

# Eksplatuojamo šilumos punkto termoizoliacijos būklės termografinis tyrimas

## Gintautas Austynas

*Šiaulių valstybinė kolegija, Statybos studijų programos studentas*

*Šiaulių valstybinė kolegija / Higher Education Institution, Lithuania; Student of the Construction study program*

## Laima Ignatavičienė

*Šiaulių valstybinė kolegija, Inžinerijos mokslų katedros lektorė*

*Šiaulių valstybinė kolegija / Higher Education Institution, Lithuania; Lecturer at the Department of Engineering Sciences*

*l.ignataviciene@svako.lt*

## Deividas Nesovas

*Šiaulių valstybinė kolegija, Inžinerijos mokslų katedros lektorius*

*Šiaulių valstybinė kolegija / Higher Education Institution, Lithuania; Lecturer at the Department of Engineering Sciences*

*d.nesovas@svako.lt*

## Anotacija

Technologinės pažangos skatinimas yra būtina priemonė, siekiant sumažinti pastatų energijos suvartojimą ir prisidėti prie tvarios energetikos. Svarbu ne tik efektyviai naudoti šilumą pastate, bet ir sumažinti energijos nuostolius šilumos tiekimo tinkluose bei šilumos punktuose. Termografija leidžia tiksliau įvertinti šilumos izoliacijos būklę, gali padėti identifikuoti ir nustatyti mažas, bet svarbias šilumos praradimo vietas. Tikėtinas papildomos termoizoliacijos efektas iki 1 % sutaupytos šilumos energijos. Tačiau, vertinant gana aukštas neizoliuotų elementų temperatūras ir ilgus šildymo sezonus (trukmė svyruoja apie 200 parų), galima tikėtis ekonominio efekto.

**Reikšminiai žodžiai:** šilumos perdavimas, termografija, šilumos punktas, centralizuotas šildymas.

## Thermographic Examination of the Thermal Insulation Condition of the Heating Point during Exploitation

### Summary

Promoting technological progress is a necessary measure to reducing the energy consumption of buildings and contributing to sustainable energy. It is important, not only to efficiently use heat in the building, but also to reduce energy losses in heat supply networks and heating point. Thermography allows for a more accurate assessment of the state of thermal insulation and can help identify and determine small but important areas of heat loss. The expected effect of additional thermal insulation could be up to 1 % of saved heat energy. However, considering the relatively high temperatures of non-insulated elements and long heating seasons (duration varies up to around 200 days), an economic effect can also be expected.

**Keywords:** heat transfer, thermography, heating point, central heating.

### Įvadas

Pastatų sektorius daug prisideda prie pasaulinio energijos suvartojimo ir anglies dioksido išmetimo. Technologinės pažangos skatinimas yra būtina priemonė, siekiant sumažinti pastatų energijos suvartojimą ir prisidėti prie tvarios energetikos. Centralizuoto šildymo įmonės įsisavina „žaliojo“ kuro katilines, prisidedamos prie šilumos ūkio neigiamo poveikio klimatui mažinimo.

Australijos mokslininkų grupė nagrinėja naujus ir tvarius metodus bei strategijas, kurios galėtų prisidėti prie pastatų dekarbonizacijos. Tyrimo dėmesio centre yra įvairios technologijos, tokios kaip neapibrėžtumu pagrįstas projektavimas, atsinaujinančios energijos naudojimas pastatuose, šiluminės

energijos kaupimas, šilumos siurbliai, šilumos energijos dalijimasis, pastatų modernizavimas, paklausos lankstumas, duomenimis grindžiamas modeliavimas, patobulintas valdymas ir pastatų integruotas tinklo valdymas [1].

Svarbu ne tik efektyviai naudoti šilumą pastate, bet ir sumažinti energijos nuostolius šilumos tiekimo tinkluose ir šilumos punktuose.

*Tyrimo problema.* Egzistuoja taisyklės šilumos punkto termoizoliacijos įrengimui [2], kur numatyti minimalūs reikalavimai. Tačiau, siekiant sumažinti šilumos nuostolius šioje šildymo sistemos dalyje, elementai gali būti papildomai termoizoliuojami. Atlikus termografinį tyrimą išryškėja „karščiausi“ taškai, o po termografinio tyrimo duomenų analizės rengiamos rekomendacijos šilumos nuostolių mažinimui.

*Tyrimo tikslas* – atlikti viešosios paskirties pastato šilumos punkto įrangos termoizoliacijos būsenos termografinį tyrimą.

*Tyrimo metodai* – mokslinės literatūros analizė, normų ir standartų apžvalga, termogramų analizė.

*Tyrimo rezultatų naujumas* – termografija leidžia tiksliau įvertinti šilumos izoliacijos būklę, gali padėti identifikuoti ir nustatyti mažas, bet svarbias šilumos praradimo vietas, kurios gali būti nepastebimos standartiniuose tikrinimuose. Naujausios šilumos izoliacijos medžiagos gali suteikti geresnį efektyvumą ir ilgesnį tarnavimo laiką. Tyrimai turėtų atspindėti šias naujoves.

## **Šilumos mainų pastatuose termografiniai tyrimai**

Pastatų termografiniai matavimai gali būti naudingi tiek statybos, tiek eksploatacijos etapuose. Šios technologijos naudojimas leidžia išskirti įvairias vietas, kuriose galėtų būti šilumos nuostoliai, kuriuos dažniausiai lemia konstrukcijų defektai.

IRT – infraraudonoji termografija, pagrįsta tuo, kad visi kūnai, kurių temperatūra aukštesnė už absoliutų nulį, skleidžia spinduliuotę; iš šios spinduliuotės galima nustatyti kūno temperatūrą. Todėl termografija yra metodas, galintis aptikti tiriamų objektų temperatūrą be kontakto. Termografinė kamera – tai kalibruotas prietaisas, galintis matuoti objektų skleidžiamą spinduliuotę ir užfiksuoti jų temperatūrą. Išmatuota spinduliuotė priklauso nuo tiriamo paviršiaus savybių (spinduliavimo) ir aplinkos (atmosferos tarp jutiklio ir objekto sugertos ar skleidžiamos spinduliuotės bei kitų aplinkoje esančių objektų indėlio) [3].

Taikant sunykusių blokų reintegraciją akmeniniuose paminkluose, restauravimui parenkamos medžiagos, kurių petrografinės ir inžinerinės savybės dera su originaliais statybiniais akmenimis, leidžia tvariai išsaugoti konstrukcijas. Infraraudonųjų spindulių termografija gali būti svarbi priemonė vertinant šį suderinamumą [4].

Mokslininkai, kurdami biurų pastato BIM modelį, įtraukia gausius duomenis. Infraraudonųjų spindulių termografija yra antroji BIM-IRT-HFS sistemos dalis ir pirmiausia naudojama aptikti šilumos tiltelius ar nelygumus pastato apvaskaluose. Šių modelio nelygumų įtraukimas per atskiras sienų sritis arba naujas  $U$  vertes, apskaičiuotas naudojant ISO 6946 [5] arba ISO 10211 [6] standartus, suteikia papildomo tikslumo ir patikrinimo modeliavimo procese [7].

Singapūro mokslininkų grupė parengė apžvalgą apie infraraudonųjų spindulių termografijos indėlį tiriant apstatytą aplinką įvairiais masteliais. Iš klasifikacijos matyti, kad dauguma peržiūrėtų tyrimų buvo atlikti siekiant įvertinti pastatų šiluminės charakteristikas arba nustatyti jų defektus, naudojant infraraudonųjų spindulių kameros surinktus vaizdus. Tuo pačiu metu daugybė tyrimų naudojo palydovo gautus terminius vaizdus, siekiant stebėti miesto šilumos salos efektą [8].

Esami pastatai, kurie sudaro daugumą miesto infrastruktūrą, paprastai neatitinka šiuolaikinių griežtų energijos vartojimo efektyvumo standartų. Natūralu, kad jie nuolat blogėja, todėl neigiamai veikia juos supančią aplinką. Todėl reikia sukurti efektyvumo diagnostikos sistemas ir metodus, skirtus tiksliai pastato energijos modelio (BEM) modeliavimui, kad būtų sukurti veiksmingi modernizavimo projektiniai sprendimai. JAV mokslininkai aprašė tyrimus, kuriuose daugiausia dėmesio skiriama esamų BEM atitvarų kalibravimui naudojant dronus su termografijos jutikliais.

Tyrimo metu dronų skrydžio metu daugiausia dėmesio skiriama  $U$  vertės įvertinimo automatizavimui ir duomenų BEM tikrinimui [9].

Vertinant pastato energinį efektyvumą aktualios ne tik atitvarų šiluminės charakteristikos, bet ir šilumos tiekimo sistemos.

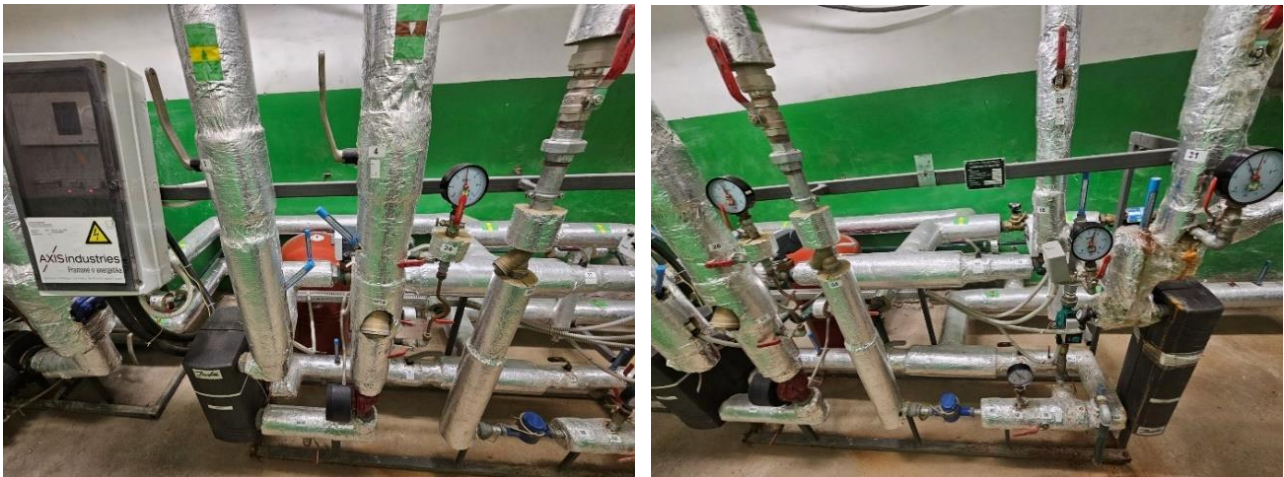
Europos Komisijos strategijoje numatyti planai didinti pastatų energijos vartojimo efektyvumą, geriau susieti elektros energijos ir centralizuoto šildymo sistemas, siekiant gerokai padidinti atsinaujinančiųjų išteklių energijos vartojimą ir paskatinti pakartotinę pramonės atliekinės šilumos ir vėsumos panaudojimą. 2021 m. liepos mėn. Komisijos pasiūlytoje Energijos vartojimo efektyvumo direktyvos peržiūroje nustatytas griežtesnis planavimas ir tolesni veiksmai, susiję su išsamiais vertinimais, patikslintomis efektyvaus centralizuoto šilumos bei vėsumos tiekimo apibrėžtimis ir papildomais kriterijais, taikomais didelio naudingumo kogeneracijos atveju savitajam išmetamų teršalų kiekiui ( $270 \text{ g CO}_2/\text{kWh}$ ) [10].

### Šilumos punkto termografija

Termografija – bekontaktis objekto šiluminės spinduliuotės pasiskirstymo aptikimas, apdorojimas ir vizualinis atvaizdavimas, įrašomas IR detektorių sistema. Infraraudonųjų spindulių termografija (IR termografija) naudojama kaip sinonimas [11].

Tyrimui naudotas *FLIR E6* termovizorius, kurio: skiriamoji geba  $160 \times 120$  pikselių; temperatūros diapazonas nuo  $-20^\circ\text{C}$  iki  $+250^\circ\text{C}$ ; terminis jautrumas  $<0,06^\circ\text{C}$ ; tikslumas  $\pm 2^\circ\text{C}$  arba  $\pm 2\%$ .

Tyrimo metu lauko temperatūra svyravo apie  $0^\circ\text{C}$ , šilumos punkto patalpoje – apie  $+18^\circ\text{C}$ . Tiriamas objektas – visuomeninės paskirties pastato šilumos punktas (1 pav.), kuris perduoda šilumos energiją  $4084 \text{ m}^2$  šildomam plotui, vėdinimo ir karšto vandens sistemoms. Šilumos punktas įrengtas 2011 m. pastato renovacijos metu. Elementų termoizoliacijai panaudoti aliuminio folija dengti nedegios akmens vatos vamzdiniai kevalai. Tačiau nevamzdiniai elementai izoliuoti prasčiau arba visiškai neizoliuoti.



**1 pav.** Šilumos punkto bendras vaizdas

*Šaltinis: sudaryta autorių*

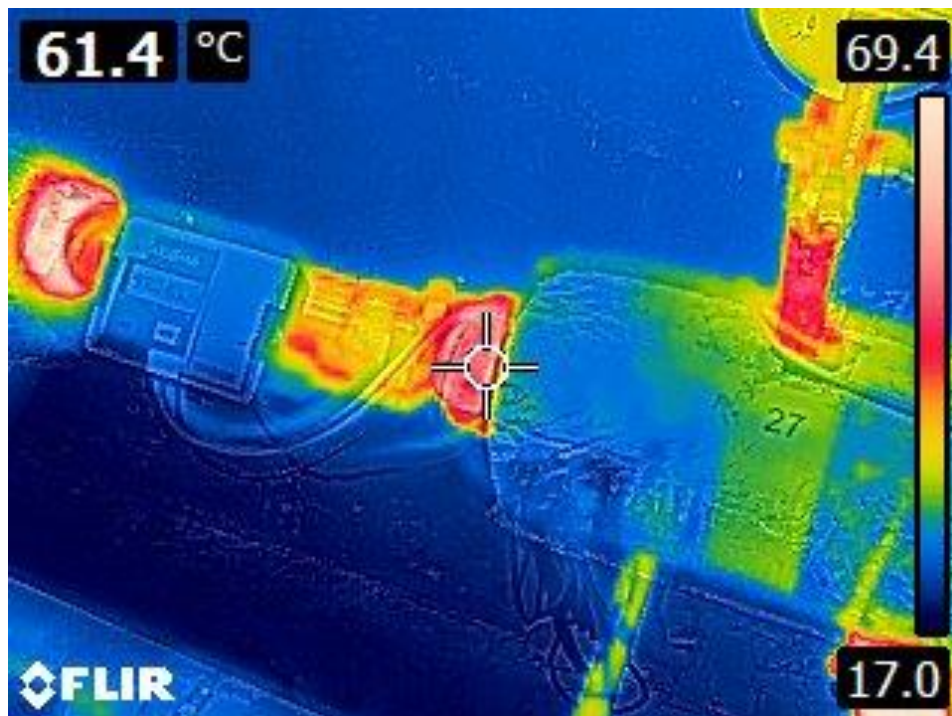
Reikalavimai šilumos perdavimo punkto termoizoliacijai [2] ir standartas [12] numato, kad šilumos izoliacija turi būti atspari įvairiam išoriniam poveikiui, chemiškai ir mechaniškai stabili, nedegi, o armatūrą, junges reikia izoliuoti taip, kad izoliaciją būtų galima nuimti jos nesuardant. Šilumos vartojimo įrenginių įrengimo ir priežiūros (eksploatavimo) bendrieji reikalavimai [13] numato, kad, esant aplinkos oro temperatūrai  $+25^\circ\text{C}$ , izoliacijos paviršiaus temperatūra neviršytų  $+45^\circ\text{C}$ .

Termografiniai vaizdai turi daug šilumos energijos išspinduliavimo taškų (2 pav.): sujungimų vietos, sklendės ir kiti prietaisai, skirti šilumos punkto funkcionavimui ir stebėjimui.



**2 pav.** Vamzdyno iš / į šilumos punkto į / iš karšto vandens sistemą termovaizdas  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

Kai kurių elementų negalima papildomai termoizoliuoti dėl jų perkaitimo ir elektroninių dalių gedimo grėsmės (3 pav.). Šiuo atveju galima galvoti tik apie šilumos nuostolių mažinimą papildomai apšiltinant jungimo armatūrą, kurios temperatūra siekia +69,4°C. Izoliacinio kevalo paviršiaus temperatūra svyruoja apie +29°C. Temperatūrų skirtumas apie 42 % ir būtų galimybė sutaupyti šilumos energijos, nors neizoliuotas paviršius sudaro tik 8 % nagrinėjamos sistemos dalies.



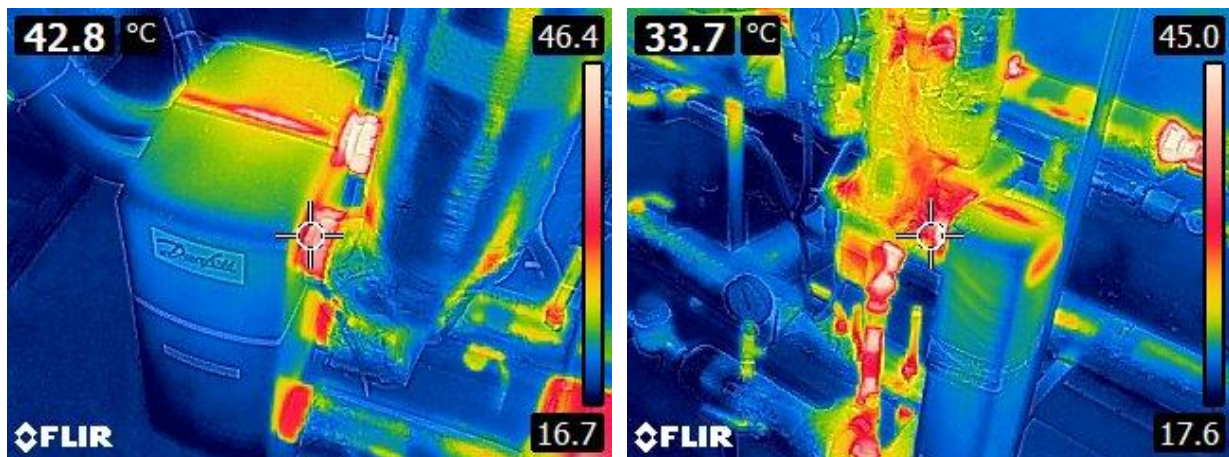
**3 pav.** Cirkuliacinio siurblio su dažnių keitikliu termovaizdas  
*Šaltinis: sudaryta autorių*

Dvieigio reguliavimo vožtuvo termovaizde (4 pav.) šilčiausių paviršių temperatūra siekia +60,5°C.



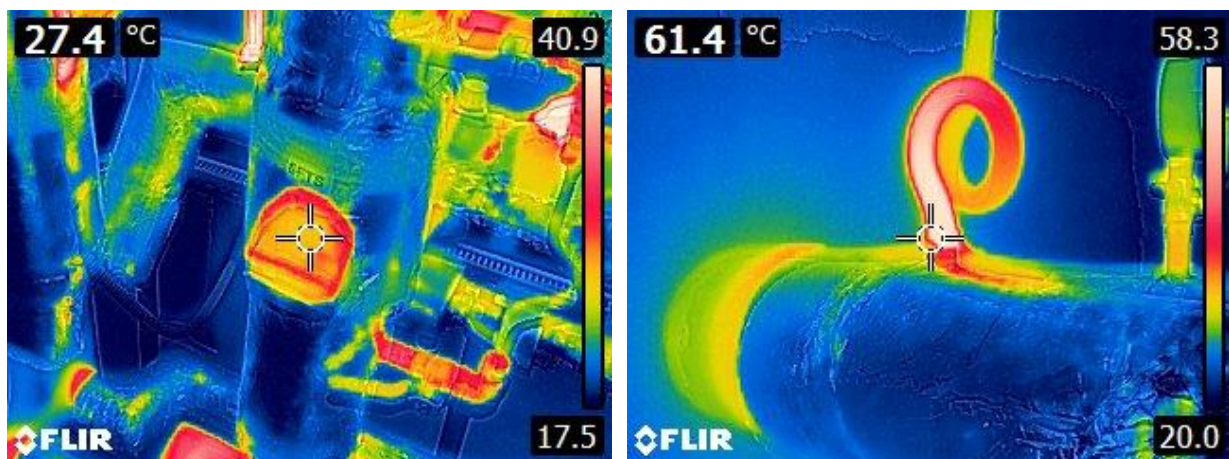
4 pav. Dvieigio reguliavimo vožtuvo termovaizdas  
Šaltinis: sudaryta autorių

Plokšteliniai šilumokaičiai sumontuoti su gamybine termoizoliacija (5 pav.), šiltesnės yra kevalų siūlės ir jungtys. Tačiau šalia esantys papildomi sistemos elementai išspinduliuoja nemažai šilumos energijos. Jų paviršiai vietomis įšilę iki 46,4°C.



5 pav. Plokštelių šilumokaičių termovaizdai  
Šaltinis: sudaryta autorių

Flanšinio vandens filtro paviršius yra +27°C temperatūros (6 pav.), o kitos armatūros pirmajame termovaizde „karščiausi“ taškai siekia +40,9°C. Manometro pajungimo vamzdis ant šilumnešio padavimo iš šilumos tinklų vamzdžio tyrimo metu įkaitęs iki +61,4°C.



6 pav. Vandens filtro ir manometro pajungimo vamzdžio termovaizdai  
Šaltinis: sudaryta autorių

Kadangi filtras valomas ne itin dažnai, o manometrų pajungimo armatūra irgi nereikalauja nuolatinės prieigos, vertėtų šias sistemos detales papildomai izoliuoti. Tuo labiau, kad manometrų yra 11 vienetų.

Tikėtinas papildomos termoizoliacijos efektas yra iki 1 % sutaupytos šilumos energijos. Tačiau, vertinant gana aukštas neizoliuotų elementų temperatūras ir ilgus šildymo sezonus (trukmė svyruoja apie 200 parų), galima tikėtis ekonominio efekto.

## Išvados

Termografinis tyrimo metodas, kaip bekontaktis objekto šiluminės spinduliuotės pasiskirstymo aptikimas, yra tinkamas šilumos tiekimo sistemos termoizoliacijos būklės analizei.

Tyrimo metu aptiktų šilumos punkto termoizoliacijos trūkumų šalinimui rekomenduojama: vamzdžiams naudoti įprastinę cilindrinę akmens vatos termoizoliaciją su folijos apvalkalu, kitiems sistemos komponentams pritaikyti nesunkiai uždedamus ir nuimamus gobtuvus iš tokių pačių medžiagų.

## Literatūra

1. MA, Z., et al. An Overview of Emerging and Sustainable Technologies for Increased Energy Efficiency and Carbon Emission Mitigation in Buildings. *Buildings*. 2023; 13(10): 2658. <http://dx.doi.org/10.3390/buildings13102658>
2. Lietuvos Respublikos energetikos ministerija. *Įrenginių ir šilumos perdavimo tinklų šilumos izoliacijos įrengimo taisyklės*. 2017-09-18, Nr. 1-245. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/53a73f019e3e11e796fec328fe7809de?jfwid=-x5bl5vhjn>
3. DAFFARA, C., et al. A Cost-Effective System for Aerial 3D Thermography of Buildings. *Journal of Imaging*. 2020; 6(8):76. <https://doi.org/10.3390/jimaging6080076>
4. HATIR, M. E., İnce, İ., Bozkurt, F. Investigation of the effect of microclimatic environment in historical buildings via infrared thermography. *Journal of Building Engineering*. 2022, 57: 104916. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.104916>
5. ISO 6946:2017. *Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation methods*.
6. ISO 10211:2017. *Thermal bridges in building construction – Heat flows and surface temperatures – Detailed calculations*.
7. ALHAIDARY, H., Al-Tamimi, A. K., Al-Wakil, H. The combined use of BIM, IR thermography and HFS for energy modelling of existing buildings and minimising heat gain through the building envelope: a case-study from a UAE building, *Advances in Building Energy Research*. 2021, 15(6): 709–732. <https://doi.org/10.1080/17512549.2019.1703812>
8. MARTIN, M., Chong, A., Biljecki, F., Miller, C. Infrared thermography in the built environment: A multi-scale review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2022, 165: 112540. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2022.112540>
9. BAYOMI, N., Nagpal, S., Rakha, T., Fernandez, J. E. Building envelope modeling calibration using aerial thermography. *Energy and Buildings*. 2021, 233: 110648. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110648>
10. EUROPOS KOMISIJA. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui. *ES šildymo ir vėsinimo strategija*. Briuselis, COM(2016) 51 final. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=CELEX:52016DC0051>
11. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. LST EN 16714-3:2016. *Neardomieji bandymai. Termografinis tyrimas. 3 dalis. Terminai ir apibrėžtys / Non-destructive testing – Thermographic testing – Part 3: Terms and definitions*.
12. LIETUVOS STANDARTIZACIJOS DEPARTAMENTAS. LST EN ISO 12241:2022. *Pastatų įrangos ir pramonės įrenginių termoizoliacija. Skaičiavimo taisyklės / Thermal insulation for building equipment and industrial installations – Calculation rules*.
13. LIETUVOS RESPUBLIKOS ENERGETIKOS MINISTERIJA. *Šilumos tinklų ir šilumos vartojimo įrenginių priežiūros (eksplloatavimo) taisyklės*. 2010-04-07, 1-111. <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.369733>