

# Pastato įstiklinimo charakteristikų įtaka šildymo, vėsinimo bei apšvietimo sistemų energijos poreikiams

**Violeta Motuzienė,**

**Sabina Paulauskaitė,**

**Kęstutis Valančius**

*Pastatų energetikos katedra,  
Vilniaus Gedimino technikos universitetas,  
Saulėtekio al. 11-2410,  
LT-10223 Vilnius  
El. paštas: violeta.svk@gmail.com,  
kestutis.valancius@vgtu.lt*

Analizuojamas administracinio pastato šildymo, vėsinimo ir apšvietimo sistemų energijos poreikių priklausomumas nuo įstiklinimo ploto, šilumos perdavimo koeficiento bei naudojamų stiklų charakteristikų. Naudojant kompiuterinį modeliavimą nustatytos šildymo ir vėsinimo sistemų galios, optimalūs energijos poreikiai šildymui, vėsinimui bei apšvietimui. Atlikta analizė rodo, kad priimant architektūrinius sprendimus, būtina integruotai vertinti minėtų sistemų energijos poreikius.

**Raktažodžiai:** šildymas, vėsinimas, apšvietimas, modeliavimas, įstiklinimas, energijos poreikiai

## 1. ĮVADAS

Europoje pastaraisiais metais pirminės energijos suvartojimas didėja 1–2 % kasmet, o pirminės energijos vartojimo balanse pastatai yra vienas pagrindinių energijos vartotojų, kuriam tenka apie 40 % suvartojamos energijos [1, 2]. Tiek Europos Sąjungoje (ES), tiek kitose pirmaujančiose pasaulio šalyse energijos taupymas yra vienas pagrindinių politikos ir darnaus vystymosi tikslų.

Pastatų sektoriuje, ypač administraciniuose pastatuose, vis dar nepanaudotas didelis energijos taupymo potencialas, kuris ES siekia 30 % [2]. Šiuose pastatuose pagrindiniai energijos vartotojai yra šildymo, vėsinimo bei apšvietimo sistemos, tačiau tiek ES, tiek Lietuvoje energijos efektyvumo didinimo pastatuose reglamentavimas iki šiol buvo siejamas daugiausia su energijos taupymu šaltuoju metų laiku. Lietuvoje atliekant pastatų energinį sertifikavimą iš esmės vertinamas pastato energijos suvartojimas šildymui, vėsinimo nevertinant dėl jį reglamentuojančių teisės aktų trūkumo bei paliekant apšvietimo sistemų energijos poreikius kaip antraeilį dalyką, neskiriant joms ypatingo dėmesio [3].

Didėjant šiluminio komforto bei atitvarų šiluminių charakteristikų reikalavimams, didėja ir vėsinimo sistemų svarba. Daugelyje administracinių pastatų pagrindiniu pirminės energijos vartotoju tampa vėsinimo, o ne šildymo sistema. Taip pat yra nustatyta, kad apie 30 % administraciniuose pastatuose suvartojamos energijos tenka dirbtiniam apšvietimui (Europoje vidutiniškai 45 kWh/m<sup>2</sup>) [2, 4], todėl didinant pastato energinį efektyvumą, ne mažiau svarbi yra ir dirbti-

nio apšvietimo sistema, jos įrangos efektyvumas bei natūralaus apšvietimo panaudojimas.

Yra nemažai priemonių mažinti pastato energijos poreikius šildymui, vėsinimui bei apšvietimui, iš kurių viena – racionaliai naudoti stiklą pastato fasade arba, kitaip sakant, optimaliai panaudoti natūralų apšvietimą [5].

Skaidriosios pastato atitvaros – labai svarbūs ir kritiniai pastato konstrukciniai elementai. Langai yra atsakingi už tam tikrus nepageidaujamus šilumos pritekėjimus ir šilumos nuostolius, tačiau jie taip pat yra natūralios šviesos šaltinis bei turi fizinę ir psichologinę įtaką žmonėms: protinei veiklai, motyvacijai, nuotaikai ir produktyvumui [6]. Todėl priimant architektūrinius sprendimus, svarbu numatyti fasado įstiklinimo plotą tokį, kad jis atitiktų natūralaus apšvietimo reikalavimus, tačiau bendri energijos poreikiai šildymui, vėsinimui bei apšvietimui būtų minimalūs.

Atlikta nemažai tyrimų, kuriuose nagrinėjamas administracinio pastato šildymo bei vėsinimo energijos poreikių optimizavimas [7–12], taip pat apšvietimo poreikių optimizavimas [13–16], tačiau tik nedaug darbų integruotai vertina šildymo, vėsinimo bei apšvietimo sistemos energijos poreikius. Vakarų Europos šalių klimato sąlygomis yra atlikta įstiklinimo ryšio su pastato bendromis energijos sąnaudomis šildymui, vėsinimui bei apšvietimui tyrimų [17–19], tačiau apie Rytų Europos klimatą tokių duomenų praktiškai nėra.

Racionaliai naudojant pastato fasade įstiklinimą būtų galima padėti ES 11 % mažiau vartoti galutinės energijos, kaip tai numatoma atnaujinamoje Pastatų energinio naudingumo direktyvoje [1].

## 2. OBJEKTO APRAŠYMAS

Nagrinėjamas statyti Vilniuje administracinis pastatas, kurio pirmame aukšte numatytos komercinės, o kituose administracinės patalpos. Pastatas pagrindiniu fasadu orientuotas į vakarus, jis yra 9 aukštų, aukšto aukštis – 3,3 m, bendras plotas – 40 718 m<sup>2</sup>.

Pastatui nagrinėjamos statytojo pateiktos skirtingos sienų konstrukcijos: visiškai stiklinis fasadas ir dalinio fasado įstiklinimo atvejai.

Visiems konstrukcijų variantams skaičiuojami du atvejai esant skirtingoms statytojo pateiktoms stiklo paketų rūšims:

- THERMO SKP stiklo paketai (taupantys šilumą), kurių šilumos perdavimo koeficientas 1,3 W/m<sup>2</sup>K, šviesos laidumas 79 %, šviesos atspindėjimas 12 % ir bendras saulės energijos laidumas 61 % [20].

- SUN SELECT stiklo paketai (atspindintis stiklas), kurių šilumos perdavimo koeficientas 1,1 W/m<sup>2</sup>K, šviesos laidumas 74 %, šviesos atspindėjimas 13 % ir bendras saulės energijos laidumas 43 % [20].

## 3. TYRIMO EIGA

### 3.1. Minimalaus įstiklinimo ploto skaičiavimas

Pagal Lietuvoje galiojančius normatyvus [21] yra nustatyti minimalūs reikalavimai natūraliam apšvietimui ir yra pateikta metodika, kuria remiantis apskaičiuojamas minimalus patalpos lango įstiklintos dalies plotas [22]. Šis plotas priklauso nuo įvairių rodiklių (stiklo rūšies, patalpos matmenų, lango montavimo vietos, užtemdymo priemonių ir kt.), todėl jo skaitmeninė vertė kiekvienam konkrečiam atvejui nustatoma individualiai.

Remiantis [21] apskaičiuojamas darbo vietos norminis natūralios apšvietos koeficientas:

$$N_n = N_v \times k. \quad (1)$$

Kabinetuose atliekamas darbas priskiriamas B regos grupei, tokiu atveju natūralios apšvietos koeficiento  $N_v$  reikšmė lygi 1 %, kai yra šoninis apšvietimas ir darbo vietos apšviečiamos natūraliai. Pagrindinis fasadas orientuotas į vakarus, o kitas fasadas į rytus, todėl pataisos koeficientas  $k$  abiem fasadams lygus 1,1 [21].

Žinant vien natūralios apšvietos koeficientą gana sudėtinga įvertinti, koks turi būti minimalus patalpos įstiklinimas, todėl reikia atlikti įstiklinimo ploto skaičiavimą konkrečiam atvejui. Tai atliekama pagal [22].

Esant šoniniam patalpų apšvietimui, langų įstiklinto paviršiaus plotas turi būti ne mažesnis už apskaičiuotą pagal formulę [22]:

$$A_{sv} = 0,01 \cdot A_{gr} \cdot \frac{N_v \cdot k \cdot \eta_0}{\tau_0 \cdot r_1} K_1, \quad (2)$$

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4. \quad (3)$$

Natūralios apšvietos koeficiento norminė vertė procentais priklauso nuo pastato ir patalpos paskirties ir nustatoma pagal higienos normas. Ši reikšmė, kaip minėta, nagrinėjamu atveju yra 1 %.

Kabinetai yra trijų dydžių: 95, 180 ir 75 m<sup>2</sup>. Kadangi kraštinių kabinetų (180 m<sup>2</sup>) yra įstiklintas dviejose skirtingose sienose, siekiant išvengti netikslumų jis sąlyginai padalijamas į dvi vienodo ploto patalpas.

Lango šviesos pralaidumo charakteristika  $\eta_0$  yra apskaičiuojama, o jos skaičiavimo formulė priklauso nuo patalpos ilgio ir pločio santykio.

Atstumas nuo apšviečiamos plokštumos iki lango viršaus  $m$  lygus 2,5 m, priimant, kad patalpos aukštis šviesoje 2,8 m (įvertinus perdangos storį ir pakabinamas lubas).

Įstiklinimo plotas koridoriui neskaičiuojamas, jis priimamas toks pat kaip kabinetų įstiklinimo plotas. Kadangi kabinetai yra trijų tipų, kiekvienam iš jų apskaičiuotas optimalus įstiklinimo plotas  $A_{sv}$ , skiriasi dėl patalpų gylio, tačiau dėl estetikos yra priimama, kad visų patalpų įstiklinimas yra vienodas, o įstiklinimo plotai patalpoms priimami pagal maksimalų apskaičiuotą įstiklinimą: THERMO SKP paketui – 52 %, SUN SELECT paketui – 56 %.

Minimalus įstiklinimo plotas gaunamas, kai diena darbo vietos apšvietimas yra tik natūralus, nenaudojamas papildomai dirbtinis. Kaip pagrįsta moksliniais darbais, reikia maksimaliai panaudoti natūralaus apšvietimo galimybes, nes tai yra energetiškai efektyviau nei dirbtinis apšvietimas.

### 3.2. Skaičiavimo modelio sudarymas

Remiantis tipiniu objekto planu, DesignBuilder programos pagalba buvo sudarytas tipinio aukšto plano modelis (1 pav.). Pastato energijos poreikių modeliavimui buvo pasitelkta pastatų dinaminio energetinio modeliavimo kompiuterinė programa EnergyPlus, kuri leidžia atlikti išsamiai aprašyto pastato detalių, kompleksinį modeliavimą pasirinktu laiko žingsniu.

Kuriant kompiuterinį modelį buvo išskirti trys zonų tipai: kabinetai, koridorius ir tualetai, kiekvienas su savo būdingu naudojimo režimu ir mikroklimato parametrais.

Modelio duomenys pateikti 1 lentelėje.

1 paveiksle pavaizduotas DesignBuilder programoje sukurtas geometrinis pastato modelis – aukšto planas bei pastato fasadas.

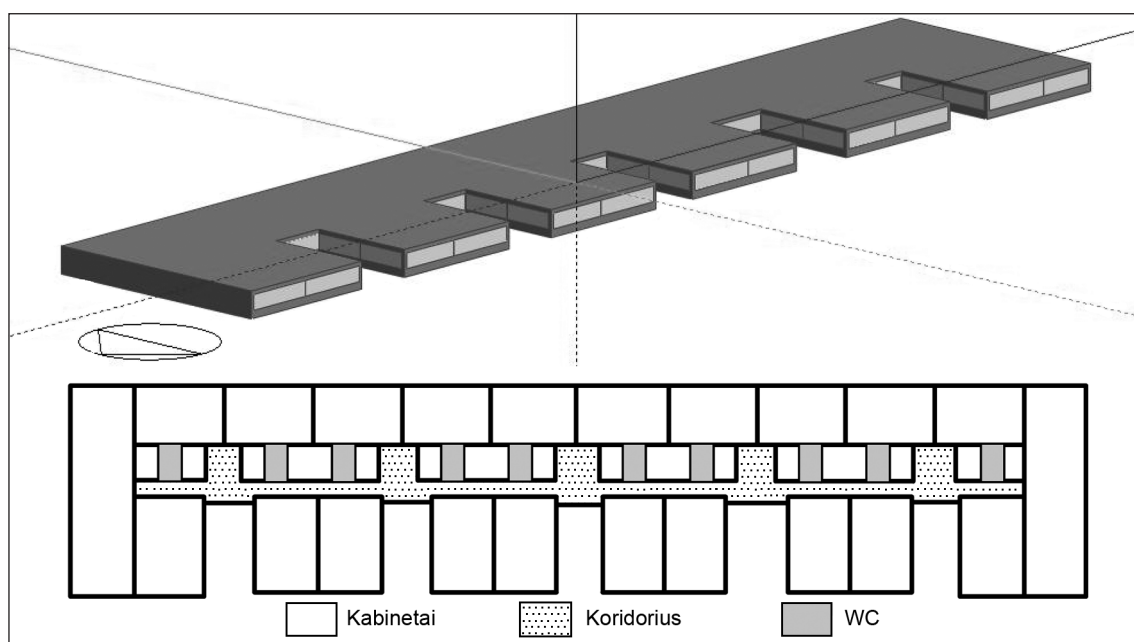
Sukūrus pastato geometrinį modelį, apibūdinus atitvaras, pastato naudojimo grafikus, pritekėjimus, palaikomas komfortines sąlygas bei inžinerines sistemas, metiniai energijos poreikiai skaičiuojami EnergyPlus programa.

## 4. REZULTATAI

EnergyPlus programa atlikus 12 skirtingų įstiklinimo variantų skaičiavimus metų laikotarpiui, gaunami metiniai energijos poreikiai. Tipiniai EnergyPlus rezultatai vienam iš skaičiuotų variantų pavaizduoti 2 paveiksle.

1 lentelė. Modelio duomenys

<b>Pastato konstrukcijos</b>	Apskaičiuotas statytojo pateiktos išorinės sienos konstrukcijos šilumos perdavimo koeficientas $0,16 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Laikoma, kad per grindis ir lubas nevyksta šilumos mainai, su viršutiniu ir žemutiniu aukštais, nes jie yra identiški ir nesudaro temperatūrų skirtumo. Priimta lauko oro infiltracija – 0,1 karto per valandą.
<b>Patalpų vidaus charakteristikos</b>	Priimta, kad žmonių tankis pastate yra $0,08 \text{ žmogaus/m}^2$ . Yra numatytas būdingas administracinių pastatų žmonių buvimo grafikas. Tarta, kad žiemą patalpose žmonių buvimo metu palaikoma $20 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūra, o kai žmonių nėra, šildymo sistema palaiko $12 \text{ }^\circ\text{C}$ . Vasarą vėsinimo sistema palaiko $24 \text{ }^\circ\text{C}$ temperatūrą, o nedarbo valandomis sistema išjungžiama. Kiekvienam žmogui tiekiami $10 \text{ l/s}$ šviežio oro. Šilumos pritekėjimai nuo biuro įrangos priimti ne mažesni kaip $6 \text{ W/m}^2$ .
<b>Langai</b>	Įstiklinimo charakteristikos, kaip minėta, numatomos pagal statytojo pateiktas charakteristikas, o minimalus reikalaujamas įstiklinimo plotas apskaičiuotas pagal normas. Taigi nagrinėjama 2 skirtingiems lango tipams po 6 įstiklinimo plotus: 20, 40, 60, 80, 100 % (sienos įstiklintos dalies ploto santykis su sienos plotu) ir minimalus pagal normas reikalaujamas įstiklinimo plotas.
<b>Apšvietimas</b>	Priimta, kad patalpose apšvietimo sistema veikia visą žmonių buvimo jose laiką. Patalpoje palaikoma 500 lux apšvietos lygis. Naudojamos T8 (25 mm) fluoroscencinės trifosfato lempos. Instaliuota elektrinė apšvietimo sistemos galia $17 \text{ W/m}^2$ . Šviestuvai įleidžiami į pakabinamas lubas. Apšvietimo sistemoje įdiegta kontrolė pagal nustatytą apšvietos lygį.
<b>Mikroklimato sistemų parametrai</b>	Yra priimta, kad pastate naudojama vandeninė radiatorinė šildymo sistema. Šilumos šaltinis – dujinis katilas, kurio efektyvumas 85 %. Pastate veikia mechaninė vėdinimo sistema, kuri, kaip minėta, tiekia šviežio oro pagal numatytą vienam žmogui kiekį. Priimta, kad vėsinimo sistemos naudingumo koeficientas yra 2,5. Vėsinimo įrenginys šalčiui gaminti naudoja elektrą. Visos sistemos, kaip minėta, veikia pagal numatytus jų veikimo grafikus.
<b>Klimato duomenys</b>	Klimato parametrai programoje EnergyPlus panaudojami pagal tarptautinio meteorologijos duomenų tinklo IWECC [23] duomenų bazę.



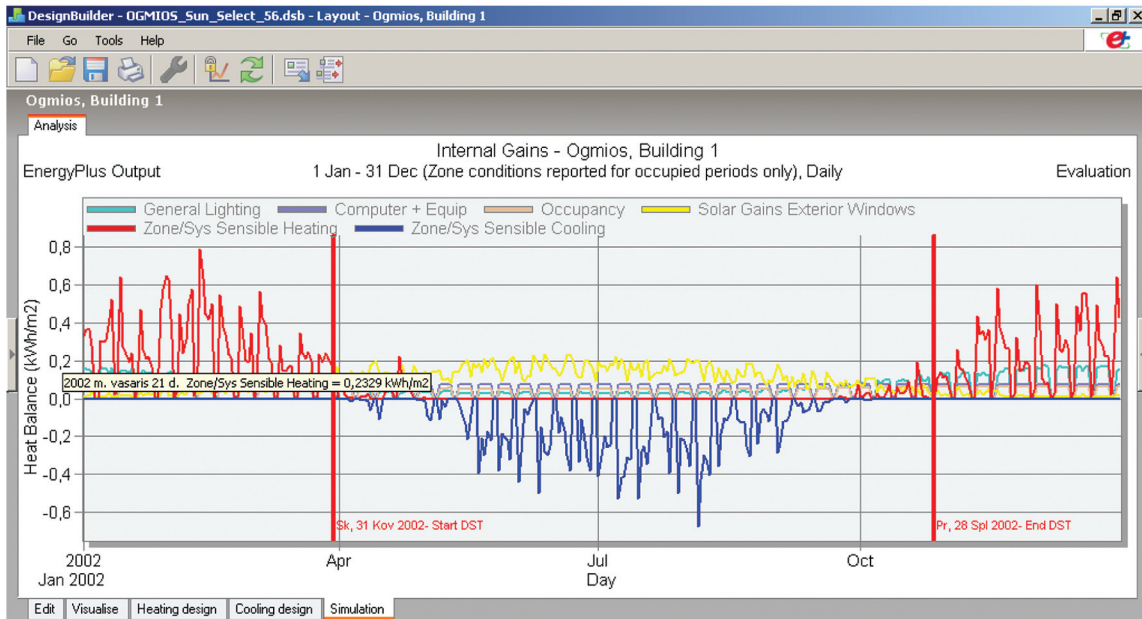
1 pav. Pastato modelio vaizdas DesignBuilder programoje

Apskaičiavus pastato su SUN SELECT ir THERMO SKP stiklo paketais ir skirtingais įstiklinimo plotais šildymo, vėsinimo ir apšvietimo metinius energijos poreikius, atliekamas stiklo paketų ir įstiklinimo plotų palyginimas, siekiant nustatyti efektyviausią energiniu požiūriu sprendimą.

Šildymo sistema naudoja dujas, o vėsinimo ir apšvietimo – elektrą, todėl sistemos gali būti lyginamos tik perskaičiavus suvartotą energiją į pirminę energiją. Perskaičiuojant priimamas perskaičiavimo koeficientas 3 [24]. Taip pat įvertinami sistemų efektyvumai ir gaunamas metinis pirminės energijos suvartojimas šildymui, vėsinimui bei apšvietimui (3–5 pav.).

Energijos suvartojimas normalizuojamas pagal bendrą aukšto plotą, įskaitant ir nekondicionuojamas patalpas.

Kaip matyti 3 ir 4 paveiksluose, abiem stiklo paketais, esant skirtingam įstiklinimo plotui, energijos poreikiai šildymui ir aušinimui, didėjant įstiklinimo plotui, didėja, o energijos poreikiai apšvietimui, atvirkščiai, – mažėja. THERMO SKP stiklo paketo saulės energijos pralaidumas didesnis, todėl jo energijos poreikiai vėsinimui yra atitinkamai didesni už SUN SELECT, o energijos suvartojimas šildymui mažesnis, kadangi šio stiklo paketo paskirtis yra taupyti šilumą. Kadangi abiejų stiklo paketų šviesos pralaidumas labai mažai skiriasi, jų energijos poreikiai apšvietimui yra praktiškai vienodi.



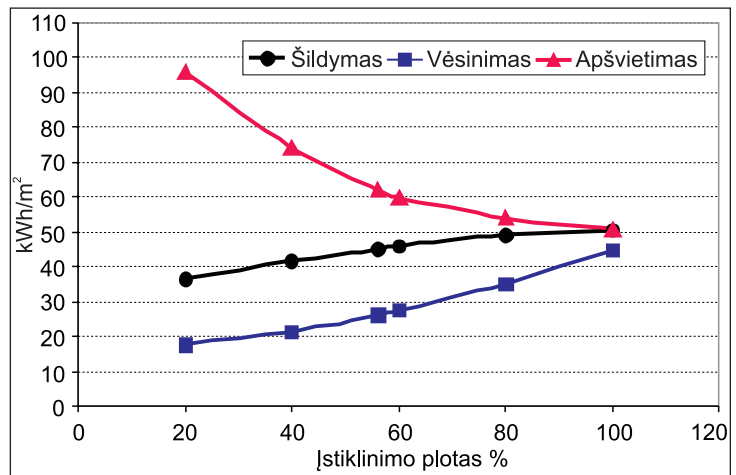
2 pav. EnergyPlus modeliavimo rezultatų langas

Sudėjus šildymo, apšvietimo ir vėsinimo energijos poreikius (5 pav.), gaunama, kad SUN SELECT paketui minimalūs energijos poreikiai yra, kai įstiklinimas yra 56–60 %, t. y. minimalūs energijos poreikiai yra, kai įstiklinimas yra minimalus reglamentuotas. Tuo tarpu THERMO SKP stiklo paketui minimalūs energijos poreikiai yra, kai įstiklinimo plotas 45 %, t. y. mažesnis nei reglamentuojamas minimalus (52 %).

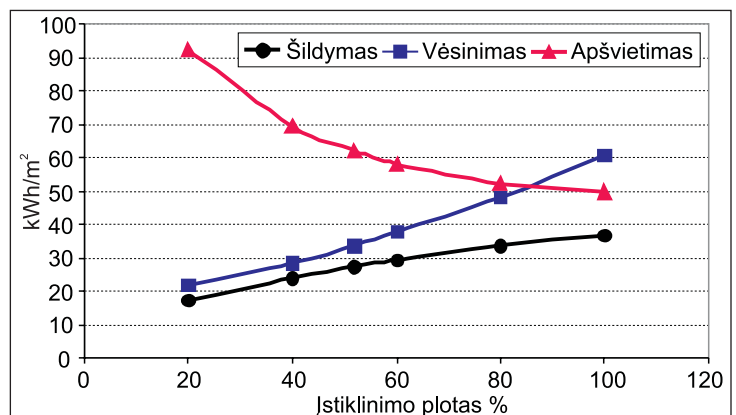
Energijos poreikiai THERMO SKP stiklo paketui yra mažesni nei SUN SELECT stiklo paketo, tačiau didėjant įstiklinimo plotui, skirtumas mažėja, o esant 100 % įstiklinimui – susivienodina. Tai būtų galima paaiškinti tuo, kad THERMO SKP stiklo paketo laidumas saulės spinduliams yra kur kas didesnis (61 %) už SUN SELECT (43 %) ir didėjant įstiklinimui THERMO SKP atveju sparčiau auga energijos poreikis vėsinimui.

Taigi, lyginant šiuos stiklo paketus, gauta, kad esant 20 % įstiklinimui, SUN SELECT atveju energijos poreikis yra 14 % didesnis ir skirtumas mažėja, didėjant įstiklinimo plotui, kol susilygina esant maksimaliam įstiklinimui. Esant minimalius natūralaus apšvietimo reikalavimus atitinkantiems įstiklinimo plotams, SUN SELECT stiklo paketo atveju energijos poreikis yra 8 % didesnis nei THERMO SKP.

Investuotojui yra svarbu investicijos į objektą, todėl tikslinga apžvelgti ir palyginti skirtingų nagrinėtų variantų galių skirtumus. Kadangi apšvietimo galia buvo numatyta, lyginamos tik šildymo ir vėsinimo įrangos galios, kai priimta atsarga lygi 10 % (6 pav.).

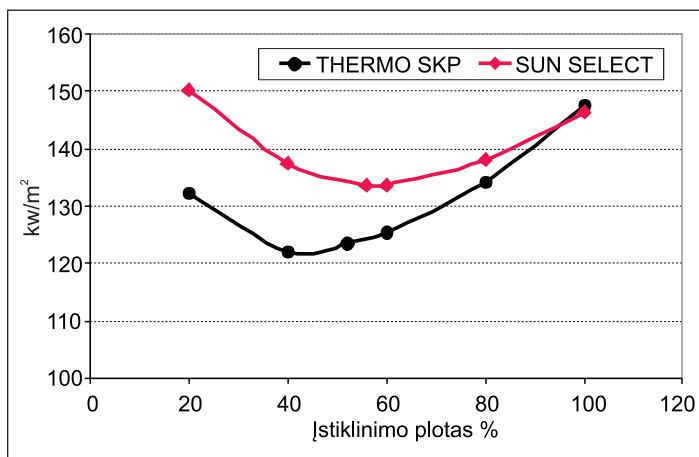


3 pav. Metinis pirminės energijos poreikis šildymui, vėsinimui ir apšvietimui, kai naudojamas SUN SELECT tipo stiklo paketas

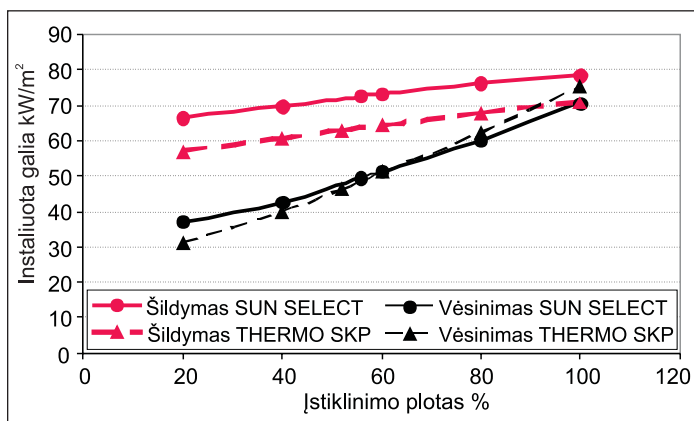


4 pav. Metinis pirminės energijos poreikis šildymui, vėsinimui ir apšvietimui, kai naudojamas THERMO SKP tipo stiklo paketas





5 pav. Suminis metinis pirminės energijos poreikis šildymui, vėsinimui ir apšvietimui, kai naudojami skirtingi stiklo paketai



6 pav. Instaliuotos šildymo ir vėsinimo galios, esant skirtingiems stiklo paketams

Lyginant instaliuotinas galias, matyti (6 pav.), kad SUN SELECT paketui reikia instaliuoti šildymo galią, esant bet kuriam įstiklinimo plotui, 10 W/m<sup>2</sup> didesnę, o tai esant mažiausiam įstiklinimo plotui sudaro 17 %. Įstiklinimo plotui mažėjant, mažėja ir skirtumas tarp instaliuotų šildymo galių skirtingiems paketams ir, esant maksimaliam įstiklinimui, šis skirtumas sudaro 11 %. Kai įstiklinimo plotai stiklo paketams yra minimalūs reglamentuoti, SUN SELECT stiklo paketui reikalinga instaliuoti šildymo galia yra 15 % didesnė nei THERMO SKP paketo.

Tuo tarpu reikalinga instaliuoti vėsinimo galia yra daug jautresnė įstiklinimo plotui, nei šildymo. Esant minimaliam reglamentuotam įstiklinimui SUN SELECT stiklo paketui vėsinimo galia yra 6 W/m<sup>2</sup> didesnė, o tai sudaro 19 %. Didėjant įstiklinimo plotui, skirtumas tarp stiklo paketų mažėja. Esant norminiam įstiklinimui vėsinimo galios skirtumas sudaro tik 7 % ir toliau didėjant įstiklinimo plotui ryškėja teigiamos stiklo paketo SUN SELECT savybės, t. y. instaliuotos galios poreikis pasidaro mažesnis, nei THERMO SKP paketo, ir esant maksimaliam įstiklinimui SUN SELECT stiklo paketui vėsinimo galia yra 6 % mažesnė, nei THERMO SKP paketui.

## 5. IŠVADOS

1. Optimizuojant pastato bendrus energijos poreikius šildymui, vėsinimui ir apšvietimui nustatyta, kad minimalūs energijos poreikiai THERMO SKP paketui yra, kai įstiklinimas – 40–45 %. Toks įstiklinimo plotas neatitinka higienos reikalavimų, todėl šiam stiklo paketui optimalus įstiklinimas yra lygus minimalius natūralaus apšvietimo reikalavimus atitinkančiam – 52 %. Tuo tarpu SUN SELECT stiklo paketui minimalūs energijos poreikiai yra, kai įstiklinimas 56–60 %.

2. THERMO SKP stiklo paketo saulės energijos pralaidumas didesnis, todėl naudojant jį energijos poreikiai vėsinimui yra atitinkamai didesni už SUN SELECT. THERMO SKP stiklo paketui energijos poreikiai vėsinimui didėjant įstiklinimui kinta nuo 22–61 kWh/m<sup>2</sup>, o SUN SELECT – nuo 18–37 kWh/m<sup>2</sup>.

Kadangi THERMO SKP stiklo paketas yra šilumą taupantis, naudojant jį energijos poreikis šildymui yra mažesnis nei SUN SELECT stiklo paketo. THERMO SKP paketui energijos poreikis šildymui didėjant įstiklinimo plotui kinta atitinkamai nuo 18–37 kWh/m<sup>2</sup>, o SUN SELECT – 37–51 kWh/m<sup>2</sup>.

Stiklo paketų šviesos laidumas mažai skiriasi, todėl jų energijos poreikiai apšvietimui yra praktiškai vienodi.

3. Esant minimalius natūralaus apšvietimo reikalavimus atitinkantiems (norminiams) pastato fasado įstiklinimo plotams, pastato suminis metinis pirminės energijos poreikis šildymui, vėsinimui ir apšvietimui naudojant stiklo paketą SUN SELECT yra 133 kWh/m<sup>2</sup>, o THERMO SKP – 123 kWh/m<sup>2</sup>, t. y. SUN SELECT stiklo paketui pirminės energijos suvartojimas yra 8 % didesnis.

Instaliuota šildymo galia esant norminiam įstiklinimo plotui THERMO SKP paketui yra 15 % mažesnė nei SUN SELECT paketui, o vėsinimo galia – atitinkamai 7 % mažesnė (apšvietimas nekinta pagal pradinis duomenis).

4. Analizė parodė, kad nagrinėjant pastatus Lietuvos sąlygomis esant norminiam įstiklinimo plotui tiek investicijų, tiek energijos poreikių atžvilgiu naudingiausia rinktisi šilumą taupantį THERMO SKP stiklo paketą, o SUN SELECT šilumą atspindintis stiklo paketas dėl mažesnių investicijų vėsinimui galėtų būti naudingas tik didelių (beveik 100 %) įstiklinimo plotų atvejais.

### Žymėjimai

$N_v$  – natūralios apšvietos koeficiento vertė;  $k$  – patalpos koeficientas, priklausantis nuo langų orientacijos;  $A_{sv}$  – langų įstiklinto paviršiaus plotas (m<sup>2</sup>);  $A_{gr}$  – patalpos grindų plotas (m<sup>2</sup>);  $\eta_0$  – lango šviesos pralaidumo charakteristika;  $m$  – atstumas nuo apšviečiamos plokštumos iki lango viršaus.

## Literatūra

1. Europos Bendrijų Komisija. *Europos Parlamento ir Tarybos direktyva dėl pastatų energinio naudingumo*. 2008. KOM(2008) 780 galutinis. <http://eur-lex.europa.eu/>
2. Europos Bendrijų Komisija. *Komisijos komunikatas: Efektyvaus energijos vartojimo veiksmy planas: išnaudoti potencialą*. 2006. KOM(2006)545 galutinis. <http://eur-lex.europa.eu/>
3. STR 2.01.09:2005 *Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas*. Vilnius: LR aplinkos ministerija, 2005.
4. Dama A. *Solar and external heat gains at the building envelope. Control and reduce external heat gains at the external surface of the envelope*. [www.keep-cool.eu](http://www.keep-cool.eu)
5. Sasnauskaitė V., Juodis E. Administracinio pastato įstiklinimo ploto optimizavimas atsižvelgiant į energijos sąnaudas apšvietimui ir aušinimui. *Kasmetinės doktorantų ir jaunųjų mokslininkų konferencijos „Jaunoji energetika 2007“ pranešimų medžiaga*. Kaunas, 2007 m. birželio 7 d. Kaunas: Lietuvos energetikos institutas, 2007.
6. Menzies G. F., Wherrett J. R. Windows in the workplace: examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi-glazed windows. *Energy and Buildings*. 2005. Vol. 37. No. 6. P. 623–630.
7. Gratia E., De Herde A. Design of low energy office buildings. *Energy and Buildings*. 2003. Vol. 35. No. 5. P. 473–491.
8. Karlsson J., Karlsson B., Ross A. A simple model for assessing the energy performance of windows. *Energy and Buildings*. 2001. Vol. 33. No. 7. P. 641–651.
9. Cremers J., Illiger C., Lang W. Thermische Simulation zur Bewertung des Potenziales eines Neuartigen, Hochwaermeadmmten Fenstersystems. *Proceedings of 17th Air Conditioning and Ventilation Conference, May 17–19, 2006, Prague, Czech Republic*. 2007. P. 15.
10. Masoso O. T., Grobler L. J. A new and innovative look at anti-insulation behaviour in building energy consumption. *Energy and Buildings*. 2009. Vol. 40. No. 10. P. 1889–1894.
11. Jenkins D., Liu Y., Peacock A. D. Climatic and internal factors affecting future UK office heating and cooling energy consumption. *Energy and Buildings*. 2008. Vol. 40. No. 5. P. 874–881.
12. Mast J. G., Stec W. J. Optimization of the buildings performance with the use of simulations. *Rehva Journal*. 2006. No. 3. P. 12–15.
13. Ihm P., Nemri A., Krarti M. Estimation of lighting energy savings from daylighting. *Building and Environment*. 2009. Vol. 44. No. 3. P. 509–514.
14. Bodart M., De Herde A. Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting. *Energy and Buildings*. 2002. Vol. 34. P. 421–429.
15. Ghisi E., Trinker J. A. An Ideal Window Area concept for energy efficient integration of daylight and artificial light in buildings. *Building and Environment*. 2005. Vol. 40. P. 51–61.
16. Schrum L., Parker D. S. DOE-2 Validation – Daylight dimming and energy savings: the effects of window orientation and blinds. *Building Energy Simulation – User News*. 1996. Vol. 17. No. 1. P. 8–16.
17. Poirazis H., Blomsterberg A., Wall M. Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. *Energy and Buildings*. 2008. Vol. 40. No. 7. P. 1161–1170.
18. Lahne A. Integrale Analyse von Gebaeuden durch simulation. *Proceedings of 17th Air Conditioning and Ventilation Conference, May 17–19, 2006, Prague, Czech Republic*, 2006. P. 109–112.
19. Franzetti C., Fraisse G., Achard G. Influence of the coupling between daylight and artificial lighting on thermal loads in office buildings. *Energy and Buildings*. 2004. Vol. 36. P. 117–126.
20. *Sabonio klubas ir partneriai*. [www.skp.lt](http://www.skp.lt)
21. HN 98 : 2000. *Natūralus ir dirbtinis darbo vietų apšvietimas. Apšvietos ribinės vertės ir bendrieji matavimo reikalavimai*. Vilnius: LR sveikatos apsaugos ministerija, 2000.
22. STR 2.05.20 : 2006. *Langai ir išorinės įėjimo durys*. Vilnius: LR aplinkos ministerija, 2006.
23. International Weather for Energy Calculations (IWEC Weather Files). Users Manual and CD-ROM, ASHRAE, 2001.
24. Schmidt D. Design of low exergy buildings – method and a pre-design tool. *International Journal of Low Energy and Sustainable Buildings*. 2003. Vol. 3. P. 1–47.

Violeta Motuzienė, Sabina Paulauskaitė, Kęstutis Valančius

#### INFLUENCE OF THE BUILDING GLAZING CHARACTERISTICS ON ITS HEATING, COOLING AND LIGHTING ENERGY DEMAND

##### Summary

The authors analyze the dependence of an office building energy demand for heating, cooling and lighting on the façade glazing area, heat transfer coefficient and characteristics of the glass. Using the computer modelling of heating and cooling loads, the optimal energy demand for heating, cooling and lighting are defined. The analysis shows that when making architectural decisions it is necessary to make an integrated assessment of the energy demand of the systems mentioned above.

**Key words:** heating, cooling, lighting, modeling, glazing, energy demand

#### Виолета Мотузене, Сабина Паулаускайте, Кястутис Валанчюс ЗАТРАТЫ ЭНЕРГИИ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ, ОХЛАЖДЕНИЯ И ОСВЕЩЕНИЯ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ХАРАКТЕРИСТИК ОСТЕКЛЕНИЯ ЗДАНИЯ

##### Резюме

Рассмотрены вопросы энергетической эффективности систем отопления, охлаждения и освещения в зависимости от характеристик остекления здания: площади, коэффициента теплопередачи, от свойств стекол и др. С помощью компьютерного моделирования определены оптимальные затраты энергии систем отопления, охлаждения и освещения. Проведенный анализ доказывает необходимость определения совместного энергопотребления таких систем для принятия архитектурных решений.

**Ключевые слова:** отопление, охлаждение, освещение, моделирование, остекление, затраты энергии