

## SAULĖS SIENOS ĮTAKOS PASTATO ATITVAROMS ANALIZĖ

Violeta MOTUZIENĖ

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

*El. paštas violeta.motuziene@vgtu.lt*

**Santrauka.** Straipsnyje nagrinėjama saulės sienos (neįstiklinto pratakais saulės kolektoriaus) įtaka išorinei atitvarai šiltuoju ir šaltuoju metų laiku. Eksperimentinis tyrimas buvo atliktas dviejose patalpose: vienoje – išorinė atitvara dengta, o kitoje – nedengta saulės siena. Remiantis gautais eksperimentiniais ir meteorologiniais duomenimis atlikta saulės sienos poveikio atitvarai ir jos priklausomybės nuo saulės spinduliuotės intensyvumo su oro apeiga ir be jos analizė. Saulės siena modeliuota su „COMSOL Multiphysics“ programa. Sumodeliuoti aštuoni skirtingi atitvaros su saulės siena variantai, siekiant nustatyti būdus, kaip sumažinti neigiamą ir padidinti teigiamą įtaką atitvarai šiltuoju ir šaltuoju metų laiku.

Nustatyta, kad saulės siena šiltuoju metų laiku, kai oras joje nejuda, daro neigiamą įtaką atitvarai – šilumos pritekiai padidėja 8–12,2 %, lyginant su nedengta atitvara. Analizė parodė, kad saulės siena apsaugo atitvarą nuo tiesioginės saulės spinduliuotės, jei oras ištraukiamas per apėjimo ortakį. Šaltuoju metų laiku saulės siena šilumos nuostolius sumažina 25,5 %, lyginant su nedengta išorine atitvara.

**Reikšminiai žodžiai:** „COMSOL Multiphysics“, eksperimentas, įtaka atitvaroms, modeliavimas, saulės siena.

### Įvadas

Visame pasaulyje pastaruju metu daug dėmesio skiriama saulės energijos vartojimui dėl didėjančių deginamo iškastinio kuro emisijų, kurios spartina klimato kaitą (Sandhu *et al.* 2013). Saulės energija – viena iš seniausių ir labiausiai paplitusių atsinaujinančių energijos naudojimo išteklių (Santos *et al.* 2013). Daugiausia saulės energijos vartojama karštam vandeniui ruošti kolektoriuose ir elektros energijai pagaminti fotoelementuose. Pastaruju metu populiarėja pratakūs perforuoti saulės kolektoriai (toliau – saulės siena), kurie tiesiogiai šildo į patalpas vėdinimo sistemos tiekiamą šviežią orą, taip taupydamos energiją.

Paprastai pratakus saulės kolektorius naudojamas žiemą ir pereinamuoju laikotarpiu, kai reikalinga šiluma patalpoms šildyti (Athienitis *et al.* 2010). Vasarą šis kolektorius nenaudojamas – oras į patalpas tiekiamas per apeigos vožtuvą. Kyla klausimas, kas įvyksta, jei saulės kolektorius nenaudojamas, nes vasarą vyrauja didelė saulės spinduliuotė ir didelė aplinkos temperatūra. Neįstiklinto pratakais saulės kolektorių gamintojas (SolarWall® 2013) teigia, kad saulės kolektorius apsaugo išorinę atitvarą nuo tiesioginės saulės spinduliuotės – sumažina patalpos vėsos poreikį. Tačiau gamintojas nenurodo, kiek sumažinamas vėsos poreikis. Aišku, kad saulės siena veikia atitvaros šilumos režimą ir žiemą, nes saulės sienoje yra šiltas oras, šis poveikis turėtų būti teigiamas. Vėlgi neaišku, kiek galima sumažinti pastato

šilumos nuostolius per išorinę atitvarą žiemą, kai ant jos sumontuota saulės siena. Mokslinėse publikacijose nagrinėti klausimai nebuvo.

Leon, Kumar (2006) ir Badache *et al.* (2013) tyrė, kaip saulės sienos efektyvumas priklauso nuo įvairių veiksnių. Miežėnas (2013) atliko eksperimentinį tyrimą, kurio rezultatai parodė, kad saulės kolektorius sumažina vėsos poreikius, bet tyrimai buvo atlikti skirtingose patalpose, kuriose vyravo skirtingos temperatūros.

Šio darbo tikslas – atliekant eksperimentus nustatyti, kokį poveikį saulės siena turi pastato išorinei sienai šiltuoju ir šaltuoju metu. Taip pat sukurti kompiuterinį modelį ir išanalizuoti šilumos pritekį per atitvarą, keičiant saulės sienos oro ištraukimo greitį, kolektoriaus atstumą nuo išorinės sienos ir atitvaros šiluminę varžą.

### Tyrimo objektas

Šiame straipsnyje analizuojamas tyrimo objektas – saulės siena, kuri 2011 m. sumontuota ant Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VGTU) Aplinkos inžinerijos fakulteto pietinio fasado (1 pav.). Kolektoriaus plotas – 100 m<sup>2</sup>, aukštis – 16,6 m, plotis – 6 m, gylis – 0,1 m. VGTU atitvaros, kurią dengia saulės kolektorius, storis yra 0,52 m, o šiluminė varža  $R = 1,0$  (m<sup>2</sup>K)/W.



1 pav. VGTU neįstiklintas pratakus saulės kolektorius  
Fig. 1. An unglazed transpired solar collector arranged at Vilnius Gediminas Technical University

Saulės sienos paskirtis – perduoti tiesioginių saulės spindulių įkaitintą orą į vėdinimo agregatą, kur oras papildomai pašildomas iki reikiamos temperatūros ir tiekiamas į patalpas.

### Tyrimo metodika

Saulės sienos įtaka išorinei atitvarai vertinama dviem etapais: atliekant eksperimentus ir naudojant skaitinį modeliavimą.

Eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami šiltuoju ir šaltuoju metų laiku. Siekiant įvertinti oro apėjimo įtaką išorinei sienai, šiltuoju metu tyrimai buvo atlikti dviem etapais: 2013 m. rugpjūčio 17–18 d., kai saulės siena buvo be oro apeigos, ir rugsėjo 8–9 d., kai saulės siena buvo su oro apeiga. Šaltuoju metu tyrimas buvo atliktas 2014 m. vasario 4–5 d., kai saulės siena buvo naudojama pagal paskirtį – orui pašildyti (be oro apeigos).

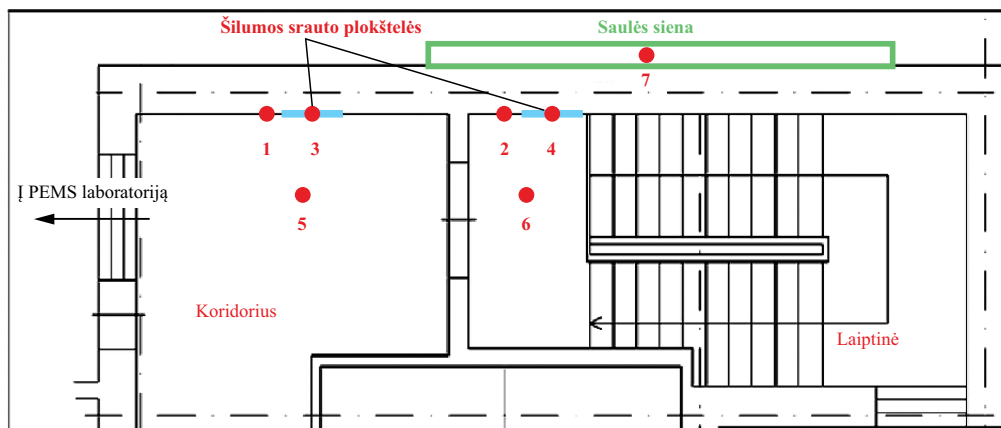
Eksperimentui atlikti buvo panaudota: šilumos srauto plokštelės FQA0801H; meteorologinė stotelė HOBO U30; AHLBORN ALMEMO 2890-9 duomenų kaupiklis; pirometras HOBO S-LIB-M003; termoanemometras „Almemo FVA935TH5“ bei VGTU Pastato energetinių ir mikroklimato sistemų laboratorijos (PEMS) SCADA duomenų kaupimo programa.

Matuoti tokie parametrai (2 pav.):

- 1) patalpų vidinės atitvaros paviršiaus temperatūros  $t_{pav1}$  (1) ir  $t_{pav2}$  (2), °C;
- 2) šilumos pritekiai  $q_1$  (3) ir  $q_2$  (4), W/m<sup>2</sup>;
- 3) patalpų oro temperatūros  $t_{vid1}$  (5),  $t_{vid2}$  (6), °C;
- 4) oro temperatūra tarp išorinės sienos ir saulės sienos  $t_{kol.oro}$  (7), °C;
- 5) aplinkos oro temperatūra  $t_{apl}$ , °C (matuojama ant stogo meteorologinės stotelės);
- 6) saulės spinduliuotės intensyvumas  $I$ , W/m<sup>2</sup> (matuojama ant stogo meteorologinės stotelės).

Atlikus eksperimentus, išanalizuota saulės sienos įtaka išorinei atitvarai, ant kurios ji sumontuota. Toliau atliekamas aštuonių skirtingų išorinės sienos su pratakiumi saulės kolektoriumi variantų skaitinis modeliavimas (1 lentelė), esant skirtingam oro atstumui tarp saulės kolektoriaus ir išorinės atitvaros, keičiantis oro ištraukimo greičiui, didinant išorinės sienos varžą, naudojant skirtingo storio šiluminio medžiagas. Taip siekiama nustatyti, kuris variantas labiausiai sumažina nepageidaujamus šilumos priteklius į patalpas vasarą.

Skaitiniam modeliavimui pasirinkta programinė įranga „COMSOL Multiphysics“ (2013). Ši modeliavimo programa grindžiama baigtinių elementų metodu. Sukurtame išorinės sienos modelyje buvo įvertintos pradinės sąlygos – aplinkos ir patalpos temperatūros  $t$  (°C), atitvaros ir oro tarpo šiluminės varžos  $R$  W/(m<sup>2</sup>K),



2 pav. Parametrų matavimo vietas  
Fig. 2. The points of measured parameters

1 lentelė. Modeliuojami variantai

Table 1. Simulated alternatives

Variantai	Modelio apibūdinimas
Bazinis	Išorinė atitvara be saulės sienos
1	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 10 cm (esamas variantas)
2	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 15 cm
3	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 20 cm
4	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 10 cm + sienos termoizoliacija 5 cm ( $\lambda = 0,040$ W/(m/K))
5	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 10 cm + sienos termoizoliacija 10 cm ( $\lambda = 0,040$ W/(m/K))
6	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 10 cm, oro ištraukimo greitis 0,1 m/s
7	Išorinė atitvara su saulės siena, oro tarpas 10 cm, oro ištraukimo greitis 0,3 m/s

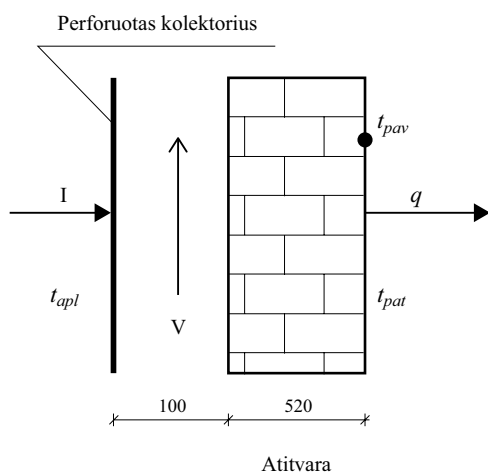
atitvaros išorinio bei vidinio paviršiaus šilumos atdavimo koeficientai  $\alpha$  W/(m<sup>2</sup>K), saulės spinduliuotės intensyvumas  $I$  (W/m<sup>2</sup>) (3 pav.).

Modeliavimui vasarą pasirinktas karščiausias mėnuo – liepa. Kadangi norminiuose dokumentuose nėra paminėtos aukščiausios dienos temperatūros, buvo taikoma ASHRAE (1989) vėsos poreikio skaičiavimo metodika, kur aplinkos temperatūra apskaičiuojama pagal formulę:

$$t_{apl} = t_{0,max} - \Delta t_{0,d} / 2, \quad (1)$$

čia  $t_{0,max}$  – aukščiausia dienos temperatūra;  $\Delta t_{0,d}$  – vidutinė paros temperatūra (RSN 156-94).

Taigi aplinkos temperatūra  $t_{apl} = 26,45$  °C. Vidaus temperatūra  $t_{vid} = 24$  °C (HN 42:2009).



3 pav. Išorinės atitvaros su saulės siena pjūvis

Fig. 3. Sectional view of the external wall with solar wall

Atitvarų šilumos atdavimo nuo paviršiaus koeficientai  $\alpha_{se}$  ir  $\alpha_{si}$  buvo pasirinkti atsižvelgiant į STR 2.01.09:2012 reikalavimus. Šiose normose pateikiamos  $R_{si}$  ir  $R_{se}$  vertės. Jos perskaičiuotos į  $\alpha_{se} = 1/0,04 = 25$  W/(m<sup>2</sup>K) ir  $\alpha_{si} = 1/0,13 = 7,69$  W/(m<sup>2</sup>K). Oro tarpo tarp saulės kolektoriaus ir išorinės atitvaros šiluminė varža  $R_g = 0,18$  (m<sup>2</sup>K)/W remiantis STR 2.01.09:2012.

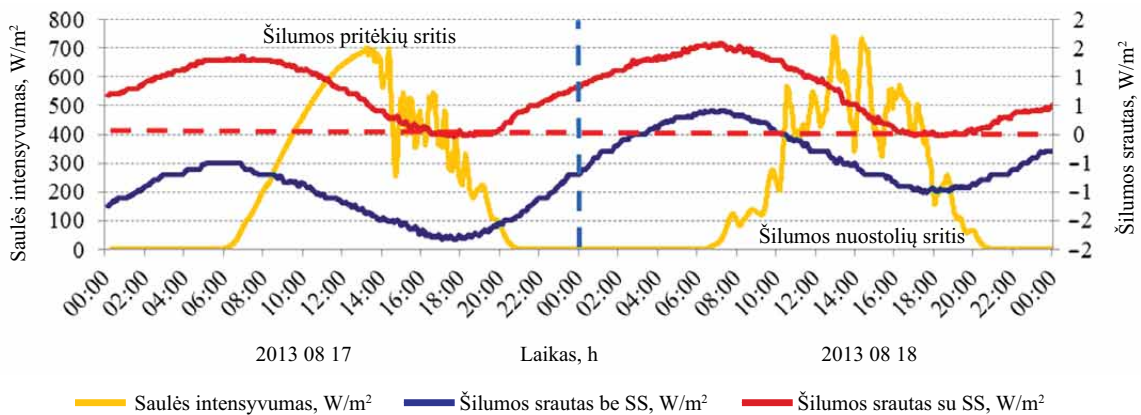
## Rezultatai

Tyrimo saulės sienos be oro apeigos tikslas – ištirti, kokį poveikį turi saulės siena šiltuoju metų laiku pastato mikroklimatui, jei oras nejuda tarp saulės sienos ir išorinės sienos. 4 pav. matyti, kad saulės siena daro neigiamą įtaką išorinei atitvarai. Išorinė atitvara su saulės siena (paveiksluose santrumpa SS reiškia saulės siena, o punktyrine linija skiria šilumos nuostolių ir pritekusių sritis) gauna papildomą šilumos kiekį nuo kolektoriaus spinduliniu būdu bei oro tarpo tarp kolektoriaus ir išorinės atitvaros konvekciniu šilumos perdavimo būdu.

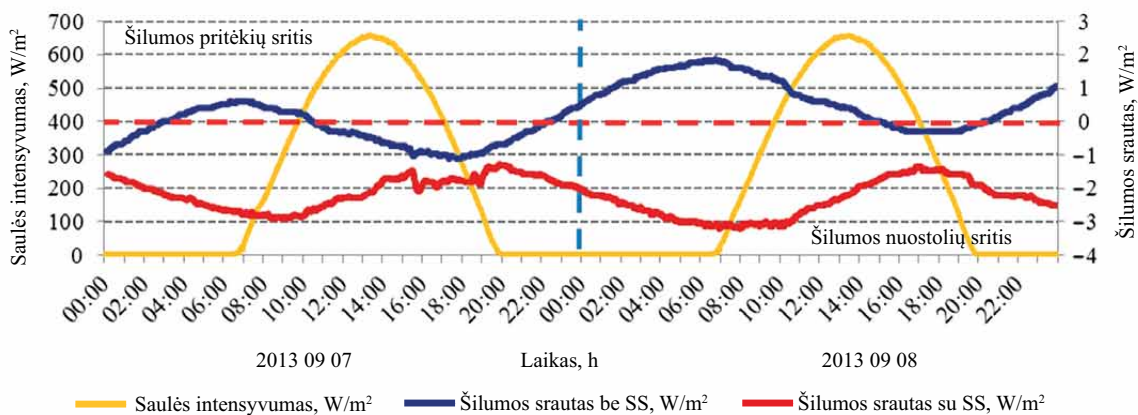
Papildomi šilumos pritekiai per atitvaras rugpjūčio 17 d. per parą – 17 Wh/m<sup>2</sup>, o 18 d. – 18,7 Wh/m<sup>2</sup>, kai išorinė atitvara dengta saulės siena. Per atitvarą be saulės sienos šilumos nuostoliai per parą sudarė atitinkamai 26,7 Wh/m<sup>2</sup> ir 7,6 Wh/m<sup>2</sup>. Didžiausia dienos išorinės sienos su saulės kolektoriumi šilumos pritekčių galia – 1,6 W/m<sup>2</sup> buvo rugpjūčio 18 d. 7:15 val. ryto, o atitvaros be saulės sienos – 0,4 W/m<sup>2</sup>. Padauginus galią iš saulės sienos ploto gaunamas 160 W vėsos galios padidėjimas.

Saulės sienos matavimai su oro apeiga per apeigos vožtuvą atlikti rugsėjo 8–9 d. Tyrimo tikslas – ištirti, kokį poveikį turi saulės siena šiltuoju metų laiku pastato mikroklimatui, jei oras laisvai juda konvekciniu būdu tarp saulės sienos ir išorinės sienos. 5 pav. galima pastebėti, kad išorinė atitvara su saulės siena ir oro apeiga neturėjo neigiamos įtakos atitvarai, o išorinė siena be saulės sienos turėjo neigiamą įtaką. Matome, kad nemaža dalis nepageidaujamo šilumos pritekčių patenka darbo valandomis. Jei žmonės dirba dienomis nuo 8 val. iki 17 val., galima teigti, kad nukenčia jų darbo aplinkos komfortas. Taip pat iš grafiko (5 pav.) matyti, kad šilumos srauto kreivės kyla aukštyn ne lygiagrečiai, kaip kad buvo tuo atveju, kai nėra oro apeigos. Šilumos pritekčių pikai pasiekiami skirtingu metu. To priežastis – judantis oras saulės sienoje, kuris apiplauna išorinę atitvarą ir suintensyvina šilumos mainus. Oro judėjimas vyksta ir naktį, todėl išorinė siena iki ryto vėsta intensyviau.

Rugsėjo 7 d. ir 8 d. atitvaros su saulės siena paros šilumos nuostoliai atitinkamai sudarė 50,3 Wh/m<sup>2</sup> ir 56,3 Wh/m<sup>2</sup>. Atitvaros be saulės sienos paros šilumos



4 pav. Rugsjūčio 17–18 d. saulės intensyvumo ir šilumos srautų grafikas, kai nėra oro srauto apeigos  
 Fig. 4. Solar radiation and heat flux measured on August 17–18 under no air bypass



5 pav. Rugsėjo 7–8 d. saulės intensyvumo ir šilumos srautų grafikas, kai yra oro srauto apeiga  
 Fig. 5. Solar radiation and heat flux measured on August 17–18 under air bypass

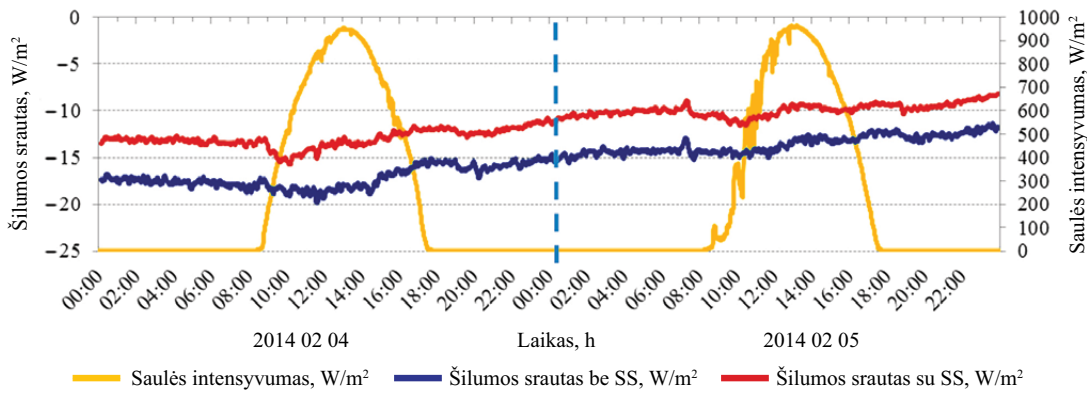
nuostoliai rugsėjo 7 d. buvo beveik 10 kartų mažesni –  $5,3 \text{ Wh/m}^2$ , o rugsėjo 8 d. bendras šilumos srauto balansas buvo teigiamas ir šilumos pritekiai sudarė  $17,0 \text{ Wh/m}^2$ . Gaunama, kad per parą per atitvarą be saulės kolektoriaus į pastatą pateko  $1,7 \text{ kWh}$  šilumos.

Žiemos tyrimo tikslas – ištirti atitvarų su saulės siena ir be jos šilumos režimą, nes kai iš saulės sienos traukiamas oras nuolat apiplauna atitvarą, suintensyvėja šilumos mainai, ypač naktį. Saulės sienos tyrimai atlikti 2014 m. vasario 4–5 d., kai lauko oro temperatūra naktimis siekė  $-9,6 \text{ }^\circ\text{C}$ , o dienomis  $-2,2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Lauke visą laiką buvo giedra ir vyravo intensyvi saulės spinduliuotė. Didžiausia saulės spinduliuotė siekė  $935,3 \text{ W/m}^2$ . Iš saulės sienos buvo siurbiamas  $850 \text{ m}^3/\text{h}$  oro.

Tyrimo metu iš saulės sienos traukiamo oro temperatūra, esant dideliame saulės intensyvumui, buvo pakilusi iki  $28 \text{ }^\circ\text{C}$  ir net naktimis buvo  $\sim 3 \text{ }^\circ\text{C}$  didesnė nei aplinkos oro temperatūra. Taigi saulės siena ne tik pašildo orą, bet ir ati-

tvarą, kuri sušilusi vėliau naktį atiduoda šilumą į aplinką, šiuo atveju tiekiamajam orui. Iš 6 pav. matyti, kad saulės siena šaltuoju metų laiku turi teigiamą įtaką atitvarai ir lemia  $25,5 \%$  mažesnius šilumos nuostolius, lyginant su atitvara be saulės sienos. Naktimis saulės kolektorius taip pat atlieka papildomą šilumos izoliacijos funkciją. Per dvi paras abiejų sienų šilumos nuostoliai mažėjo nuolat, nes nuo sausio mėnesio pabaigos iki vasario pirmos savaitės pabaigos buvo labai saulėta, aplinkos oro temperatūra tomis dienomis kilo.

Atliktas skaitinis modeliavimas šiltajam metų laikui parodė, kad, lyginant su baziniu variantu (1 lentelė), kai saulės sienos nėra, iš visų nagrinėjamų variantų didžiausi šilumos pritekiai yra 1-uoju variantu (esamu). Jie yra  $8\text{--}12,2 \%$  (7 pav.) didesni, lyginant su baziniu variantu. Šiuo atveju nėra oro apeigos, todėl oras saulės sienoje nuo saulės spinduliuotės smarkiai įkaista ir visa jo šiluma perduodama atitvarai, kur vyrauja žemesnė temperatūra. Taigi šis variantas didina patalpų vėsos poreikius.



6 pav. 2014 m. vasario 4–5 d. saulės intensyvumo ir šilumos srautų grafikas, kai saulės siena naudojama orui pašildyti  
Fig. 6. Solar radiation and heat flux measured on February 4–5 when the solar wall is used for heating air

Analizuojant 2–3 variantus (7 pav.), kai didinamas oro tarpas, pastebėta, kad šilumos pritekčių sumažėjimas, lyginant su pirmu variantu, yra nedidelis: 2-o varianto – 0,12–0,18  $W/m^2$  ir 3-io varianto – 0,17–0,27  $W/m^2$  (20 cm). Mažesnius pritekčių kiekius lėmė tai, kad didesnis oro tarpas turi didesnę šiluminę varžą, todėl yra šiek tiek mažesnė temperatūra prie išorinės sienos iš lauko pusės.

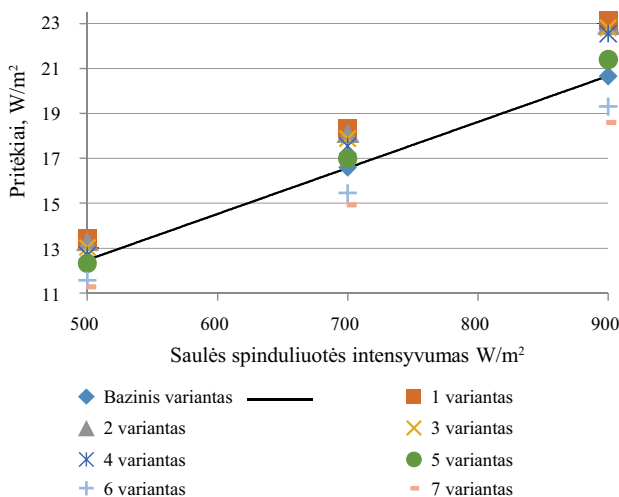
Nagrinėjant 4–5 variantus, kai didinama išorinės atitvaros šiluminė varža, pastebėta, kad 4-o varianto šilumos pritekčiai, lyginant su baziniu variantu, yra didesni 1,7–9,3 %, o 5-o – 0,8–3,7 %. Šilumos pritekčiai sumažėjo, lyginant su pirmuoju variantu, nes termoizoliacija apsaugo atitvarą nuo tiesioginės saulės spinduliuotės įkaitinto oro. Todėl montuojant saulės sieną ant atitvaros paprastai naudojamos termoizoliacinės medžiagos.

6–7 variantus, kai ištraukiamo oro judėjimo greičiai yra 0,1 m/s ir 0,3 m/s, turi teigiamą įtaką atitvarai – apsaugo atitvarą nuo tiesioginės saulės spinduliuotės. Šilumos

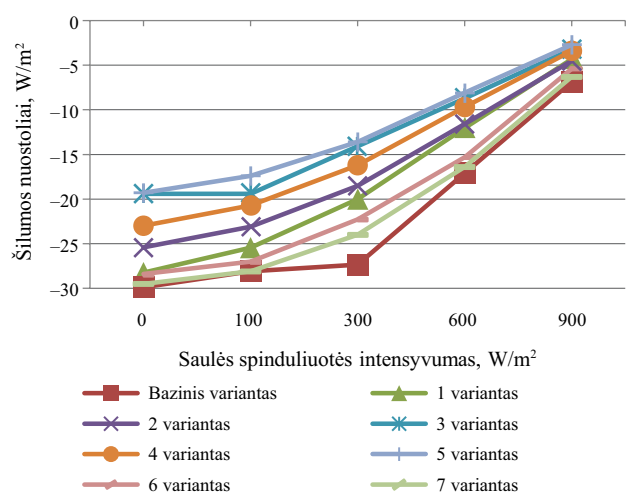
srautas 6-o varianto sumažėjo 6,6–7,5 % ir 10–10,3 %, lyginant su baziniu variantu. Norint padidinti oro ištraukimo greitį, reikalingas ventiliatorius. Tačiau kai yra oro apeiga, vyksta natūrali oro trauka.

Atliktas skaitinis modeliavimas šaltajam metų laikotarpiui (8 pav.) parodė, kad didžiausi šilumos nuostoliai yra bazinio varianto – 29,9–6,8  $W/m^2$ , priklausomai nuo saulės spinduliuotės intensyvumo. 1-o, 2-o ir 3-io variantų šilumos nuostoliai yra mažesni. Šių šilumos nuostolių sumažėjimą lemia tai, kad didesnis oro tarpas turi didesnę šiluminę varžą. Didinant oro tarpą tarp saulės sienos ir atitvaros, mažėja saulės sienos oro išėjimo temperatūra, tiekiamas į vėdinimo sistemą oras yra vėsesnis.

Mažesni šilumos nuostoliai taip pat pastebimi ir 4–5 variantais, kai siena apšiltinta. 6–7 variantai, kai padidėja traukiamo oro greitis, yra neefektyviausi mažinant sienos šilumos nuostolius, t. y. jų įtaka atitvarai su saulės siena yra minimali, lyginant su atveju, kai saulės sienos nėra.



7 pav. Modeliuotų variantų pritekčių per išorinę sieną priklausomybė nuo saulės spinduliuotės vasarą  
Fig. 7. The dependency of heat gains of simulated cases on solar radiation in summer



8 pav. Šilumos nuostolių priklausomybė nuo saulės spinduliuotės žiemą  
Fig. 8. The dependency of heat losses on solar radiation in winter



Kai oras traukiamas, sumažėja oro temperatūra saulės sienoje, todėl šiais variantais oro temperatūra yra mažiausia iš visų variantų. Todėl geriausia šaltuoju metu laiku naktimis orą traukti per apeigos vožtuvą, o saulėtomis dienomis – per saulės kolektorius.

Tuomet saulės kolektorius žiemos metu saulėtomis dienomis atlieka oro šildytuvo funkciją, o nesaulėtomis dienomis ir naktimis atlieka papildomą termoizoliacijos funkciją.

## Išvados

1. Saulės sienos be oro apėjimo eksperimentinis tyrimas parodė, kad šiltuoju metų laiku saulės siena daro neigiamą įtaką atitvarai. Priešingai, kai naudojama oro apeiga, saulės sienos poveikis atitvarai yra teigiamas. Norint išvengti neigiamo poveikio saulės sienai šiltuoju metu, būtina naudoti oro apeigą.
2. Saulės sienos, naudojamos pagal paskirtį (vėdinimo sistemos orui šildymo sezono metu pašildyti) eksperimentinis tyrimas parodė, kad saulės siena šaltuoju metų laiku turi teigiamą įtaką atitvarai ir lemia 25,5 % mažesnius šilumos nuostolius, lyginant su atitvara be saulės sienos.
3. Skaitinis modeliavimas parodė, kad šiltuoju metu didžiausią neigiamą poveikį atitvarai daro neizoliuota saulės siena be oro apeigos. Ji šilumos pritekį gali padidinti 8–12,2 %. Modeliavimas, kaip ir eksperimentas, parodė, kad geriausia vasaros metu naudoti saulės sieną su oro apeiga.
4. Skaitinis modeliavimas parodė, kad mažinant šilumos nuostolius šaltuoju metu ir šilumos pritekį šiltuoju, išorinę atitvarą su saulės siena tikslinga papildomai izoluoti.

## Padėka

Autorė dėkoja už pagalbą VGTU Civilinės inžinerijos mokslo centro PEMS laboratorijai ir ypač Mindaugui Juciui už pagalbą atliekant šį tyrimą.

## Literatūra

- ASHRAE Fundamentals Handbook (SI). 1989. *Air-Conditioning Cooling Load*. Atlanta, GA.
- Athienitis, A. K.; Bambara, J.; O'Neill, B. 2010. A prototype photovoltaic/thermal system integrated with transpired collector, *Solar Energy* 85: 139–153. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2010.10.008>
- Badache, M.; Rousse, D.; Halle, S.; Quesada, G. 2013. Experimental and numerical simulation of a two-dimensional unglazed transpired solar air collector, *Solar Energy* 93: 209–219. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2013.02.036>
- COMSOL Multiphysics. 2013. *Heat transfer module* [interaktyvus], [žiūrėta 2013 lapkričio 21 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.comsol.com/heat-transfer-module>
- HN 42:2009 *Higienos norma „Gyvenamųjų patalpų ir lan-kytojams skirtų visuomeninių patalpų mikroklimato paramet-rų ribinės reikšmės“*. Vilnius, 2009.
- Leon, A.; Kumar, S. 2006. Mathematical modeling and thermal performance analysis of unglazed transpired solar collectors, *Solar energy* 81: 62–75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.solener.2006.06.017>
- Mieženas, A. 2013. *Eksperimentinis aplinkos inžinerijos saulės sienos efektyvumo tyrimas*: magistro darbas. VGTU, Vilnius.
- Sandhu, G.; Siddiqui, K.; Garcia, A. 2013. Experimental study on the combined effects of inclination angle and insert devices on the performance of a flat-plate solar collector, *International Journal of Heat and Mass Transfer* 71: 251–263. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2013.12.004>
- Santos, A.; Vale, J.; Diez, D.; Perez, R. 2013. Solar thermal systems for high rise buildings with high consumption demand: case study for a 5 star hotel in Sao Paulo, Brazil, *Energy and Building* 69: 481–489. <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2013.11.036>
- SolarWall®. 2013. *SolarWall Air Heating* [interaktyvus], [žiūrėta 2013 liepos 24 d.]. Prieiga per internetą: <http://solarwall.com/en/products/solarwall-air-heating/how-solarwall-works.php>
- Statybinė klimatologija RSN 156-94*. 1995. Lietuvos Respublikos statybos ir urbanistikos ministerija, Vilnius.
- STR 2.01.09:2012 Statybos techninis reglamentas „Pastatų energinis naudingumas. Energinio naudingumo sertifikavimas“*. Vilnius, 2012.

## THE IMPACT OF THE SOLAR WALL ON THE EXTERNAL ENVELOPE

### V. Motuzienė

#### Abstract

The paper analyses the influence of the solar wall (unglazed transpired solar collector) on the external envelope during heating and non-heating seasons. Experiments were performed in two rooms – the one with a solar wall and without it. Based on experimental data, the analysis of the influence of the solar wall on the external envelope was done for two cases: employing air by-pass and refusing it. Also, the numerical simulation of the solar wall employing “COMSOL Multiphysics” software was performed. 8 different alternatives were simulated thus seeking to define the ways to decrease a negative and increase a positive influence of the solar wall on the external envelope of the building both in heating and non-heating seasons.

The obtained results have shown that the solar wall makes a negative influence on the envelope during the non-heating season if air by-pass is not used. Heat gains increase by 8–12.2%, compared to the case without the solar wall. It has been also defined that the solar wall protects the envelope from heat gains if air by-pass is applied. During the heating season, the solar wall may decrease heat losses by 25.5%, compared to the case without the wall.

**Keywords:** “COMSOL Multiphysics”, experiment, influence on the envelope, simulation, solar wall.