yra 423,88 MWh (65,3 kWh/m²), gauta energijos vartojimo efektyvumo spraga yra 13,4 % arba 56,72 MWh. Modeliavimo metu bendrąsias pastato elektros sąnaudas nustatyti tiksliai yra sudėtinga, nes reikia žinoti, kur ir kokia elektros įranga yra naudojama, kokie įrangos elektros galingumai bei koks jų veikimo režimas. Dažniausiai projektavimo etape to atsakyti negali net ir pats užsakovas. Pagal viešosios naudojimo paskirties pastatuose audito metodiką leidžiamas 8 procentų elektros sąnaudų balanso nesutapimas, o tyrimo metu bendroji elektros vartojimo efektyvumo spraga siekia net 13,4 % (žiūrėti 5 pav.).

Iš 5 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad gaunamas didelis nesąryšis tarp faktinių duomenų ir modelio rezultatų. Ypač dideli energijos vartojimo skirtumai gaunami dėl vėsinimo ir vėdinimo sistemų veikimo. Vadinasi, modeliuojant ir vertinant administracinių pastatų prognozuojamas elektros energijos sąnaudas, tikslinga būtų atkreipti dėmesį į padarytas pradines prielaidas, į kurias atsižvelgiama pastato planavimo ir projektavimo metu. Rekomenduojama tikslinti vidinių šilumos pritekusių dydžius, atsakingai įvertinti mikroklimato parametrų kitimo ribas, žmonių elgsenos ypatumus, oro kokybės lygius skirtingu paros ir sezono laikotarpiais, ŠVOK sistemų veikimo parametrus ir režimus, vėsinimo įrenginių sezoninį energinį efektyvumą, įstiklintos fasado dalies apsaugos nuo saulės priemonių efektyvumą.

Išvados

1. Literatūros apžvalga parodė, kad realiomis sąlygomis pastatų faktinės energijos sąnaudos yra didesnės, negu buvo prognozuota planavimo ir projektavimo metu, atliekant šių pastatų dinaminį energinį modeliavimą.
2. Atlikus faktinių energijos sąnaudų ir prognozuojamų energijos poreikių pastatui šildyti lyginamąją analizę, daroma išvada, kad nustatyta energijos vartojimo efektyvumo spraga siekia 7,5 %, kuri rodo, kad dinaminio energinio modelio gauti rezultatai yra tikslūs ir priimtini. Tikslesnius dinaminio energinio modelio prognozuojamus šilumos poreikius būtų galima patenkinti tikslingai atskiriant šilumos siurblių elektros energijos sąnaudas šildymui ir vėsinimui bei įvertinant šalia esančių pastatų šešėliavimo įtaką.
3. Atlikus pastato faktinių ir prognozuojamų bendrųjų elektros sąnaudų lyginamąją analizę, nustatyta, kad dinaminio energinio modelio rezultatai yra nepatikimi ir nepriimtini, nes gauta energijos vartojimo efektyvumo spraga siekia 13,4 %. Būtina taisyti tiriamojo pastato energinį modelį ir tikslinti pirmines prielaidas. Taigi, kuriant pastato dinaminį energinį modelį, rekomenduojama tikslinti programinės įrangos kūrėjų įvestus standartinius vidinių šilumos pritekusių dydžius, atsakingai įvertinti mikroklimato parametrų kitimo ribas, žmonių elgsenos ypatumus, oro kokybės lygius skirtingu paros ir sezono laikotarpiais, ŠVOK sistemų veikimo parametrus ir režimus, vėdinimo sistemų savitąsias ventiliatorių galias, įvertinti vėsinimo įrenginių sezoninį energinį efektyvumą ir įstiklintos fasado dalies apsaugos nuo saulės priemonių charakteristikas.

Literatūra

- Ascione, F., Bianco, N., de Masi, R. F., Mauro, G. M., & Vanoli, G. P. (2017). Resilience of robust cost-optimal energy retrofit of buildings to global warming: A multi-stage, multi-objective approach. *Energy and Buildings*, 153, 150–167. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.08.004>
- Europos Audito Rūmai. (2020). *Specialioji ataskaita*. <https://op.europa.eu/webpub/eca/special-reports/energy-efficiency-11-2020/lt/index.html>

- EQUA Simulation Technology Group. (2018). *IDA-ICE getting started: Manual version 4.8*. www.equaonline.com/iceuser/pdf/ICE48GettingStartedEng.pdf
- International Weather for Energy Calculation. (2009). *Weather files*. ASHRAE, Atlanta, USA.
- Jradi, M., Arendt, K., Sangogboye, F. C., Mattera, C. G., Markoska, E., Kjærgaard, M. B., Veje, C. T., & Jørgensen, B. N. (2018). ObepME: An online building energy performance monitoring and evaluation tool to reduce energy performance gaps. *Energy and Buildings*, 166, 196–209. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.02.005>
- Khoury, J., Alameddine, Z., & Hollmuller, P. (2017). Understanding and bridging the energy performance gap in building retrofit. *Energy Procedia*, 122, 217–222. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.348>
- Lietuvos energetikos agentūra. (2021). *Dienolaipsnių skaičiuoklė*. https://www.ena.lt/uploads/PDF-EVE/DL-skaiciuokle-ENA.LT_2021-05-01.xlsx
- Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija. (2002). *Statybinė klimatologija*. RSN 156-94. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legislAct/lt/TAD/TAIS.14502/asr>
- Martinaitis, V., Rogoža, A., & Šiupšinskas, G. (2012). *Energijos vartojimo pastatuose auditas: vadovėlis*. Technika. <https://doi.org/10.3846/1299-S>
- Mitchell, R., & Natarajan, S. (2020). UK Passivhaus and the energy performance gap. *Energy and Buildings*, 224, 110240. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110240>
- Moeller, S., Weber, I., Schröder, F., Bauer, A., & Harter, H. (2020). Apartment related energy performance gap – How to address internal heat transfers in multi-apartment buildings. *Energy and Buildings*, 224, 109887. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109887>
- Zou, P. X. W., & Alam, M. (2020). Closing the building energy performance gap through component level analysis and stakeholder collaborations. *Energy and Buildings*, 224, 110276. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110276>

ASSESSMENT OF ENERGY PERFORMANCE GAP OF AN OFFICE BUILDING

R. Džiugaitė-Tumėnienė, D. Madeikis

Abstract

The high share of global energy costs to create an indoor climate has been of increasing interest to the global community for several decades and is increasingly the focus of policy. This paper analyses the energy performance gap between actual energy consumption and energy demand obtained during the dynamic energy simulation and building certification. To identify the energy performance gap, an existing office of energy efficiency class B was selected as a case study. The simulation program IDA Indoor Climate and Energy was used to create a dynamic energy model, based on the designed documentation and the actual indoor climate parameters recorded by the building management system. The results of the case study showed that the accuracy and reliability of the results presented by the dynamic energy model of the building directly depend on the assumptions. The correct values of the internal heat gains, indoor climate parameters, human behavior, air quality levels at different times of the day and season, HVAC system operation parameters and operation modes, specific fan powers of ventilation systems, the seasonal energy efficiency of cooling equipment and characteristics of sun protection measures have to be selected.

Keywords: office building, dynamic energy simulation, IDA-ICE, energy performance gap, actual energy consumption, certificate.