

ISSN 2029-9303



KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJA
KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

**INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS
TECHNOLOGIJOS**

Mokslinių straipsnių žurnalas

**ENGINEERING AND EDUCATIONAL
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

Kaunas, 2018

Vyriausioji redaktorė Doc. Dr. Marija Jotautienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Redaktorių kolegija/Editorial Board:	
Prof. Habil. Dr. Algirdas Vaclovas Valiulis <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/Vilnius Gediminas Technical University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Elmar Heinemann <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University Of Applied Sciences Schmalkalden (DE)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Habil. Dr. Gál József <i>Šegedo universitetas/ University of Szeged, Hungary (HUN)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Mgr. Dominika Trębacz <i>Automobilių pramonės institutas, mokslinio žurnalo „The Archives of Automotive Engineering“ vykdančioji redaktorė/Automobile Industry Institute, Executive editor of scientific journal „The Archives of Automotive Engineering (POL)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Gediminas Pupinis <i>Aleksandro Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Marius Saunoris <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Šarūnas Kilius <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Vytenis Naginevičius <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Dr. Kąstytis Laurinaitis <i>Stulginskio universitetas/ Aleksandras Stulginskis University (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rolandas Samajauskas <i>IĮ „Pastatų sertifikavimo biuras“/ IE „Building Certification Office“ (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rosita Norvaišienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Aldona Gaižauskienė <i>Vilniaus kolegija/Vilnius University Of Applied Sciences (LT)</i>	biomedicinos mokslai
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė <i>Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Habil. Dr. Vilija Targamadzė <i>Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Vita Krivickienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University Of Applied Engineering Sciences (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė <i>Vilniaus universitetas/Vilnius University (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Lina Girdauskienė <i>Kauno technologijos universitetas/Kaunas University Of Technology (LT)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences

Leidinyje įrašytas į **LMT patvirtintų leidinių sąrašą**

<http://www.mab.lt/lt/istekliai-internete/mokslo-zurnalai/269>

Ir įtrauktas į **Index Copernicus Journals Master List**

<http://journals.indexcopernicus.com/inznerina+ir+edukacinos+technologijos,p12156,3.html>

Redakcijos adresas:

VŠĮ Kauno technikos kolegija
Tvirtovės al. 35, LT- 50155 Kaunas
Tel./faks. (8 37 308620)/(8 37 333120)
El. p. ktk@ktk.lt
<http://www.ktk.lt>

Address:

Kaunas University of Applied Engineering Sciences
Tvirtovės av. 35, LT- 50155 Kaunas
Phone./fax. (+370 37 308620)/(+370 37 333120)
E-mail. ktk@ktk.lt
<http://www.ktk.lt>

Visos leidinio leidybos teisės saugomos. Šis leidinys arba kuri nors jo dalis negali būti dauginami, taisomi ar kitaip platinami be leidėjo sutikimo.

All rights of the publication are reserved. No reproduction, copy or transmission of this publication may be made without publisher's permission.

© Kauno technikos kolegija, 2018

ISSN 2029-9303

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiamiems skaitytojams pristatome mokslinio žurnalo „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“ vienuoliktąjį numerį. Tai pirmasis 2018 metų numeris.

Šiame moksliniame žurnale iš viso publikuojami dvidešimt du straipsniai. Straipsnius parengė įvairių Lietuvos kolegijų bei universitetų mokslininkai, tyrėjai ar jų grupės. Džiugu, kad tyrėjų grupėse dalyvauja ir socialiniai partneriai, nes tik kuriant bendradarbiavimo tinklus galima kur kas efektyviau spręsti technologines, inžinerines problemas. Reikia pažymėti kad tyrėjų grupes papildo ir studentai, kurie plėtoja savo mokslines tyrimines kompetencijas.

Pirmojoje žurnalo dalyje pateikti transporto ir mechanikos srities publikacijos. Antroji dalis skirta statybos mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatų pristatymui. Trečioji dalis skirta elektros ir elektronikos srityje atliktų mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatai.

Taigi šis mokslinis žurnalas – tai puiki galimybė dėstytojams, studentams, tyrėjams viešinti savo atliktų mokslinių taikomųjų tyrimų rezultatus, rasti bendradarbiavimo taškų su kitomis tyrėjų grupėmis.

Visais skaitytojams ir būsimiems autoriams rūpimais klausimais siūlome kreiptis į redkolegiją.

Su pagarba,

Vyriausioji redaktorė



socialinių mokslų dr. Marija Jotautienė

TURINYS

AUTOMOBILIO SU BARSTYTUVU STOVUMO TYRIMAS.....	9
Vidmantas Kozėla, Robertas Pečeliūnas Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra	
SLĖGINIO UŽDEGIMO VIDAUS DEGIMO VARIKLIO VEIKIMAS DYZELINĄ PAKEITUS GYVŪNINĖS KILMĖS RIEBALAIS	
Edvinas Bučinskas, Jonas Matijošius, Alfredas Rimkus Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakultetas, Automobilių transporto katedra	
SĖDĖSENOS VERTINIMO METODŲ ANALIZĖ, NAUJOJO METODO SUKŪRIMAS IR VERTINIMAS.....	21
Loreta Valatkienė ¹ , Donata Putnaitė ¹ , Andrius Kozlovas ² ¹ Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra ² Kauno technikos kolegija, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamentas	
ROBOTIZUOTŲ VALDYMO ĮRENGINIŲ PRITAIKYMO AUTOMOBILIŲ DINAMIKOS BANDYMAMS TYRIMAS	29
Juozapas Šneideris ¹ , Saulius Nagurnas ² , Vidas Žuraulis ³ , Paulius Skačkauskas ⁴ ¹ UAB „Tauragės techninių apžiūrų centras“, ^{2,3,4} Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra	
INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ĮTAKA DIDINANT JUDUMĄ VILNIAUS MIESTE (EKSPERTŲ IR SOCIALINIS VERTINIMAS)	35
Adomas Kriukovas, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra	
ELEKTROMOBILIŲ BEI JŲ INFRASTRUKTŪROS VYSTYMOSI VERTINIMAS LIETUVOJE. TYRIMAS ANKETINĖS APKLAUSOS METODU	41
Aleksandr Šabanovič, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra	
PIRMOSIOS IR ANTROSIOS KARTOS BIODYZELINO MIŠINIŲ NAUDOJIMO SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIUOSE EFEKTYVUMO TYRIMAS	49
Justas Martišauskas, Alfredas Rimkus Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
STOJANČIŲJŲ Į KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJĄ DEMOGRAFINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS	56
Tatjana Sokolova, Valdas Speičys, Vida Palaimienė, Vida Rainienė Kauno technikos kolegija	
SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIŲ, VEIKIANČIŲ PIRMOS BEI ANTROS KARTOS BIODYZELINO IR DYZELINO MIŠINIAIS, EKSPLOATACINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS	65
Alfredas Rimkus ^{1,2} , Airidas Vaicekauskas ¹ , Rimvydas Svirka ¹ ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
DYZELINO BIOLOGINIO UŽTERŠTUMO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS.....	72
Saulius Stravinskas ¹ , Alfredas Rimkus ^{1,2} , Jonas Matijošius ^{1,2} ¹ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ² Vilniaus Gedimino technikos universitetas	

NUOSAVO AUTOTRANSPORTO DEPARTAMENTO VEIKLOS ORGANIZAVIMO VERTINIMAS VAIRUOTOJŲ KAITOS POŽIŪRIU	78
Evelina Zasčiurinskaitė, Saulius Lileikis Lietuvos aukštoji jūreivystės mokykla	
KAMPO MATŲ KALIBRAVIMO PAKLAIDŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO KALIBRAVIMO OBJEKTO PARAMETRŲ TYRIMAS	84
Arūnas Čepaitis, Artūras Kilikevičius, Rimantas Lazdinas, Edgaras Urbonas, Lina Baltuonytė, Jozas Jakubka, Darius Vainorius, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
OPTINIŲ STALŲ SLOPINIMO SISTEMOS DINAMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS.....	91
Redas Šmigelskas, Artūras Kilikevičius, Edgaras Urbonas, Lina Baltuonytė, Jozas Jakubka, Darius Vainorius, Jonas Matijošius Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
PASTATŲ KONSTRUKCIJŲ KOMPLEKSINIO APŠILTINIMO METODAI IR JŲ SSGG (SWOT) ANALIZĖ LIETUVOJE	100
Jevgenija Rutė ^{1,2} , Jurgita Drizgaitė ¹ ¹ Klaipėdos valstybinė kolegija, ² Klaipėdos universitetas	
APLINKOS SĄLYGŲ ĮTAKOS, ARCHITEKTŪRINĖS TEKSTILĖS FIZIKINIŲ SAVYBIŲ KITIMUI, TYRIMAS	108
Guoda Majauskaitė ¹ , Virginija Sacevičienė ¹ , Ernestas Ivanauskas ² ¹ Kauno Technologijos Universitetas, Architektūros ir statybos institutas, ² Kauno Technologijos Universitetas, Statybinių medžiagų ir konstrukcijų tyrimų centras	
GEDIMINO KALNO ŠIAURĖS VAKARŲ ŠLAITŲ STABILUMO MODELIAVIMAS	114
Raimondas Šadzevičius, Žydrūnas Vyčius, Vitas Damulevičius Aleksandro Stulginskio universitetas	
DAUGIABUČIŲ PASTATŲ IŠORINIŲ TINKUOJAMŲJŲ ŠILTINIMO SISTEMŲ DAUGIAKRITERINĖ ANALIZĖ BEI RACIONALIAUS INŽINERINIO SPRENDINIO ATRANKA	124
Violeta Medelienė, Rosita Norvaišienė, Giedrius Sukauskas, Monika Tvaskaitė Kauno technikos kolegija	
STAMBIAPLOKŠČIŲ DAUGIABUČIŲ NAMŲ ATNAUJINIMO (MODERNIZAVIMO)	132
Vida Ovaltaitė, Jurgita Drizgaitė, Rasa Tiutiunik-Varpiotaitė, Gražina Beniušienė, Vilma Vaičekauskienė Klaipėdos valstybinė kolegija	
BETONO SU PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ UŽPILDAIS SAVYBIŲ TYRIMAI.....	139
Vincas Gurskis, Dainius Ramukevičius Aleksandro Stulginskio universitetas	
PASTATŲ ŠILDYMO - VĖDINIMO TECHNOLOGIJŲ DABARTIS IR ATEITIS	144
Audrius Čereška Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra	

STRUVĖS GEODEZINIO LANKO PRIEŠISTORĖ IR VEIKSNIAI, SUDARĘ PALANKIĄ SITUACIJĄ ŠIAM, Į UNESCO PAVELDĄ ĮRAŠYTAM PROJEKTUI, ĮGYVENDINTI.....	151
Rūta Puzienė ¹ , Asta Anikėnienė ²	
¹ Geodezijos ir kadastro katedra, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
² Geodezijos katedra, Statybos fakultetas, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija	
KTK STUDIJŲ PROGRAMOS „ELEKTRONIKOS TECHNIKA“ BAIGIAMŲJŲ DARBŲ TYRIMAS: PROJEKTINIAI SPRENDIMAI.....	160
Marius Saunoris ^{1,2} , Artūras Aleksynas ¹	
¹ Kauno technikos kolegija, ² Kauno technologijos universitetas	
SAULĖS ELEKTRINĖS IR JŲ VYSTYMOSI PERSPEKTYVOS	166
Audrius Čereška ^{1,2} , Tautvydas Doveika ²	
Vilniaus Gedimino technikos universitetas ¹ , Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija ²	
KELEIVIŲ VEŽIMO APSKAITOS IR ATSISKAITYMO ELEKTRONINĖS SISTEMOS GALIMYBIŲ STUDIJA	174
Albinas Bačiliūnas ¹ , Nerijus Bagdanavičius ² , Šarūnas Kilius ²	
¹ UAB Acoris, ² Kauno technikos kolegija	

AUTOMOBILIO SU BARSTYTUVU STOVUMO TYRIMAS

Vidmantas Kozėla, Robertas Pečeliūnas

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas,
Automobilių inžinerijos katedra*

Anotacija. Straipsnyje nagrinėjama sunkiasvorės transporto priemonės (barstytuvo) skersinių pagreičių įtaka transporto priemonės dinaminėms savybėms. Sunkiasvorės transporto priemonės kartu su krovinio yra masyvios ir sunkios, kurios nelaimės atveju kelyje pridaro daug žalos. Sumodeliuotas manevras yra dvigubas juostos pakeitimas. Šis manevras atvaizduoja transporto priemonės persirikiavimą į šalia esančią juostą ir transporto priemonės grįžimą atgal. Praplėtus įkrovimo tolygumo transporto priemonėje tyrimą, galima būtų sudaryti krovos schemas, kurios pagelbėtų įmonėms bei jų vairuotojams išvengti eismo įvykių.

Reikšminiai žodžiai: Barstytuvas, automobilio stabilumas, dvigubas juostos pakeitimo manevras, skersinis pagreitis.

Įvadas

Automobilio su barstytuvu stabilumas yra viena iš jo greitį ribojančių sąlygų. Su stabilumo problema susiduriama esant tiek tiesiaegiam, tiek kreiviaegiam automobilio judėjimui. Sunkiasvorės transporto priemonės kartu su krovinio yra masyvios ir sunkios, kurios nelaimės atveju kelyje pridaro daug žalos (McKnight, Bahouth, 2009). Tai žinant, svarbu ištirti, prognozuoti ir užkirsti kelią eismo įvykiams. Dažniausiai pasitaikantys eismo įvykiai Lietuvoje pagal rūšis yra susidūrimas, apvirtimas bei užvažiavimas ant pėsčiojo (Iškaitinių eismo įvykių..., 2017). Ištyrus transporto priemonių dinamines charakteristikas ir išanalizavus sukaupią informaciją galima tobulinti transporto priemonių eksploataciją bei išvengti eismo įvykių kelyje.

Informacija apie transporto priemonės kaupiama ir apdorojama visame pasaulyje. Pagal eismo įvykių, susijusių su sunkiasvorio transportu, analizę matyti, jog dažniausiai įvykiai įvyksta dėl įvairių stabdžių trūkumų (26 %). Antroje vietoje esantys veiksniai: puspriekabės ir vilkiko sužirkliavimas, blogas krovinio tvirtinimas, viršsvoris bei padangų trūkumai. Šie veiksniai sudaro po 5 % (Apostu, 2011). Žinant šią statistiką svarbu ištirti saugų transporto priemonės stabdymo kelią, tobulinti saugumo sistemų elementus bei apriboti eksploatavimą norint užkirsti kelią nelaimingiems atsitikimams.

Šio darbo tikslas yra nustatyti sunkiasvorės transporto priemonės (barstytuvo) skersinių pagreičių įtaką transporto priemonės dinaminėms savybėms.

Darbo tikslui pasiekti sprendžiami uždaviniai:

- Skersinių jėgų įtakos automobilio stabilumui nustatymas.
 - Sunkiasvorės transporto priemonės (barstytuvo) bandymai esant skirtingiems važiavimo greičiams.
 - Sunkiasvorės transporto priemonės (barstytuvo) bandymai esant skirtingiems įkrovimo lygiams.
- Tyrimo objektu parinktas automobilis „Renault D18“ su barstytuvu (1 pav.).



1 pav. Eksperimentinis automobilis „Renault D18“

Šaltinis: sudaryta autorių

Apžvelgus sunkiasvorių transporto priemonių eismo įvykių statistiką, matyti, kad su transporto priemonių stabilumu susiję eismo įvykiai sudaro apie 5% nuo visų su šiomis transporto priemonėmis susijusių eismo įvykių.

Sunkiasvorių transporto priemonių dinaminio bandymo apžvalga. Automobilio su barstytuvu stovumas ir valdomumas drauge su stabdymo savybėmis turi didelės įtakos eismo saugumui keliuose. Šios

svarbiausios automobilio su barstytuvu skersinės dinamikos savybės tiriamos specialiuose poligonuose pagal aprobuotas bandymo metodikas (Kamnik et al., 2003).

Bandymo metodai vairuotojo valdomų veiksmų atžvilgiu skirstomi į atvirąjį (open loop) ir uždarąjį (closed loop) testus. Taikant atvirąjį testą nagrinėjamas automobilio judėjimas, kai vairuotojo valdomi veiksmai yra iš anksto užprogramuoti. Uždarojo testo atveju vairuotojas turi teisę reguliuoti automobilio judėjimą, stengdamasis išlaikyti reglamentuotus judėjimo parametrus (dažniausiai yra numatoma važiavimo trajektorija, arba vadinamasis judėjimo koridorius) (Molengraft-Luijten, 2012).

Skersinės dinamikos bandymai atliekami automobiliui važiuojant pastoviuoju arba kintamuoju režimu. Eksperimentų rezultatai yra nagrinėjami laiko arba svyravimų dažnio atžvilgiu.

Šiuo metu žinoma apie 30 kelių transporto priemonių skersinės dinamikos bandymo metodų. Šie metodai automobilio judėjimo režimo bei trajektorijos atžvilgiu gali būti suskirstyti į:

- važiavimo tiesiai,
- važiavimo apskritimu,
- manevravimo ir skersinių svyravimų testus.

Norint įvertinti transporto priemonės stovumą ir valdomumą, taip pat taikomi skersinio svyravimo testai. Atliekami šie bandymai: važiavimas gyvatuko trajektorija, važiavimas kintama trajektorija, įsisiūbavimas ir vairuotojo reakcijos testai.

Pirmasis iš šios grupės testas – važiavimas gyvatuko trajektorija – dar vadinamas „briedžio“ testu. Testas gali būti atvirasis (vairaračio pasukimo dėsnis nustatomas) arba uždarasis (važiavimas kūgeliais pažymėta trajektorija). Atliekant šį bandymą nustatomas didžiausias važiavimo greitis, kuriuo sugebama apvažiuoti visus bandomojo ruožo kūgelius. Svarbiausieji nustatomi kriterijai – vairaračio pasukimo kampai ir momentai, kampinis sukimosi greitis, šoninis pagreitis ir pagal juos apskaičiuoti parametrai.

Važiavimas kintama trajektorija – tai nestandartizuotas testas, kurio metu tiriamos transporto priemonės svyravimų savybės jai važiuojant nuolat besikeičiančio kreivumo bei krypties trajektorija.

Įsisiūbavimas – tai kombinuotas testas, kurį atliekant greitai pasukamas ir atleidžiamas vairaratis ir staigiai paspaudžiamas akceleratoriaus pedalas. Toks išilginių ir skersinių svyravimų derinys dažnai lemia nestabilią transporto priemonės būklę. Objektivių vertinimo kriterijų šiam metodui nėra, transporto priemonės savybės įvertinamos tik subjektyviai (Lueck, Murray, 2011).

Vairuotojo reakcijos testai taikomi tiriant sistemos vairuotojas – automobilis – kelias savybes. Tam sudaromos įvairios pavojingos situacijos (pvz., sprogsta padanga, sukeliami automobilio skersiniai svyravimai, važiavimo kryptimi staiga atsiranda kliūtis ir pan.). Pagal vairuotojo pasirinktus valdomuosius veiksmus bei automobilio judėjimo kriterijus manevro metu įvertinamas sistemos vairuotojas – automobilis – kelias potencinės savybės. Sistema vairuotojas – automobilis – kelias tirinama ir naudojant specialiuosius simulatorius – įtaisus, imituojančius važiavimą kelio sąlygomis.

Standartas (ISO 7401, 2011) nustato persirikiavimo manevro atlikimo technologiją. Vairaračio pasukimo dėsnis turi atitikti visą sinusoidę. Tiriant šiuo metodu nesunkiai gali būti sumodeliuotos artimos kritinėms važiavimo sąlygos.

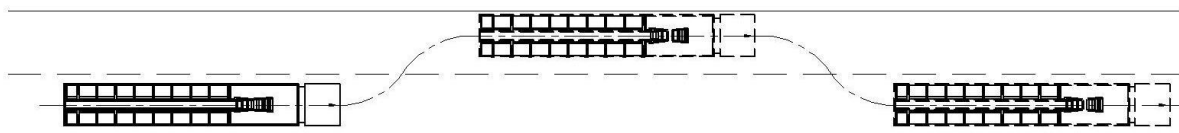
Vienas iš dažniau atliekamų bandymų yra vadinamasis dvigubas juostos pakeitimo manevras, kuris naudojamas automobilio su barstytuvu skersinės dinamikos eksperimentiniuose tyrimuose. Jį atliekant didžiausia kampinio sukimosi pagreičio reikšmė lemia transporto priemonių junginio šoninės dinamikos savybes.

Žinomi ir kiti manevravimo bandymai, pavyzdžiui, atliekant persirikiavimo manevrą, transporto priemonė dar ir stabdoma. Arba greitai pasukus vairaratį staigiai atleidžiamas akceleratoriaus pedalas. Tačiau dėl bandymų sudėtingumo ir nepakankamo informatyvumo, palyginti su paprastesniais manevrais, kombinuotieji testai plačiai netaikomi.

Eksperimentinių tyrimų atlikimo metodika ir sąlygos.

- Bandymams naudojamas automobilis „Renault D18“.
- Bandymai atliekami ant asfaltuoto kelio dangos.
- Bandymai atliekami, esant pastoviams važiavimo greičiams, kuriais dažniausia mieste eksploatuojamos šios transporto priemonės: 30 km/h, 40 km/h, 50 km/h.
- Bandymai atliekami esant trims skirtingiems įkrovimo lygiams: važiuojant su tuščiu automobiliu (ekipaže 2 žmonės), važiuojant dalinai įkrautu automobiliu bei važiuojant su maksimaliai įkrautu automobiliu.

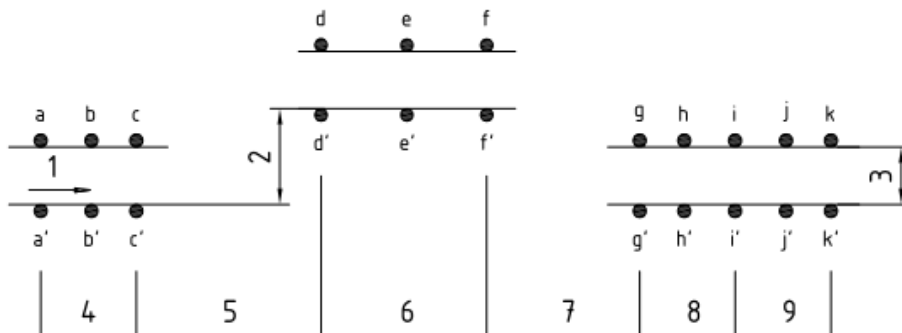
Sumodeliuotas manevras yra dvigubas juostos pakeitimas (angl. double lane change) (ISO 3888-1, 1999). Šis manevras atvaizduoja transporto priemonės persirikiavimą į šalia esančią juostą ir jos grįžimą atgal (2 pav.).



2 pav. Dvigubas juostos pakeitimo manevras

Šaltinis: sudaryta autorių

Siekiant nustatyti transporto priemonės saugumą kelyje pasirenkamas maksimalus leistinas greitis 50 km/h. Bandymas atliekamas, kai ratų su asfalto danga sukibimo koeficientais $\mu = 0,75$. Taip pat naudojamas staigus persirikiavimas, kuriuo stengiamasi imituoti kliūtį kelyje. Trasos kūgelių išdėstymas pavaizduotas 3 pav.



3 pav. Manevro kūgelių išdėstymas

Šaltinis: ISO 3888-1, 1999

Transporto priemonės judėjimas pavaizduotas 3 pav. Manevras prasideda ties 1 atžyma bei baigiasi ties 3 atžyma. Transporto priemonės ašies persislinkimas į kairiąją pusę yra 3,5 m.

Eksperimentinių tyrimų rezultatai ir jų analizė. Sugrupavus bandymų rezultatus (1 lentelė) pagal gautas grafines išraiškas galima nustatyti automobilio važiavimo greičio ir automobilio įkrovos įtaką jo dinaminėms savybėms (vertinant automobilio skersinio pagreičio reikšmes).

1 lentelė

Dvigubo juostos pakeitimo manevro metu užfiksuoti maksimalūs automobilio su barstytuvu skersiniai pagreičiai

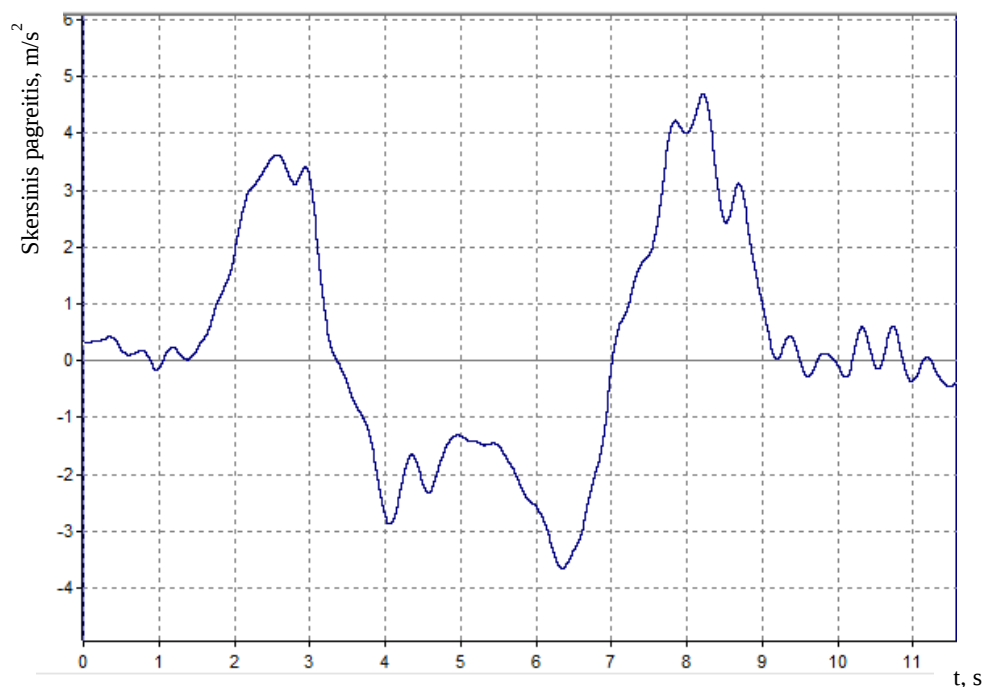
Greitis manevro metu Įkrovimo lygis	30 km/h	40 km/h	50 km/h
	Maksimalus skersinis pagreitis, m/s^2		
0 %	1,8	2,05	2,3
50 %	2,2	3,1	3,7
100 %	2,7	4,1	4,7

Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Tuščio automobilio su barstytuvu skersinių svyravimų pagreičių priklausomybė nuo laiko (važiuojant 50 km/h greičiu)

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Maksimaliai įkrauto automobilio su barstytuvu skersinių svyravimų pagreičių priklausomybė nuo laiko (važiuojant 50 km/h greičiu)

Šaltinis: sudaryta autorių

Tuščios transporto priemonės šoninių pagreičių grafike (4 pav.), esant dvigubo juostos pakeitimo manevrui, matyti, kaip pradėjus persirikiavimą maksimalios svyravimų reikšmės pasiekia atitinkamai $1,7 \text{ m/s}^2$ ir $-1,0 \text{ m/s}^2$. Persirikiuojant atgal matyti, kad maksimalios amplitudės reikšmės siekia $-2,3 \text{ m/s}^2$ ir $2,3 \text{ m/s}^2$.

Maksimaliai įkrautos transporto priemonės šoninių pagreičių grafike (5 pav.), esant dvigubo juostos pakeitimo manevrui, matyti, kaip pradėjus persirikiavimą maksimalios svyravimų reikšmės pasiekia atitinkamai $3,5 \text{ m/s}^2$ ir -3 m/s^2 . Persirikiuojant atgal matyti, kad maksimalios amplitudės reikšmės siekia $-3,7 \text{ m/s}^2$ ir $4,7 \text{ m/s}^2$.

Išvados

1. Apžvelgus sunkiasvorių transporto priemonių eismo įvykių statistiką, matyti, kad su transporto priemonių stabilumu susiję eismo įvykiai sudaro apie 5% nuo visų su šiomis transporto priemonėmis susijusių eismo įvykių.

2. Išanalizavus natūrinių bandymų rezultatus matyti, kad tuščio ir maksimaliai įkrauto automobilio su barstytuvu, važiuojančio 50 km/h greičiu, šoniniai pagreičiai padidėja 2 kartus.

3. Praplėtus įkrovimo tolygumo transporto priemonėje tyrimą, galima būtų sudaryti krovos schemas, kurios pagelbėtų įmonėms bei jų vairuotojams išvengti eismo įvykių.

Literatūra

1. Apostu R. 2011. Accidents caused by large North American trucks design flaws, Jideg – the Sorging Journal 6(1): 13–16.
2. ISO 3888-1:1999. Passenger cars – Test track for a severe lane-change manoeuvre – Part 1: Double lane-change.
3. ISO 7401:2011. Road vehicles – Lateral transient response test methods – Open-loop test methods.
4. Įskaitinių eismo įvykių statistika Lietuvoje, 2013–2016 m. 2017. Vilnius, Kelių ir transporto tyrimo institutas, 111 p.
5. Kamnik R., Boettiger F., Hunt K. 2003. Roll dynamics and lateral load transfer estimation in articulated heavy freight vehicles, Journal of Automobile Engineering 217(11): 985–997.
6. Lueck M. D., Murray D. C. 2011. Predicting Truck Crash Involvement: Linking Driver Behaviors to Crash Probability, Journal of Transportation Law, Logistics & Policy 78(2): 109–128.
7. McKnight A. J., Bahouth, G. T. 2009. Analysis of Large Truck Rollover Crashes, Traffic Injury Prevention 10(5): 421–426.
8. Molengraft-Luijten M. F. J. 2012. Analysis of the lateral dynamic behaviour of articulated commercial vehicles, Vehicle System Dynamics: International Journal of Vehicle Mechanics and Mobility 50(sup1): 169–189.

CAR WITH SPREADER STABILITY STUDY

Summary

The article analysis the influence of lateral accelerations of a heavyweight vehicle (spreader) on the vehicle's dynamic properties. Heavyweight vehicles, combined with cargo, are massive and heavy, which, in the event of an accident, cause considerable damage on the road. The simulated manoeuvre is a double line change on a road. This manoeuvre illustrates vehicle's movements to the neighbouring lane and the vehicle's return back. Detailed analysis of the loading symmetry in a vehicles could enable drawing loading schemes which will help companies and their drivers avoid traffic accidents.

Key words: Spreader, car stability, double lane change maneuver, lateral acceleration

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vidmantas Kozėla

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros magistrantas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: eismo saugumas, transporto priemonių dinamika

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 6) 15 93195, vidmantas.kozella@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Robertas Pečeliūnas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: eismo saugumas, transporto priemonių dinamika

Telefonas ir el. pašto adresas: (8 5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vidmantas Kozėla

Science degree and name: postgraduate

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering, Department of Automobile Engineering, postgraduate

Author's research interests: traffic safety, vehicle dynamics

Telephone and e-mail address: (8 6) 15 93195, vidmantas.kozella@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Robertas Pečeliūnas

Science degree and name: doctor, assoc professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Faculty of Transport Engineering, Department of Automobile Engineering, assoc professor

Author's research interests: traffic safety, vehicle dynamics

Telephone and e-mail address: (8 5) 274 4790, robertas.peceliunas@vgtu.lt

SLĖGINIO UŽDEGIMO VIDAUS DEGIMO VARIKLIO VEIKIMAS DYZELINĄ PAKEITUS GYVŪNINĖS KILMĖS RIEBALAIS

Edvinas Bučinskas, Jonas Matijošius, Alfredas Rimkus

Vilniaus Technologijų ir dizaino kolegija, Technikos fakultetas, Automobilių transporto katedra

Anotacija

Lietuvoje pagal ES direktyvas būtina naudoti iki 7 % alternatyvių degalų. Tad pastoviai ieškoma naujų žaliavų ekologiškiems, vietinės gamybos degalams. Straipsnyje yra išanalizuoti gyvūninės kilmės riebalai kaip alternatyva standartiniam dyzelinui. Išnagrinėtos panaudojimo galimybės, bei atlikta kitų mokslininkų tyrimų apžvalga.

Reikšminiai žodžiai: Alternatyvus kuras, dyzelinas, gyvūninės kilmės riebalai, slėginio uždegimo variklis

Įvadas

Kasmet pagaminama vis daugiau transporto priemonių varomų vidaus degimo varikliais (VDV). Dalis tokių variklių veikia naudodami dyzelinius degalus, tačiau dyzelinu varomoms transporto priemonėms keliami vis griežtesni reikalavimai. Tuo pačiu keliami ir kuro kokybės reikalavimai. Automobilių gamintojai intensyviai ieško būdų, kaip sumažinti automobilių išmetamųjų dujų aplinkai keliamus pavojus. Degant dyzeliniam kurui, į aplinką yra išmetamos tokios žmogaus sveikatai ir aplinkai pavojingos medžiagos kaip anglies (II) oksidas (CO , smalkės), nepilnai sudegę organinės kilmės teršalai (CH), šiltnamio efektą sukeliančios anglies dioksido dujos (CO_2) bei stipriai atmosferos ozono sluoksniui kenkiantys ir kancerogeninėmis savybėmis pasižymintys azoto oksidai (NO_x). Taip kyla priešprieša tarp didėjančio VDV galingumo poreikio, ir griežtėjančių aplinkosauginių reikalavimų. Dėl šios priežasties gamintojai įpareigoti technologiškai tobulinti savo produkciją, aprūpinant naujomis, aplinkotaršą mažinančiomis priemonėmis, bei mažinant variklio degalų sąnaudas. Šiuolaikiniai automobiliai su slėginio uždegimo varikliais yra aprūpinami įvairiomis išmetamųjų teršalų kiekį mažinančiomis sistemomis: katalizatoriais, išmetamųjų dujų recirkuliacijos sistemomis (EGR), bei kietųjų dalelių (suodžių) filtrais. Šios priemonės ženkliai sumažina teršalų kiekį, tačiau reikalavimams griežtėjant, pradedama žvalgytis į alternatyvius energijos šaltinius. Kaip ekonomiškai naudinga alternatyva dyzeliniam kurui gali būti panaudoti riebalai (Awad et al. 2014; Melo – Espinosa et al. 2015; da Silva Almeida et al. 2017).

Gyvūninės kilmės riebalų panaudojimo galimybės. Riebalai, kaip didelės molekulinės masės organinės kilmės medžiagos, gali būti panaudoti kaip alternatyva dyzeliniams degalams. Tačiau tokiam riebalų panaudojimui automobilio degalų tiekimo sistema turi būti perdaryta dvigubam darbui, naudojant tiek dyzeliną, tiek riebalus (Kleinova et al., 2011). Dyzelinas šiuo atveju naudojamas variklio užvedimui, bei variklio šildymui iki reikalingos darbinės temperatūros. Toliau variklio degalų sistema perjungama darbui naudojant riebalus. Augalinės kilmės riebalai (aliejai) yra skystos agregatinės būsenos, todėl VDV darbas naudojant augalinius aliejus yra ganėtinai plačiai ištirtas (Melo – Espinosa et al., 2015). Augalinės kilmės riebalų sandarai būdingos nesočiosios angliavandenilių jungtys (pi jungtys), sąlygojančios šių riebalų skystąją agregatinę būseną normaliomis sąlygomis. Gyvūninės kilmės riebalai (taukai) yra sočiųjų riebalų rūgščių ir glicerolio (1,2,3-propantriolio) esteriai. Taukų sandaroje nėra nesočiųjų angliavandenilinių jungčių, todėl normaliomis sąlygomis jie yra kieti. Norint panaudoti taukus kaip alternatyvų kurą slėginio uždegimo varikliams, juos reikia lydyti. Tam tikslui papildomai tenka perdaryti degalų sistemą taip, kad varikliui būtų tiekiami jau skystos agregatinės būsenos riebalai. Taukai, kaip atlieka, susidaro mėsos apdirbimo proceso metu, didelė dalis taukų patekdam į nutekamuosius vandenį juos teršia, todėl maisto perdirbimo įmonės įsirengia riebalų gaudykles (angl. grease traps) (da Silva Almeida et al., 2017), tačiau nors ir surenkami, tokie riebalai panaudojimo srities nebeturi, ir tampa atliekomis. Iš naudoti nebetinkamų riebalų katalitinio krekingo metu galima gauti savo savybėmis į dyzelinį kurą panašius angliavandenilius (da Silva Almeida et al., 2017), taip pat panaudoti biodyzelino gamybai (Emiroglu et al., 2018; Alptekin et al., 2015).

Riebalų panaudojimo tyrimų apžvalga. Didžioji dalis tyrimų, atliekamų su riebalais, juos panaudojant kaip alternatyvius degalus slėginio uždegimo VDV, yra vykdomi naudojant augalinės kilmės riebalus, taip pat iš jų, ypatingai saulėgrąžų ir rapsų, gaminamus biodyzelinius degalus. Taip pat nemažai yra atlikta tyrimų su gyvūninės kilmės riebalų biodyzelinu (Emiroglu et al., 2018; Alptekin et al., 2015; Barrios et al., 2014). Tačiau tyrimų, atliktų naudojant taukus kaip alternatyvius degalus atlikta santykinai nedaug (Kleinova et al., 2011; Rimkus et al., 2017). Dvigubo kuro sistemą atlikdami tyrimus naudojo Slovakijos mokslininkai. Lietuvoje slėginio uždegimo VDV eksploatacinius rodiklius, naudojant taukus, tyrė Vilniaus Gedimino technikos Universiteto (VGTU) ir Vilniaus technologijų ir dizaino Kolegijos (VTDK) mokslininkai.

Slovakijos mokslininkų atliktame tyrime (Kleinova et al., 2011) nagrinėjamas dviejų slėginio uždegimo VDV (1.9 TDI ir 2.5 UI) darbas naudojant kelių skirtingų rūšių degalus. Iš viso tyrimui naudotas

dviejų rūšių iškastinės kilmės dyzelinas, rapsų aliejus, riebiųjų karboksirūgščių metanolio esteris, vištų taukai bei rapsų aliejaus ir etilo alkoholio mišiniai (atitinkamai 3 % ir 6 % etilo alkoholio). Tyrimui naudoti du lengvieji automobiliai: pirmasis – 2000 metų gamybos Škoda Octavia, turintis 4 cilindrus 1,9 litro darbinio tūrio tiesioginio degalų įpurškimo turbokompresorinį variklį su skirstomuoju aukšto slėgio degalų siurbliu. Antrasis – 2007 metų gamybos Volkswagen Toureg R5, turintis 5 cilindrus 2,5 litro darbinio tūrio turbokompresorinį variklį su siurblio-purkštuvu maitinimo sistema (UI – Unit injector, angl.). Abu automobiliai buvo perdaryti, kad galėtų dirbti dviem degalų rūšimis – iškastinės kilmės dyzelinu ir bandymui naudotomis alternatyvių degalų rūšimis. Bandymams naudotų automobilių variklių techniniai duomenys pateikiami 1 lentelėje:

1 lentelė

Variklių techniniai duomenys

Variklio tipas	1.9 TDI	2.5 UI
Cilindrų skaičius	4	5
Stūmoklio skersmuo ir eiga (mm)	79,5 X 95,5	81 X 95,5
Darbinis tūris (L)	1,9	2,5
Suslėgimo laipsnis	19,5:1	19,5:1
Maksimali galia (kW prie aps/min)	66/4000	128/3500
Maksimalus sukimo momentas (N·m /min ⁻¹)	210/2000	400/2000
Įpurškimo slėgis (bar)	850	2050
Automobilio masė (t)	1,2	2,4

Šaltinis: Kleinova et al., 2011

Abiejų automobilių degalų tiekimo sistema buvo perdaryta taip, kad varikliai galėtų veikti naudojant dviejų rūšių degalus. Ši sistema dirba tokiu principu: elektroninė valdymo sistema naudodama išmetamųjų dujų temperatūros ir įsiurbimo kolektoriaus slėgio jutiklius valdo degalų tiekimą į variklio maitinimo sistemą. Pagal jutiklių siunčiamus signalus, sistema automatiškai parenka kokios rūšies degalus tiekti varikliui. Tokioje sistemoje naudojami 3 trijų krypčių vožtuvai – vienas vožtuvas reikalingas degalų tiekimo magistralei, kitas grįžtamajai magistralei, trečiasis vožtuvas apsaugo tiekimo ir grįžtamąsias magistras nuo degalų užtersimo riebalais, ir atvirkščiai. Taip pat, siekiant išvengti temperatūrinio šoko variklio maitinimo sistemos detalėms, įtaisomi radiatoriai, skirti palaikyti vienodą abiejų rūšių degalų temperatūrą. Variklis paleidžiamas naudojant dyzeliną ir dirba tol, kol pasiekiamas reikiama antrinių degalų (riebalų) temperatūra. Tuomet, esant variklio apkrovai, sistema stabdo dyzelino tiekimą, ir pradeda tiekti kitos rūšies degalus. Siekiant išvengti kuro susimaišymo perjungimo metu, sistema, išjungusi vienos rūšies degalų tiekimą, kitos rūšies degalus pradeda tiekti tik po tam tikro laiko: keičiantis tarp dyzelino ir riebalinių degalų sistema uždelsia 3 minutes o atvirkščiai keičiantis uždelsia 2 minutes. Variklio darbo pabaigoje sistema grįžta į dyzelino tiekimo režimą, taip išplaudama variklio maitinimo sistemą.

Tyrimams naudotų degalų charakteristikos pateiktos lentelėse 2 ir 3. Straipsnyje vartojamos santrumpos: D1- dyzelinas skirtas 1.9 TDI varikliui, D2 – dyzelinas skirtas 2.5 UI varikliui, VT – vištos taukai.

2 lentelė

Degalų charakteristikos

Parametras	Matas	D1	D2	Standartas
Tankis 15 °C	kg/m ³	817,2	832,6	EN 12185
Klampa 40 °C	mm ² /s	1,747	2,376	EN 3104
Cetaninis indeksas		47,38	50,7	EN 4264
Cetaninis skaičius		51,6	50,6	EN 5165
Vandens kiekis	mg/kg	42,9	26,2	EN 12937
Pliūpsnio temperatūra	°C	63	70	EN 2719
Drumstimosi temperatūra	°C	-23		EN 23015
Kristalizavimosi temperatūra	°C	-45	-20	EN 116
Tepumas	μm	361	605	EN12156-1

Šaltinis: Kleinova et al., 2011

3 lentelė

Degalų charakteristikos

Tiriami degalai	Tankis, kg/m ³			Klampos temperatūrinės priklausomybės parametrai		
	15 °C	55 °C	75 °C	A (mm ² /s)	B (K)	R

D1	817,2	-	773,9	-	-	-
D2	832,6	803,1	-	0,010+-0,001	1705+-46	0,9997
VT	938,0	882,8	874,3	0,0010+-0,0005	3334+-164	0,9991

Šaltinis: Kleinova et al., 2011

Tyrimo metu Slovakijos mokslininkai naudojo dinamometrą MAHA LPS 2000, išmetamųjų dujų sudėties tyrimui naudojo išmetamųjų dujų analizatorių MAHA MGT 5, dūmingumas nustatytas dūmomačiu AVL DiSmoke 435. Variklių išvystomas didžiausias galingumas naudojant skirtingas degalų rūšis pateikiamas 4 lentelėje, o išmetamųjų dujų analizės rezultatai 5 lentelėje.

4 lentelė

Variklių išvystomas didžiausias galingumas ir sukimo momentas

degalų rūšis	1.9 TDI		2.5 UI	
	Maksimalus galingumas, kW	Maksimalus sukimo momentas, N·m	Maksimalus galingumas, kW	Maksimalus sukimo momentas, N·m
D1	86	258	-	-
D2	-	-	127	476
VT	80	256	110	410

Šaltinis: Kleinova et al., 2011

5 lentelė

Išmetamųjų dujų analizės rezultatai

		1.9 TDI		2.5 UI	
		D1	VT	D2	VT
CO (% tūrio)	Tuščioji eiga	0,1	0,05	0	0
	60 km/h	0,01	0,106	0	0
	90 km/h	0	0,01	0	0
	120km/h	0	0	0	0
CH _x (ppm)	Tuščioji eiga	9,6	14,6	0	1,6
	60 km/h	12	16,4	19,6	17,2
	90 km/h	6	7,8	31	23,8
	120km/h	1	1,2	20	17,2
NO _x (ppm)	Tuščioji eiga	98,2	26	44	27,4
	60 km/h	172,2	78	87,6	116,2
	90 km/h	163	123,6	294,6	337,2
	120 km/h	369	329,8	476,2	491

Šaltinis: Kleinova et al., 2011

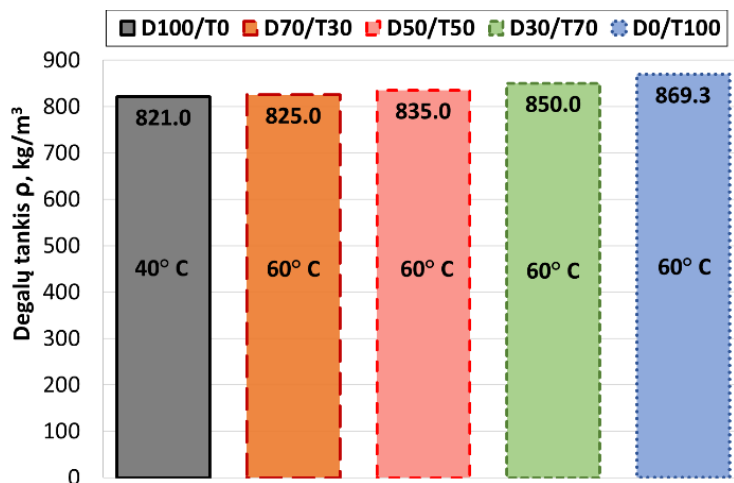
Lietuvoje šios srities tyrimus atliko Vilniaus Gedimino Technikos Universiteto bei Vilniaus Technologijų ir Dizaino Kolegijos mokslininkai. Šiame tyrime buvo ištirti slėginio uždegimo variklio energetiniai rodikliai dyzeliną pakeitus gyvūninės kilmės degalais (Rimkus et al. 2017). Lyginant su Slovakijos mokslininkų atliktu tyrimu (Kleinova et al. 2011), lietuvių mokslininkų atliktas tyrimas yra orientuotas tik į slėginio uždegimo VDV darbą dyzeliną pakeitus taukais ir įvairiomis proporcijomis maišytą dyzelino ir taukų mišinį. Šio tyrimo metu, skirtingai nei slovų, nebuvo tirtas VDV darbas naudojant rapsų aliejus, riebiųjų rūgščių metanolio esterius bei rapsų aliejaus ir etilo alkoholio mišinius.

Tyrėjai iškėlė pagrindinius tyrimo uždavinius – apžvelgti gyvūninės kilmės riebalų fizikines – chemines savybes bei jas palyginti su dyzelinio kuro savybėmis, taip pat stebėti ir išmatuoti kuro sąnaudų pokytį ir nustatyti variklio efektyviojo naudingumo koeficiento pokytį. Tyrimui mokslininkai naudojo automobilį Volkswagen Golf, turintį 1.9 litro darbinio tūrio dyzelinį variklį, gebantį išvystyti 66 kilovatų galią, ir pasiekti maksimalų 202 niutonmetrų sukimo momentą. Eksperimento vykdymui naudotasi Vilniaus Technologijų ir Dizaino kolegijos automobilių diagnostikos laboratorijoje esančia matavimo įranga: lengvųjų automobilių traukos stendu „CARTEC LPS 2510“, degalų sąnaudų matuokliu „AIC-1204 HD 2000“ bei diagnostiniu aparatu „ROSS-TECH VCDS“. Duomenų fiksavimui naudoti kompiuteriai aprūpinti programine duomenų fiksavimo įranga „IFTECH DATALOGGER“.

Tyrimai atlikti varikliui veikiant dyzelinu, gryna gyvūninės kilmės riebalais, riebalų ir dyzelino mišiniais - 70 % dyzelino 30 % taukų, 50 % dyzelino 50 % taukų, 30 % dyzelino 70 % taukų. Naudojant gyvūninės kilmės riebalus ir jų mišinius su dyzelinu, siekiant užtikrinti tinkamą šių degalų klampumą, jie buvo pašildomi iki apytikriai 60 °C temperatūros. Varikliui veikiant dyzelinu, degalų temperatūra, naudojant degalų matuoklę AIC, siekė apie 40 °C. Degalų

sąnaudos matuotos esant fiksuotai ($F = 500 \text{ N}$) varomųjų ratų apkrovai, automobiliui važiuojant 60 km/h, 70 km/h, 80 km/h, 90 km/h ir esant įjungtai IV pavarai. Bandymų metu buvo matuojama automobilio traukos galia, važiavimo greitis, variklio sūkių dažnis, nuostoliai automobilio transmisijoje ir valandinės tūrinės degalų sąnaudos.

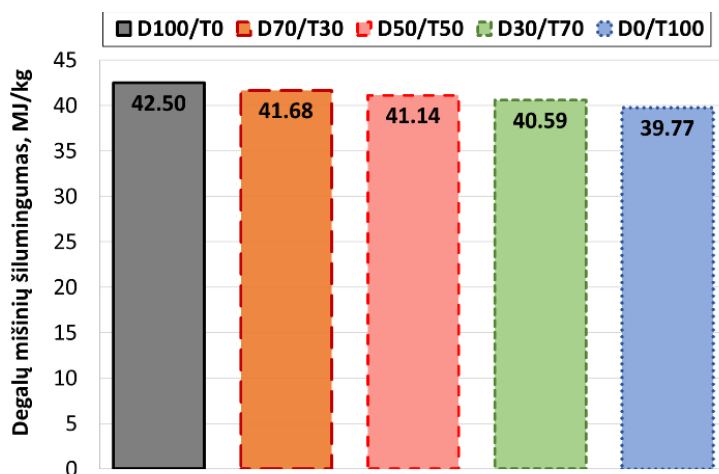
Atlikto tyrimo metu išmatuotas degalų ir jų mišinių tankis pavaizduotas 1 diagramoje:



Pav. 1 Išmatuotas degalų ir jų mišinių tankis

Šaltinis: Rimkus et al. 2017

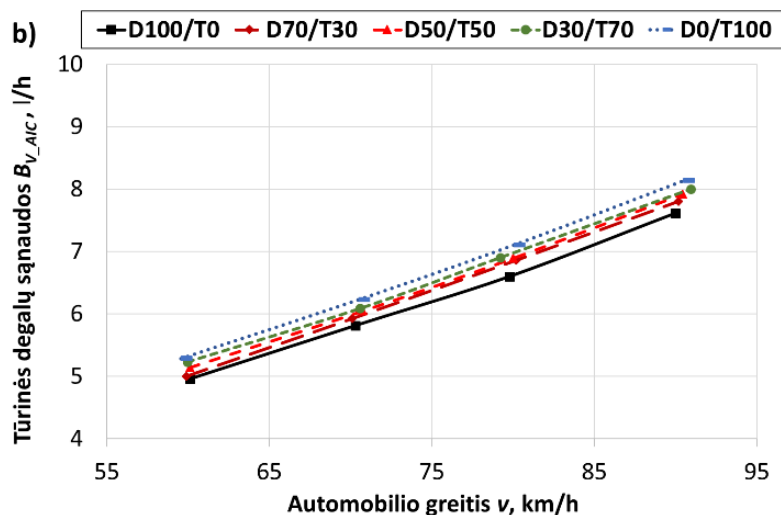
Degalų ir jų mišinių žemutinis šilumingumas pateikiamas 2 diagramoje:



Pav. 2 Degalų ir jų mišinių žemutinis šilumingumas

Šaltinis: Rimkus et al. 2017

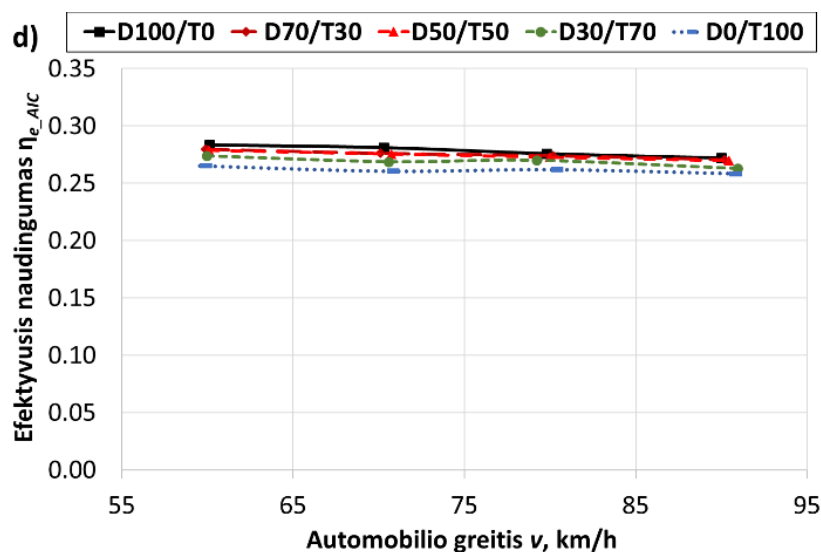
Atlikto tyrimo rezultatai aprėpia tokius parametrus kaip vidutinės valandinės tūrinės kuro sąnaudos, matuotos VAG-COM sistema, bei AIC matuokle, taip pat naudingumo koeficiento kitimas. Tyrėjai pastebėjo, jog kuro sąnaudų matavimas VAG-COM sistema, kai dyzelinas palaipsniui keičiamas taukais, skiriasi nuo matavimų, atliktų AIC matuokle. Didinant taukų koncentraciją degalų mišinyje (palaipsniui – 30%, 50%, 70% ir 100%) didėja ir neatitikimas tarp VAG-COM sistemos ir AIC matuoklės parodymų. VAG-COM sistemos duomenys yra atitinkamai ~7,8 % mažesnės už AIC matuoklės duomenis esant dyzelino ir taukų mišiniui proporcijomis 70%/30%, toliau didėjant taukų koncentracijai degalų mišinyje, VAG-COM sistemos duomenys yra atitinkamai ~8,2 %, ~8,8 % ir ~11,5 % didesni nei išmatuoti AIC matuokle. Naudojant degalus bei jų mišinius, kurių fizikinės ir cheminės savybės skiriasi nuo gryno dyzelino savybių (taukų didesnis tankis ir klampumas), VAG-COM sistemos degalų valandinių tūrinių sąnaudų matavimas nėra tikslus (naudojant grynus taukus gaunamos iki 13 % mažesnės reikšmės). Siekiant tiksliai įvertinti energetinių variklio rodiklių tyrimų rezultatus remtasi AIC degalų matavimo sistemos duomenimis. Diagramoje 3 pateikiami valandinių tūrinių degalų sąnaudų, išmatuotų AIC matuokle, duomenys:



Pav. 3 Valandinės tūrinės degalų sąnaudos, išmatuotos AIC matuokle
Šaltinis: Rimkus et al. 2017

Ištyrę kaip kinta variklio naudingumo koeficientas, tyrėjai nustatė jog efektyvusis naudingumo koeficientas, esant automobilio greičiui 60 km/h ir didinant gyvūninės kilmės degalų koncentraciją mišinyje nuo 0 % iki 30 %, 50 %, 70 % ir 100 % mažėja nuo 0,283 iki atitinkamai 0,280 (~1,2 %), 0,279 (~1,7 %), 0,274 (~3,3 %) ir 0,265 (~6,4 %). Didinant automobilio greitį nuo 60 km/h iki 70 km/h, 80 km/h ir 90 km/h, naudojant dyzeliną, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas sumažėja nuo 0,283 atitinkamai iki 0,281 (~0,8 %), 0,276 (~2,6 %), 0,272 (~3,9 %), nes valandinės degalų masės sąnaudos auga intensyviau nei variklio apkrova. Didėjant gyvūninės kilmės riebalų koncentracijai degalų mišinyje nuo 0 % iki 30 %, 50 %, 70 % ir 100 %, visame tirtame automobilio greičių diapazone, variklio efektyvusis naudingumo koeficientas papildomai sumažėja atitinkamai ~1,1 %, ~1,5 %, ~3,3 %, ~5,9 %. Taip yra dėl to, kad didinant gyvūninės kilmės riebalų koncentraciją, valandinės degalų masės sąnaudos auga sparčiau nei mažėja dyzelino ir gyvūninės kilmės riebalų mišinio žemutinis šilumingumas.

Variklio efektyviojo naudingumo koeficiento mažėjimui įtaką daro ir kintančios degalų mišinio fizikinės - cheminės savybės. Didinant gyvūninės kilmės riebalų koncentraciją mišinyje kinta degalų mišinio klampumas, tankis, cetaninis skaičius ir kitos degalų savybės, kurios daro įtaką degalų išpurškimui ir degimui. Tyrėjai priėjo išvadą jog norint minimalizuoti variklio efektyviojo naudingumo koeficiento sumažėjimą, atsirandantį pasikeitus degalų degimo pobūdžiui dėl gyvūninės kilmės riebalų, reikia koreguoti degalų išpurškimo pradžią ir intensyvumą. Tyrimo metu apskaičiuotas variklio efektyviojo naudingumo koeficiento kitimas pavaizduotas 4 diagramoje:



Pav. 4 Variklio efektyviojo naudingumo koeficiento kitimas
Šaltinis: Rimkus et al. 2017

Išvados

Nors abu atlikti tyrimai siekia išsiaiškinti kaip kinta slėginio uždegimo VDV darbas dyzeliną pakeičiant gyvūninės kilmės riebalais, tačiau abiejų tyrimų rezultatų nepakanka, kad taukų panaudojimą būtų galima praktiškai pritaikyti kaip alternatyvą dyzeliniam kurui. Norint išsiaiškinti variklio darbo parametrus, kurie nebuvo aptarti nė viename iš minėtų tyrimų, derėtų atlikti papildomus tyrimus, kurie turėtų būti išsamesni. Šios srities tyrimai parodė, jog gyvūninės kilmės riebalai gali būti nebrangi ir patraukli alternatyva dyzeliniam kurui, tačiau dėl poreikio perdaryti variklio kuro tiekimo sistemą, tokia technologija tinkamiausia būtų naudoti sunkiajai technikai (žemės ūkio technika, laivų, lokomotyvų varikliai) arba stacionariams varikliams (generatoriai, siurblinės ir kt.) (Kleinova et al., 2011).

Literatūra

1. Alptekin E., Canakci M., Ozsezen A. M., Turkcan A., Sanli H. 2015. Using waste animal fat based biodiesel-bioethanol- diesel fuel blends in a DI diesel engine. Fuel 157 (2015) 245 -254.
2. Awad S., Loubar K., Tazerout M. 2014. Experimental investigation on the combustion, performance and pollutant emissions of biodiesel from animal fat residues on a direct injection diesel engine. Energy 69 (2014) 826- 836.
3. Barrios C.C., Dominguez – Saez A., Martin C., Alvarez P. 2014. Effects of animal fat based biodiesel on a TDI diesel engine performance, combustion characteristics and particle number and size distribution emissions. Fuel 117 (2014) 618 – 623.
4. Da Silva Almeida H., Correa O.A., Ferreira C.C., Ribeiro H.J., De Castro D.A.R., Pereira M.S., De Andrade Mancio A., Santos M.C., Da Mota S.A.P., Da Silva Souza J.A., Borges L.E.P., Mendonca N.M., Machado N.T. 2017. Diesel – like hydrocarbon fuels by catalytic cracking of fat, oils and grease (FOG) from grease traps. Journal of the Energy Institute 90 (2017) 337 – 354.
5. Emiroglu A. O., Keskin A., Sen M. 2018. Experimental investigation of the effects of turkey rendering fat biodiesel on combustion, performance and exhaust emissions of a diesel engine. Fuel 216 (2018) 266 -273.
6. Kleinova A., Vailing I., Labaj J., Mikulec J., Cvengroš J. 2011. Vegetable oils and animal fats as alternative fuels for diesel engines with dual fuel operation. Fuel Processing Technology 92 (2011) 1980 – 1986.
7. Melo – Espinosa E. A., Piloto – Rodriguez R., Goyos – Perez L., Sierens R., Verhelst S. 2015. Emulsification of animal fats and vegetable oils for their use as a diesel engine fuel: An overview. Renewable and Sustainable Energy Reviews 47 (2015) 623 – 633.
8. Rimkus A., Vipartas T., Stravinskas S., Kriaučiūnas D., Melaika M. Slėginio uždegimo variklio energetinių rodiklių vertinimas dyzeliną pakeitus gyvūninės kilmės degalais. Inžinerinės ir edukacinės technologijos 10 (2017) 94 – 100.

OPERATION OF THE PRESSURE TORQUE INTERNAL COMBUSTION ENGINE WITH DIESEL CHANGE IN ANIMAL FAT.

Summary

In Lithuania, according to EU directives, it is necessary to use up to 7% of alternative fuels. Therefore, new raw materials for organic, local production fuel are constantly being sought. The article analyzes animal fat as an alternative to standard diesel. The possibilities of utilization were analyzed and a review of other researches was carried out.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Edvinas Bučinskas.

Mokslų laipsnis ir vardas: studentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68764869, e.bucinskas@tf.stud.vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68404169, j.matijosius@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Author name, surname: Edvinas Bučinskas.

Science degree and name: student

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department student.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 68764869, e.bucinskas@tf.stud.vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department lector.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 68404169, j.matijosius@vtdko.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

SĖDĖSENOS VERTINIMO METODŲ ANALIZĖ, NAUJOJO METODO SUKŪRIMAS IR VERTINIMAS

Loreta Valatkienė¹, Donata Putnaitė¹, Andrius Kozlovas²

¹Kauno technologijos universitetas, Elektros ir elektronikos fakultetas, Elektros energetikos sistemų katedra

²Kauno technikos kolegija, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypčių studijų programų departamentas

Anotacija

Straipsnyje yra analizuojami darbuotojų dirbančių sėdimą darbą sėdėsenos vertinimo metodai. Sėdėsenos analizė atlikta taikant vizualinį laikysenos vertinimo, anketinės apklausos ir fotografijos metodus. Rekomenduojamas taikyti naujas sėdėsenos vertinimo metodus, paremtas fotografija, atlikta jo analizė bei vertinimas.

Pernelyg ilgas sėdėjimas, netaisyklinga laikysena sėdint, mažas fizinis aktyvumas bei neergonomiškai baldai neigiamai veikia darbuotojų sveikatą, todėl svarbu sukurti metodą, skirtą greitam ir efektyviam darbuotojų sėdėsenos įvertinimui. Siekiant įvertinti fotografijos metodo pranašumą, palyginimui sėdėsenos vertinimas atliktas naudojant ir pasaulyje jau taikomus vizualinį laikysenos vertinimo ir anketinės apklausos metodus. Naujai taikytas fotografijos metodas rekomenduojamas naudoti kaip greita ir patikima prevencijos priemonė sėdimą darbą dirbančių darbuotojų laikysenai įvertinti ir užkirsti kelią profesinėms ligoms, taip pat atliekant profesinės rizikos vertinimą sėdimą darbą dirbančių darbuotojų darbo vietose.

Reikšminiai žodžiai: sėdimas darbas, netaisyklinga sėdėseną, fotografijos metodas, sėdėsenos kampas.

Įvadas

Netaisyklinga laikysena ilgo sėdėjimo metu, mažas fizinis aktyvumas bei neergonomiškai baldai neigiamai veikia darbuotojo sveikatą, todėl vis daugiau žmonių skundžiasi su ilgalaikę sėdėseną susijusiais negalavimais. Europos saugos ir sveikatos darbe agentūros (European Agency for Safety and Health at Work, 2007) specialistų teigimu sėdimą darbą dirbantiems žmonėms yra rizika susirgti profesinėmis ligomis, kurios susijusios su:

1. Kūno laikysenos problemomis (sėdimas darbas, pastovi poza ir darbas nepatogioje padėtyje dėl netinkamo darbo vietos įrengimo);
2. Darbo trukme, intensyvumu ir organizavimu (dažni ir nuolat pasikartojantys rankų, riešo, pirštų judesiai, didelė dėmesio koncentracija ir informacijos perteklius);
3. Psichologiniais ir socialiniais veiksniais (darbo suvokimas, didelis darbo tempas, atsakomybė, nepakankama pagalba iš vadovo ir kolegų);
4. Darbo aplinka (netinkamas mikroklimatas, nepakankamas apšvietimas, triukšmas, ribotos erdvės galimybės ir kliūtys).

Europos sąjungoje darbo vietų ergonomiką reglamentuoja ES direktyva 90/270/EC, kurios turi laikytis visos ES narės, taip pat ją papildanti ISO-9241 norma, kurioje atkreipiamas dėmesys ir į darbo vietos baldus bei įrangą, darbuotojų sėdėseną.

Lietuvos galiojančioje higienos normoje HN 32:2004 (2004) taip pat yra apibrėžiami tam tikri reikalavimai kompiuterizuotai darbo vietai įrengti, darbo aplinkai, darbo ir poilsio režimui bei darbuotojų sveikatos tikrinimui.

Tyrimais nustatyta, kad žmonėms, kurie sėdėdami praleidžia 95 % darbo laiko, skausmai atsiranda dažniau nei tiems, kurie sėdėdami praleidžia 75 % darbo laiko (Krutulytė ir kt., 2007 a). Iwakiri ir kt. (2004) atliko tyrimą siekiant išsiaiškinti, kokią poveikį sveikatai turi sėdimas darbas prie kompiuterio. Nustatyta, kad kaklo raumenų įtampa/skausmas buvo siejamas su pečių pakėlimu naudojantis kompiuteriu, netinkama rankai kompiuterinės pelės forma. Rankos ir plaštakos įtempimą/skausmą siejo su netinkamu kompiuterinės pelės pritaikymu ir netinkamu stalo aukščiu. Juosmens raumenų įtampa/skausmas buvo jaučiamas dėl netinkamo kėdės ir klaviatūros naudojimo bei riešo poilsio nebuvimo. Liepinytės-Medeikės (2009 a) teigimu, daugėjant žmonių dirbančių kompiuteriais, ilgėja darbo kompiuteriu trukmė, o daugiau laiko praleidžiant prie kompiuterių, gausėja ir įvairių negalavimų, silpsta rega, mažėja fizinis aktyvumas. Atroshi ir kt. gydytojų (2007) atlikto tyrimo metu pastebėta, kad ne laikas praleistas prie kompiuterio sąlygoja riešo tunelio sindromo riziką, bet netinkamos ergonominės sąlygos. Teigiama, kad laikant riešą sulenktą daugiau nei 20 ° kampu, padidėja rizika susirgti tunelinio riešo sindromu.

Taigi, pasaulyje plačiai atliekami sėdimo darbo poveikio sveikatai tyrimai, o jiems atlikti naudojami įvairūs metodai: anketinė apklausa, stebėjimo metodas, skenavimas specialiu magnetinio rezonanso įrenginiu, palyginamoji ergonominė intervencija ir kt. metodai (Bashir, 2006; Esmaeilzadeh, 2012; Mutlu, 2007). Jie yra efektyvūs, tačiau daugumai šių tyrimo metodų reikalinga didelė tiriamųjų imtis, nemažos laiko sąnaudos, specialus pasiruošimas, kvalifikacija bei brangi įranga, todėl darbo vietose šie metodai sunkiai pritaikomi. Darbuotojų sėdėsenos tyrimui įmonėse reikalingas nesudėtingas, pigus ir greitas tyrimo metodas, kad gauta

informacija galėtų būti efektyviai panaudota ieškant prevencijos priemonių neigiamam sveikatos poveikiui sumažinti dėl ilgalaikio netaisyklingo sėdėjimo.

Tyrimo objektas – anketinės apklausos, vizualinis laikysenos vertinimo bei fotografijos metodai.

Tyrimo tikslas – sukurti metodą skirtą greitam ir efektyviam sėdėsenos vertinimui bei atlikti sėdinčių darbuotojų laikysenos tyrimą taikant vizualinį laikysenos vertinimo, anketinės apklausos bei fotografijos metodus.

Tyrimo uždaviniai:

- Atlikti sėdėsenos tyrimų ir vertinimo metodų teorinę analizę;
- Pasiūlyti naują metodą greitam ir efektyviam sėdėsenos vertinimui;
- Naujai sukurtu metodu, paremtu fotografija, ištirti darbuotojų sėdėseną;
- Įvertinti naujai sukurtą sėdėsenos vertinimo metodo, paremtą fotografija, pranašumą prieš kitus sėdėsenos vertinimo metodus, pateikti išvadas ir rekomendacijas.

Sėdėsenos tyrimų ir vertinimo metodai

Darbuotojų sėdėsenos analizei naudoti trys tyrimų ir vertinimo metodai: anketinės apklausos, vizualinis laikysenos vertinimo ir fotografijos metodai.

Tiriamųjų apklausai naudota anoniminė apklausos anketa, kuri parengta pagal Europos saugos ir sveikatos darbe agentūros darbo vietos vertinimo klausimyną (European Agency for Safety and Health at Work, 2017) ir Tarptautiniu fizinio aktyvumo klausimyną (2009).

Pirmoje anketos dalyje tiriamieji turėjo pateikti asmeninę informaciją apie savo lytį, amžių, sėdimo darbo trukmę. Antrąją anketos dalį sudarė klausimai apie darbo vietą, jos patogumą bei darbo režimą. Trečioji anketos dalis sudaryta iš klausimų apie darbuotojo sėdėseną darbo metu, patiriamą diskomfortą, susijusį su ilgalaikiu sėdėjimu, fizinį aktyvumą bei turimas sveikatos problemas.

Tiriamųjų laikysena vertinta vizualiniu metodu. Vizualiai laikysena vertinta tiek tiriamajam stovint, tiek sėdint. Tuo tikslu panaudotas Hoeger (1987) vizualinis laikysenos vertinimo sagitalinėje ir frontalinėje plokštumose metodas. Tiriamųjų laikysena stovint vertinta siekiant išsiaiškinti esamus laikysenos nukrypimus, kurie turi įtakos sėdėsenai, o nuo to priklauso tolimesnis sėdėsenos tyrimas ir vertinimas (Krutulytė ir kt., 2007 b).

Panaudojant Hoeger (1987) vizualinį laikysenos vertinimo sagitalinėje ir frontalinėje plokštumose metodą, tiriamųjų laikysena stovint vizualiai vertinta suglaudus kulnus, o rankas nuleidus prie šonų. Vertintos ir atskirų kūno dalių padėys:

- Galva ir kaklas – iš nugaros vertinamas galvos pakreipimas pagal ausų lygį;
- Pečių lankas – vertinama iš šono, apžiūrimas menčių atsikišimo ir pasisukimo kampas. Žiūrint iš nugaros įvertinamas menčių aukštis viena kitos atžvilgiu, atstumas nuo stuburo iki vidinių menčių kraštų;
- Stuburas – iš šono vertinami fiziologiniai stuburo linkiai, vertinamas kryžmens pakrypimas ir kampas tarp juosmens ir kryžmens. Iš nugaros stebima keterinių stuburo ataugų linija. Įvertinamas stuburo pakrypimas į dešinę arba kairę pusę frontalinėje plokštumoje;
- Pilvas – žiūrint iš šono vertinama pilvo forma: atsikišęs, plokščias, atsikišęs ir nudribęs;
- Dubuo – iš nugaros pusės vertinamas talijų trikampių simetriškumas. Palyginamas klubikaulio skiauterių ir didžiųjų gūbrių aukštis, sėdmenų padėtis ir sėdmenų aukštis;
- Kaklas ir viršutinė stuburo dalis – tiriama, ar galva, kaklas ir pečiai yra vienoje linijoje;
- Liemuo – įvertinamas liemens linkių santykis;
- Apatinė stuburo dalis – vertinamas dubens pasvirimas ir juosmeninis stuburo linkis;
- Kojos – iš šono stebimas kelių tiesimo laipsnis;
- Keliai ir čiurnos – iš nugaros vertinama, ar nėra „X“ ar „O“ kojų formos požymių. Iš nugaros įvertinamas pėdų pasisukimas pagal Achilo sausgyslės liniją.

Fotografijos metodu sėdėseną vertinta prie darbo stalo. Tiriamieji fotografuoti sėdintys savo darbo vietose ir dirbantys įprastinius darbus normaliu darbo režimu. Fotografavimas atliktas praėjus 2 val. nuo darbo pradžios. Fotografuota keletą kartų kas 10 – 15 min. Fotografavimui naudota įranga: kompaktinis sisteminis fotoaparatas OLYMPUS PEN Lite E-PL3 su 14 – 42 mm objektyvu (techninės charakteristikos: **12,3 megapikselių** fotografavimo raiška; **4/3"** dydžio **Hi-Speed Live MOS** tipo vaizdo jutiklis; **3,0"** (7,5 cm) ryškus LCD ekranas (**460 tūkst. taškų**); **HD (1080 p)** raiškos filmavimas (**AVI Motion JPEG** formatas)). Kamerai naudotas BILORA Action Line Standart 264 stovas su 3 – jų padėčių reguliuojamu kameros laikikliu ir gulsčiu horizontaliai bei vertikaliai nustatyti (maksimalus aukštis 157 cm).

Prieš fotografavimą atliktas įrangos kalibravimas – kameros stovas (1 pav.) pastatomas reikiamoje vietoje ir gulsčiukais (2 pav.) išlyginamas pagal horizontalę. Fotoaparatas tvirtinamas ant sukalibruoto pagal horizontalę stovo ir atliekamas fotografavimas (1 pav.).



1 pav. Kameros stovas su fotoaparatu
Šaltinis: sudaryta autorių



2 pav. Kameros stovo gulsčiukai
Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimų metodika

Anketinės apklausos tyrime dalyvavo 36 sėdimą darbą dirbantys darbuotojai. Tyrimui atrinktos tik tos anketos, kuriose pažymėta, kad darbuotojas sėdimą darbą dirba ne mažiau kaip 4 val. per darbo dieną, tokio nepertraukiamo darbo trukmė ne trumpesnė kaip 3 metai bei sutiko fotografuotis sėdėsenos tyrimui. Kriterijus atitiko 12 respondentų.

Pagal Hoeger metodiką (1987) atskirų kūno dalių padėtys frontalinėje ir sagitalinėje plokštumose vertintos taip: gerai – 5 balai, patenkinamai – 3 balai, blogai – 1 balas, o rezultatai sumuojami. Atsižvelgiant į gautą balų sumą, laikysena gali būti vertinama kaip: puiki, gera, patenkinama, bloga ar labai bloga (1 lentelė).

1 lentelė

Vizualinis laikysenos (atskirų kūno dalių padėčių) vertinimas

Suminis balas	Laikysenos vertinimas
45÷50	Puiki
40÷44	Gera
30÷39	Patenkinama
20÷29	Bloga
≤19	Labai bloga

Šaltinis: pagal Hoeger (1987)

Sėdėsenos kampo matavimui naudojant fotografijas pasirinkti sekantys kriterijai:

- Pasak Europos saugos ir sveikatos darbe agentūros specialistų (European Agency for Safety and Health at Work, 2017), rekomenduojamas taisyklingos sėdėsenos kampas turi būti $90^\circ \div 120^\circ$, o Vaterlo universiteto mokslininkai rekomenduoja $93^\circ \div 123^\circ$ taisyklingos sėdėsenos kampą (3 pav.). Užsiduodame, kad taisyklingos sėdėsenos atskaitos kampas yra ne mažiau kaip 90° su $\pm 3^\circ$ paklaida.



3 pav. Specialistų rekomenduojamas taisyklingos sėdėsenos kampas
Šaltinis: *European Agency for Safety and Health at Work, 2017*

- Tiriamojo nuotraukoje nubraižomas ir išmatuojamas sėdėsenos kampas, kurio horizontalė yra lygiagreti sėdinčiojo šlaunims, o statinis išvedamas per pasirinktą atskaitos tašką, t.y. peties tašką (4 pav.). Peties taškas (acromiale) – tai mentės petinės ataugos šoninis taškas, kuris aptinkamas braukiant pirštais palei mentės dyglį į šoną ir aukštyn iki labiausiai atsikišusio taško (LST EN ISO 7250, 2017). Prieš fotografuojant tiriamąjį šis taškas pažymimas žymekliu.



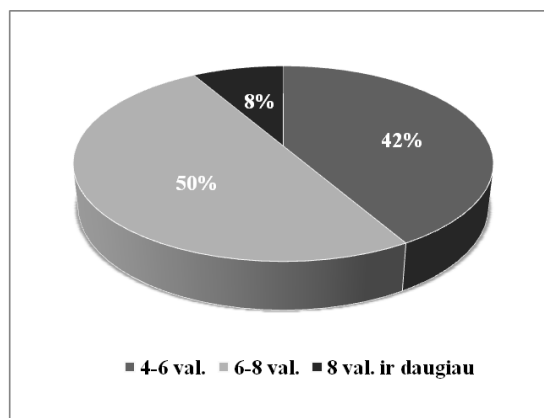
4 pav. Sėdėsenos kampo matavimas naudojant fotografijas
Šaltinis: *sudaryta autorių*

Fotografijos vaizdų duomenys apdoroti DraftSight programiniu paketu.

Tyrimų rezultatai

Anketinės apklausos tyrimų metu nustatyta, kad pagal lytį respondentai pasiskirstė taip: 7 moterys (58 %) ir 5 vyrai (42 %). Daugiausiai tiriamųjų buvo 47 ÷ 66 metų amžiaus, kur nagrinėjant tiriamųjų amžių lyties aspektu, vyrai reikšmingai vyresni negu moterys. Apie 50 % visų dalyvių darbe dirba sėdėdami po 6 ÷ 8 val., 42 % darbe praleidžia sėdėdami 4 ÷ 6 val. ir tik 8 % tiriamųjų sėdi 8 val. ir daugiau (5 pav.).

Apie 50 % tiriamųjų įsitikinę, kad jų darbo vieta yra patogi, kiti mano, kad jų darbo vieta patogi, bet galėtų būti ir patogesnė. Įdomu tai, kad net 42 % tiriamųjų manymu jų sėdėseną yra taisyklinga, o 33 % respondentų nurodė, kad jie sėdi susikūprinę. Į anketos klausimą, kiek darbuotojas turi pertraukėlių darbo metu, kurios trunka ne trumpiau nei 10 min. (įskaitant pietų pertrauką, kavos pertraukėles, rūkymą ir pan.), 67 % tiriamųjų atsakė, kad tokių pertraukėlių turi 4 ar net 5, 25 % nurodė turintys tik 2 ar 3, o 8 % respondentų turi tik po vieną pertrauką darbo dienos metu.



5 pav. Procentinis laiko praleidžiamo sėdint darbe pasiskirstymas

Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuojant tiriamųjų fizinį aktyvumą, pastebėta, kad tik 8 % iš jų kasdien užsiima fizine veikla, 25 % tiriamųjų intensyvia fizine veikla užsiima 2 kartus per savaitę, o net 42 % — neužiima jokia tokio pobūdžio veikla.

Atlikus apklausą nustatyta, kad fizinį diskomfortą bent vienoje kūno srityje jautė net 83 % visų tiriamųjų, o 17 % teigė, kad dirbant sėdimą darbą nepatyrė jokio fizinio diskomforto (2 lentelė).

2 lentelė

Procentinis fizinio diskomforto pasiskirstymas dirbant sėdimą darbą pagal respondentų lytį

Fizinis diskomfortas	Vyrai (n = 5)	Moterys (n = 7)	Iš viso (n = 12)
Nėra diskomforto, %	20	14	17
Yra diskomfortas, %	80	86	83

Šaltinis: sudaryta autorių

Nagrinėjant fizinio diskomforto pasiskirstymą pagal kūno dalis, pastebėta, kad dažniausiai diskomfortą tiriamieji jaučia kaklo/sprando, viršutinės nugaros dalies (pečių/menčių), apatinės nugaros dalies (juosmens) ir klubų/šlaunų srityse (3 lentelė).

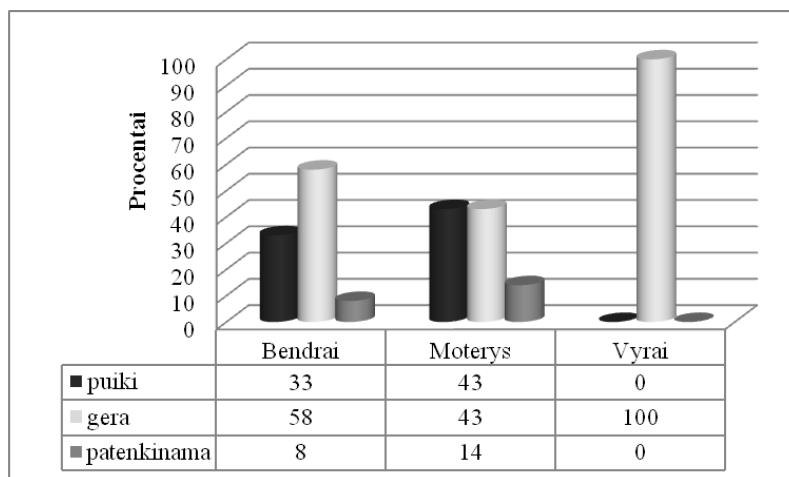
3 lentelė

Procentinis fizinio diskomforto pasiskirstymas dirbant sėdimą darbą pagal kūno dalis

Kūno dalis	Nėra diskomforto, %	Mažas diskomfortas, %	Vidutinis diskomfortas, %	Didelis diskomfortas, %	Skausmingas diskomfortas, %
Kaklas/sprandas	58	17	8	17	0
Pečiai	42	25	17	17	0
Alkūnės	67	17	17	0	0
Riešai/plaštakos	50	33	17	0	0
Viršutinė nugaros dalis (pečiai, mentės)	50	33	8	8	0
Apatinė nugaros dalis (juosmuo)	42	17	33	0	8
Klubai/šlaunys	67	25	8	0	0
Keliai	75	17	8	0	0
Pėdos	75	25	0	0	0

Šaltinis: sudaryta autorių

Tiriamųjų laikysena vizualiai vertinta pagal Hoeger (1987) laikysenos vertinimo metodą. Nustatyta, kad 33 % visų tiriamųjų laikysena yra puiki, 58 % — gera ir 8 % laikysena yra patenkinama (6 pav.).



6 pav. Tiriamųjų laikysenos vertinimo pagal Hoeger (1987) metodą rezultatai
Šaltinis: sudaryta autorių

Taikant Hoeger metodą, pastebėta, kad net 58 % tiriamųjų turi nedidelį nukrypimą kaklo ir viršutinėje stuburo dalyje, t.y. galva ir kaklas nėra vienoje linijoje. Taigi, esami laikysenos nukrypimai gali turėti įtakos tolimesniai sėdėsenos tyrimui (Krutulytė ir kt., 2007 b).

Fotografijos vertinimo metodu nustatyti tiriamųjų sėdėsenos kampai yra pateikti 4 lentelėje. Lyginant sėdėsenos kampų vidurkius pagal lytį, nustatyta, kad moterų sėdėsenos kampų vidurkis yra 89 °, o vyrų – 85 °.

4 lentelė

Tiriamųjų sėdėsenos kampai, nustatyti fotografijos vertinimo metodu

Tiriamąjo Nr./lytis	Sėdėsenos kampai, laipsniais												Sėdėsenos kampų vidurkiai, laipsniais
1/moteris	120	109	126	90	122	65	78	65	118	89	86	101	97
2/moteris	99	87	79	81	95	80	63	68	99	105	101	84	87
3/vyras	72	62	68	90	90	62	65	89	66	78	73	80	75
4/vyras	69	89	91	91	83	82	70	89	74	88	90	78	83
5/moteris	75	78	82	91	81	86	84	90	83	90	94	105	87
6/vyras	92	87	104	112	90	83	91	92	96	88	94	76	92
7/vyras	74	71	74	108	109	108	67	66	103	67	75	105	86
8/moteris	108	85	89	108	110	76	106	110	98	75	77	111	96
9/vyras	89	90	88	90	98	98	84	87	91	84	78	68	87
10/moteris	110	98	105	88	86	89	89	91	90	84	90	115	95
11/moteris	72	64	68	91	90	62	66	89	72	78	74	80	76
12/moteris	74	71	74	108	109	108	74	76	103	72	75	102	87

Šaltinis: sudaryta autorių

Nustatyta, kad iš septynių tyrime dalyvavusių moterų tik trejų sėdėsenos kampas yra taisyklingas, t. y. atitinka užsiduotąjį 90 ° sėdėsenos kampą ir rekomenduojamą 93÷123 ° kampą. Keturios tiriamosios sėdi netaisyklingai, jos palinkusios į priekį, t. y. susikūprinusios. Iš penkių tyrime dalyvavusių vyrų tik vieno sėdėsenos kampas yra taisyklingas, likusieji keturi sėdi susikūprinę. Taigi, bendrai tariant 67 % respondentų sėdi palinkę į priekį, tai yra susikūprinę, ir jų sėdėsenos kampas yra netaisyklingas ir tik 33 % respondentų sėdėsenos kampas tyrimo metu buvo taisyklingas.

Rekomendacijos

Nuovargiui ir įtampai mažinti per pertraukas ir pasibaigus darbui rekomenduojama atlikti specialius akių ir fizinius pratimus darbo vietoje ir (arba) poilsio patalpoje. Mankšta ne tik gerina kraujotaką, bet taip pat mažina nuovargį, raumenų, nervų ir psichinę įtampą, padeda atgauti darbingumą (Liepinytė-Medekė, 2009 b; Swezey, 2010).

Lietuvos higienos normoje HN 32:2004 (2004) nurodoma, kad dirbantys sėdimą darbą prie kompiuterio periodiškai darytų pertraukas, įskaitomas į darbo laiką, arba būtų keičiama darbo veikla ir sumažinamas darbo prie vaizduoklio krūvis.

Išvados

1. Atlikus sėdėsenos vertinimo metodų teorinę analizę, nustatyta, kad jie imlūs laikui, reikalingas specialus pasiruošimas, kvalifikacija bei brangi įranga, todėl sunkiai pritaikomi darbo vietose.
2. Pasiūlyta teorinė sėdėsenos vertinimo metodika, apimanti anketinės apklausos, vizualinį laikysenos vertinimo ir fotografijos metodus.
3. Taikant naują fotografijos metodą sėdėsenos vertinimui, nustatyta, kad net 67 % tyrime dalyvavusių darbuotojų sėdėseną buvo netaisyklinga.
4. Naujas fotografijos metodas yra skirtas greitam ir efektyviam sėdėsenos vertinimui bei sėdinčių darbuotojų laikysenos tyrimui. Metodas rekomenduojamas taikyti ir atliekant profesinės rizikos vertinimą sėdimą darbą dirbančių darbuotojų darbo vietose.
5. Pasiūlytos prevencinės priemonės – rekomendacijos neigiamam netaisyklingos sėdėsenos poveikiui mažinti.

Literatūra

1. Atroshi I., Gummesson C., Ornstein E., Johnsson R. Carpal Tunnel Syndrome and Keyboard Use at Work: A Population-based Study. *Arthritis & Rheumatism*. 2007, 56 (11), p. 3620-3625.
2. Bashir W., Torio T., Smith F., Takahashi K., Pope M. The Way You Sit Will Never Be the Same! Alterations of Lumbosacral Curvature and Intervertebral Disc Morphology in Normal Subjects in Variable Sitting Positions Using Whole-body Positional MRI. RSNA 2006 Nov. SSC20-07.
3. European Agency for Safety and Health at Work [interaktyvus]. Office Ergonomics. 2007 (a) [žiūrėta 2017.05.10], prieiga per internetą: <http://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/efact13>.
4. European Agency for Safety and Health at Work [interaktyvus]. Computer Workstations. 2017 (b) [žiūrėta 2017.10.14], prieiga per internetą: <https://www.osha.gov/SLTC/etools/computerworkstations/checklist.html>.
5. Esmaeilzadeh S., Ozcan E., Capan N. Effects of Ergonomic Intervention on Work-related Upper Extremity Musculoskeletal Disorders Among Computer Workers: a Randomized Controlled Trial. *Int. Arch. Occup. Environ. Health*. 2012 Dec 23. DOI 10.1007/s00420-012-0838-5.
6. Hoeger W. W. K. Principles and Laboratories of Physical Fitness and Wellness. 1987, p. 264.
7. Iwakiri K., Mori I., Sotoyama M., Horiguchi K., Ochiai T., Jonai H., Saito S. Survey on Visual and Musculoskeletal Symptoms in VDT Workers. *Japanese*, 2004, 46(6), p. 201.
8. Krutulytė G., Dudonienė V., Vaščenkovas J. Ergonominės intervencijos poveikis lėtiniam dirbančiųjų kompiuteriu kaklo, rankų ir nugaros skausmui. *Lietuvos bendrosios praktikos gydytojas*. 2007 (a), 11:176-80.
9. Krutulytė G., Valatkienė D., Samsonienė L., Dudonienė V., Švedienė L. 11-12 metų moksleivių laikysenos vertinimas pagal W.W.K. Hoeger vizualinio laikysenos vertinimo metodiką. *Visuomenės sveikata*. 2007 (b), 1(36), 16-21 p. ISSN 1392-2696.
10. Liepinytė-Medekė V. Dirbančiųjų kompiuteriu darbo sąlygos ir jų įtaka sveikatai. Metodinės rekomendacijos. Valstybinis aplinkos sveikatos centras. Vilnius, 2009 (a).
11. Liepinytė-Medekė V. Darbo kompiuteriu vietos įrengimas ir poveikis sveikatai. *Sveikatos mokslai*. ISSN 1392-6373. 2009 (b), 2411-2413 p.
12. Lietuvos higienos norma HN 32:2004. Darbas su videoterminalais. Saugos ir sveikatos reikalavimai. Vilnius, Lietuvos sveikatos apsaugos ministerija, Valstybės žinios, 2004, Nr. 32-1027.
13. LST EN ISO 7250-1:2017. Pagrindiniai žmogaus kūno matmenys, skirti technologiniam projektavimui. 1 dalis. Kūno matmenų apibrėžtys ir atskaitos taškai (ISO 7250-1:2017).
14. Mutlu B., Krause A., Forlizzi J., Guestrin C., Hodgins J. Robust, Low-cost, Non-intrusive Sensing and Recognition of Seated Postures. *ACM New York, USA*, 2007, p. 149-158. DOI10.1145/1294211.1294237.
15. Swezey R. L., Andrei Calin. Nugaros skausmas. Vilnius: Nacionalinis medicinos mokymų centras. 2010, 71-101 p. ISBN 978-609-8053-00-5.
16. Tarptautinis fizinio aktyvumo klausimynas [interaktyvus], [žiūrėta 2017.10.14], prieiga per internetą: <https://innovations.ahrq.gov/qualitytools/international-physical-activity-questionnaires-ipaq>.

ANALYSIS OF SITTING POSTURE EVALUATION METHODS, CREATION AND EVALUATION OF A NEW METHOD

Summary

The article presents the development of a new method for sitting posture evaluation of sedentary workers and the investigation of employees sitting posture. Prolonged sitting, poor posture, limited physical activity and ergonomically unsound furniture have a negative effect on occupational health; therefore it is important to develop a method for a rapid and efficient sitting posture evaluation. The investigation of the employees sitting posture has been carried out with a help

of the methods of visual sitting posture assessment, questionnaire survey and photography. The main research method was photography, while visual sitting posture evaluation and questionnaire survey served as auxiliary (control) methods. Using the method of photography it was determined that 67 % of the tested employees have an incorrect sitting posture. The developed new photography method is recommended for employers as a tool to assess the sitting posture of their sedentary workers and to ensure timely prevention of occupational diseases caused by disorders related to back and upper limb muscles/bones. This method is also recommended for occupational risk assessment in workspaces of sedentary workers.

Keywords: sedentary job, incorrect sitting posture, method of photography, angle of sitting posture.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Loreta Valatkienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektros energetikos sistemų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, sumamos medžiagos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 80288, loreta.valatkienne@ktu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Donata Putnaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, lektorė.

Darbo vietą ir poziciją: Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektros energetikos sistemų katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 687 97379, donata.putnaitė@ktu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Kozlovas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir poziciją: Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamentas, lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, medžiagų technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 611 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Loreta Valatkienė.

Science degree and name: doctor, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, lecturer of Department of Electrical Power Systems.

Author's research interests: manufacturing technologies, material technologies, smart materials.

Telephone and e-mail address: 8 684 80288, loreta.valatkienne@ktu.lt.

Author name, surname: Donata Putnaitė.

Science degree and name: doctor, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, lecturer of Department of Electrical Power Systems.

Author's research interests: manufacturing technologies, material technologies, methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 687 97379, donata.putnaitė@ktu.lt.

Author name, surname: Andrius Kozlovas.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Department of Transport and Mechanical Engineering, lecturer.

Author's research interests: manufacturing technologies, material technologies, methodology of engineering sciences.

Telephone and e-mail address: 8 611 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt.

ROBOTIZUOTŲ VALDYMO ĮRENGINIŲ PRITAIKYMO AUTOMOBILIŲ DINAMIKOS BANDYMAMS TYRIMAS

Juozapas Šneideris¹, Saulius Nagurnas², Vidas Žuraulis³, Paulius Skačkauskas⁴

¹UAB „Tauragės techninių apžiūrų centras“, ^{2,3,4}Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilų inžinerijos katedra

Anotacija

Šiame straipsnyje pateiktas automobilio robotizuotų valdymo įrenginių (RVĮ) pritaikymo automobilių dinamikos bandymams galimybių tyrimas. Analizuojami moksliniai darbai, kuriuose automobilių dinamikos tyrimų metu automobilius valdo arba vairuotojai, arba RVĮ. Trumpai aprašyta originalių vairo pasukimo ir stabdžių paminos nuspaudimo robotų gamyba. Pateikiami natūrinių eksperimentinių automobilių dinamikos tyrimų, naudojant pagamintus RVĮ, rezultatų apibendrinimai, išryškinant robotų valdymo privalumus, lyginant su žmogumi.

Reikšminiai žodžiai: robotizuoti valdymo įrenginiai, robotas, kreivalinijinis judėjimas, stabdymas, automobilių dinamika.

Išvadas

Tiriant automobilių dinamines charakteristikas, šiuo metu daugelis automobilių gamintojų nepasikliauja vien tik žmogaus (vairuotojo) galimybėmis. Tikslesniam rezultatui gauti reikalingas ir daug tikslesnis automobilio valdymas. Šias galimybes suteikia robotizuoti valdymo įrenginiai (RVĮ), perimantys automobilio valdymą pagal juose užprogramuotus valdymo algoritmus. Tokio tipo bandymams skiriamas vis didesnis dėmesys ir akademinėje bendruomenėje. Todėl, šio tipo automobilių dinamikos bandymai, naudojant pagamintus automobilių valdymo robotus, pirmą kartą atlikti ir VGTU Automobilų transporto katedroje. Šiame straipsnyje pateiktas trumpas robotų gamybos aprašymas bei atliktų natūrinių eksperimentų rezultatai.

Tyrimo objektas – RVĮ (vairo ir stabdžių paminos valdymo robotai).

Tyrimo tikslas – naudojant RVĮ, atlikti natūrinius eksperimentinius automobilių dinamikos tyrimus, patikrinti sukurtų robotų valdymo efektyvumą (lyginant su žmogaus valdymu) ir konstrukcijos patikimumą.

Tiksliui pasiekti iškelti šie uždaviniai:

- Išanalizuoti esamus automobilio robotizuotus valdymo įrenginius (RVĮ), jų veikimo principus, panaudojimą automobilių dinamikos tyrimuose. Atlikti mokslinės literatūros apžvalgą.
- Suprojektuoti ir pagaminti RVĮ.
- Naudojant RVĮ atlikti eksperimentinius automobilių dinamikos tyrimus, imituojant įvairius važiavimo režimus.

Naudojami metodai: Eksperimentiniai tyrimai.

Straipsnio struktūra. Straipsnyje pateikiama trumpa esamų robotizuotų įrenginių analizė, jų panaudojimo galimybės moksliniuose tyrimuose (literatūros analizė). Pateikiamas eksperimentinių tyrimų aprašymas (naudota įranga, automobiliai, bandymų atlikimo tvarka), eksperimentinių tyrimų rezultatai, jų analizė.

Mokslinių darbų, skirtų RVĮ panaudojimui automobilių dinamikos tyrimuose, analizė. Pagrindinis RVĮ sistemų gamintojas yra „AB Dynamics“ (AB Dynamics, 2015). Ši įmonė projektuoja ir gamina visų tipų automobilio dinamikai tirti skirtus robotus (1 pav. a) ir b)): vairavimo, stabdymo, akceleravimo, pavarų perjungimo. Su tokiomis RVĮ sistemomis nesunku atlikti įvairius ir tikslius automobilių dinamikos bandymus, pvz., padangų kokybės, sukibimo su keliu, automobilio stovumo kelyje keičiant važiuoklės parametrus, amortizatorių standumo ir t.t.

Vairuojant tik žmogui yra atlikta daug įvairių automobilių dinamikos tyrimų. Keletą svarbesnių paminėsime. Mokslininkai B.L. Boada, M.J.L. Boada, V. Diaz straipsnyje *Vehicle side slip angle measurement based on sensor data fusion using an integrated ANFIS and an Unscented Kalman Filter algorithm* (Boada et al., 2015: 279-293) teigia, kad dauguma esamų ESC (elektroninė stabilumo kontrolė) sistemų remiasi tiek kampinio nuokrypio sparta tiek ir slydimo kampo matavimu. Tačiau, viena iš pagrindinių problemų yra tai, kad šoninis slydimo kampas negali būti išmatuotas tiesiogiai. Taigi, siekiant atlikti išsamius šios sistemos tyrimus, tikslinga naudoti RVĮ.

M. Saffarian, J.C.F. de Winter, J.W. Senders savo tyrimuose (Saffarian et al., 2015: 351-369) teigia, kad stabdymas yra dažniausiai pasitaikantis reiškinys valdant automobilį. Kinematinė automobilio valdymo analizė rodo, kad galimos kliūties išvengimo galimybė, vertinant automobilio valdymą vairuojant ir stabdant, stabdymas yra vienintelis galimas saugus ir efektyvus veiksmas, esant nedideliame judėjimo greičiui (<50 km/h), o važiuojant dideliu greičiu efektyvesnis kliūties išvengimas manevruojant vairo pasukimu. Eksperimentiniai tyrimai buvo atlikti stacionariu „NADS Minisim“ vairavimo simulatoriumi, kas ne visiškai atitinka realias eismo sąlygas.



a)



b)

1 pav. Esamų RVĮ konstrukcijos: a) – vairo valdymo robotas; b) - akceleratoriaus ir stabdžių paminos valdymo robotas

Šaltinis: AB Dynamics (2015).

Prieiga per internetą: <http://www.abd.uk.com/en/driving_robots/steering_robots>, <http://www.abd.uk.com/en/driving_robots/pedal_robots>

L. Strandberg straipsnyje *Winter braking tests with 66 drivers, different tyres and disconnectable ABS* (Strandberg, 1998: 124-139) teigia, kad tiriant eismo įvykius skirtumas tarp priekinės ir galinės ašies padangų nusidėvėjimo turi būti atidžiai nagrinėjamas, kadangi jis yra lemiamas stabilumo rodiklis. Ši rekomendacija taikoma bet kuriam dėl slydimo įvykusiam eismo įvykiui, nepriklausomai nuo kelio būklės. Autorius, be jau atliktų tyrimų vairuojant žmonėms, rekomenduoja naudoti RVĮ.

Remiantis trumpa keleto mokslinių tyrimų analize matome, kad šiuolaikinių automobilių dinamikos tyrimai dažnai atliekami vairuojant žmogui, taip pat dažnai naudojant stacionarius vairavimo simulatorius. Taigi, šiais atvejais visada galima didesnė ar mažesnė automobilių manevravimo netikslumų tikimybė. Todėl norint atlikti tikslūs automobilių dinamikos eksperimentinius tyrimus, tikslinga naudoti RVĮ. Kadangi pasaulinėje rinkoje siūloma RVĮ yra ganėtinai brangūs (žr. 1 pav.), VGTU Automobilių transporto katedroje buvo pagaminti vairo ir stabdžių paminos valdymo robotai, kurie vėliau buvo išbandyti realiomis važiavimo sąlygomis. Trumpas RVĮ gamybos aprašymas bei atliktų eksperimentinių tyrimų rezultatai pateikiami toliau.

Robotų gamyba. Robotų gamyba buvo pradėta, atlikus konstrukcinių elementų projektavimo darbus (konstrukcijos ypatumai, stipruminiai detalių skaičiavimai, jų techniniai brėžiniai, variklių, valdiklių parinkimas, gamybai naudojamos medžiagos, guoliai ir kt.). Vairo valdymo roboto krumpliaračiai buvo atspausdinti 3D spausdintuvu (vėliau, siekiant patikimesnės konstrukcijos, pagaminti iš aliuminio lydinio). Atitinkamos robotų konstrukcijos pateiktos 2 paveiksle a) ir b).



a)



b)

2 pav. Pagaminti robotai: a) - vairo valdymo robotas; b)- stabdžių paminos valdymo robotas

Šaltinis: sudaryta autorių

Automobilių dinamikos, naudojant RVĮ, eksperimentinių tyrimų metodika. Bandymai buvo atliekami atskirai su vairo valdymo robotu ir stabdžių paminos valdymo robotu. Vairo valdymo robotas bandytas N1 klasės automobilyje *Renault Master* (2008 m.) (3 pav. a)), o stabdžių paminos valdymo robotas – M1 klasės automobilyje *Subaru Outback* (2000 m.) (3 pav. b)). Buvo naudojama Kistler Corrsys Datron įranga, matoma sumontuota ant abiejų transporto priemonių (3 pav.). Pagrindiniai parametrai kuriuos matavome ir svarbūs mūsų tyrimui, buvo: automobilio kėbulo skersinis pagreitis, kėbulo svyravimo apie

išilginę ašį kampas, vairuojamojo rato (priekinio dešiniojo) pasukimo kampas, automobilio sukimosi apie vertikalią ašį greitis, lėtėjimo pagreitis ir stabdymo kelias. Šiame straipsnyje vėliau buvo akcentuojami automobilio kėbulo skersinis pagreitis a_y , kėbulo svyravimo apie išilginę ašį kampas γ , lėtėjimo pagreitis a_x ir stabdymo kelias S_{st} (pirmaisiais dviem parametrais buvo vertinamos vairo valdymo roboto galimybės, kitais dvejais – stabdžių paminos valdymo roboto galimybės).



a)



b)

3 pav. Eksperimentiniuose tyrimuose naudoti automobiliai : a) – *Renault Master* (vairo valdymo roboto bandymai), b) – *Subaru Outback* (stabdžių paminos valdymo roboto bandymai)

Šaltinis: sudaryta autorių

Vairo valdymo roboto eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami pakrautu automobiliu, kuomet svorio centro padėtis kito, krovinį perkeliant į automobilio vidurį ir ant galinės ašies (krovinio svoris – 1120 kg). Bendras svoris su vairuotoju, keleiviu ir visa įranga eksperimento metu buvo 3200 kg. Kelio danga, ant kurios atlikti bandymai – sausa, švari betono danga (aerodrome). Važiavimo trajektorija buvo kliūtis apvažiavimo imitacija. Greitis kiekvienu bandymu apie 60 km/h, kurį pasiekdavo automobilis. Pirmiausia buvo sukama į dešinę pusę, tada staigiai sukama į kairę, atgal į dešinę ir automobilio judėjimo trajektorija ištiesinama. Ir vienu, ir kitu automobilio pakrovimo atveju buvo bandoma dvejopai, – vairuoja tik robotas ir vairuoja tik vairuotojas (vėliau lyginami gauti tyrimų rezultatai).

Stabdžių paminos valdymo roboto bandymuose buvo pasirinkti trys automobilio judėjimo greičiai: 30, 60, 90 km/h. Kiekvienu atveju, pasiekus minėtas judėjimo greičio reikšmes, buvo staigiai stabdoma iki visiško sustojimo. Bandymams naudota kelio danga – sausas asfaltbetonis. Bandymai atlikti stabdant taip pat dvejopai – stabdant tik robotu ir kitu atveju – stabdant vairuotojui (vėliau lyginami gauti tyrimų rezultatai).

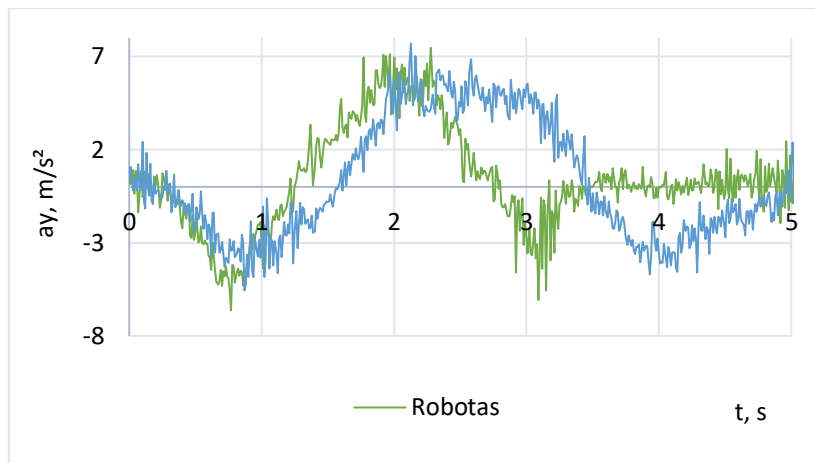
Eksperimentinių tyrimų rezultatai ir jų analizė. Nagrinėjant vairo valdymo roboto bandymų rezultatus, nustatyta, kad kiekvienu atveju roboto valdomas automobilis važiuoja identišką trajektoriją, vienodais kampais ir tuo pačiu laiko momentu suko vairą. Dėl šios ypatybės, aiškiai identifikuota automobilio „elgsena“, kada automobilyje svoris buvo pakrautas per vidurį ir ant galinės ašies. Tuo atveju, kai svoris buvo gale, automobilis nebuvo toks stabilus, kaip su svoriu per vidurį. Kai svoris buvo gale, automobilis niekada negrįždavo į savo pradinę judėjimo trajektoriją. Kada svoris buvo automobilio viduryje, bandymų metu automobilis sugrįždavo į pradinę judėjimo trajektoriją (nevertinant nežymių nukrypimų dėl aplinkos ar kelio dangos atsitiktinių veiksnių).

Valdant tik vairuotojui, visada stebimas automobilio manevro vėlavimas. Pavyzdžiui, nagrinėjant automobilio *Renault Master* skersinio pagreičio reikšmių priklausomybę nuo laiko (4 pav.) matyti, kad vairuotojo daromi posūkiai užtrunka ilgiau apie 1 sekundę. Automobilis žymiai greičiau ir staigiau grąžinamas į pirminę judėjimo trajektoriją, kada jį valdo robotas.

Nagrinėjant automobilio *Renault Master* kėbulo svyravimo apie išilginę ašį priklausomybę nuo laiko (5 pav.), matyti, kad vairuojant robotui šis kampas buvo didesnis beveik 1 laipsniu, kadangi atliekami judesiai buvo staigesni (tiksliau), todėl fiksuojamas didesnis automobilio svyravimas.

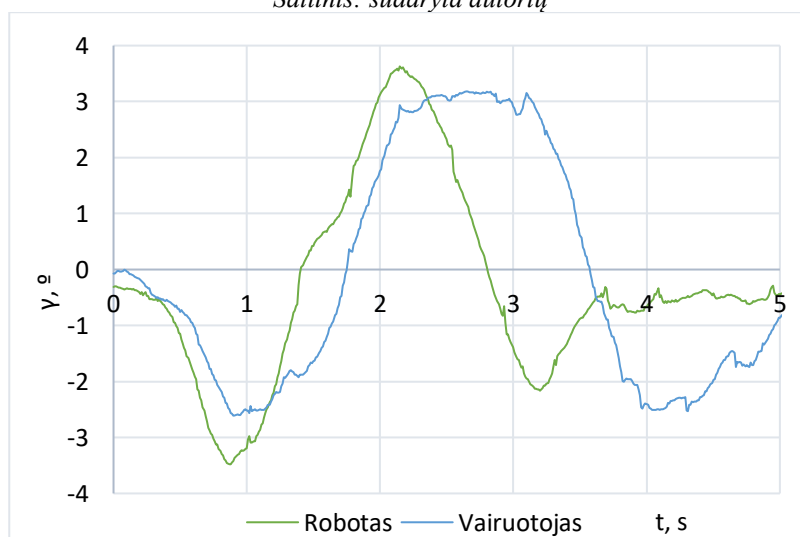
Nagrinėjant stabdymo bandymų rezultatus, stebima aiški tendencija, kad stabdžių paminos valdymo robotas visais atvejais stabdė identišką jėgą, ko vairuotojui to padaryti nepavyko.

6 paveiksle pavaizduotos automobilio *Subaru Outback* didžiausios lėtėjimo pagreičio reikšmės, esant trimis judėjimo greičiams (lyginant stabdymą, kai stabdo robotas ir vairuotojas). Matome, kad visais bandymų atvejais, valdant robotui, automobilio lėtėjimo pagreitis buvo didesnis iki 1 m/s².



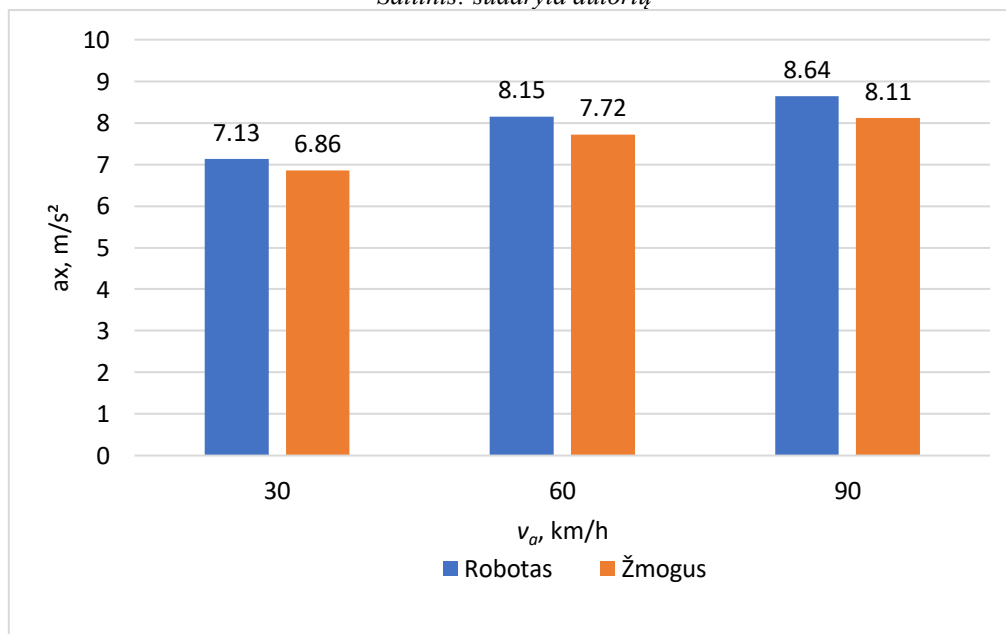
4 pav. Automobilio *Renault Master* skersinio pagreičio a_y priklausomybės nuo laiko t , valdant robotui ir vairuotojui

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Automobilio *Renault Master* kėbulo svyravimo apie išilginę ašį γ priklausomybė nuo laiko t , valdant robotui ir vairuotojui

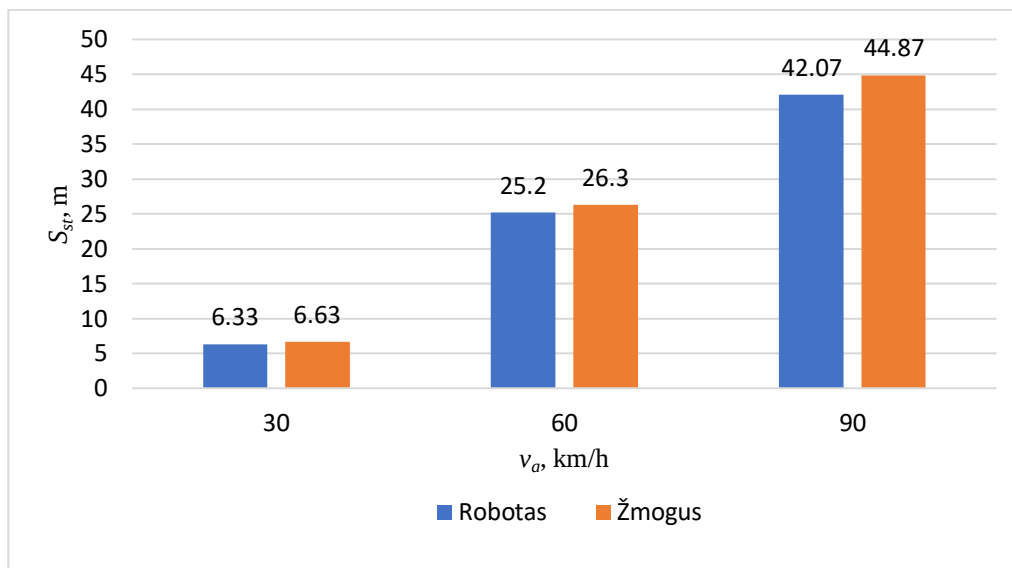
Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Automobilio *Subaru Outback* didžiausios lėtėjimo pagreičio reikšmės a_x priklausomai nuo pradinio važiavimo greičio v_a , stabdant robotui ir vairuotojui

Šaltinis: sudaryta autorių

Esant didesniai lėtėjimo pagreičiui, gaunamas ir trumpesnis automobilio stabdymo kelias (7 pav.).



7 pav. Automobilio *Subaru Outback* stabdymo kelio reikšmės S_{st} priklausomai nuo pradinio važiavimo greičio v_a , stabdant robotui ir vairuotojui
Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matome, esant visiems automobilio judėjimo greičiams, stabdymo kelias buvo trumpesnis, kada stabdžių paminą valdė robotas. Didžiausias skirtumas matyti važiuojant 60 km/h greičiu, kada valdant robotui ir vairuotojui stabdymo kelio reikšmės skyrėsi beveik 3 metrus.

Atlikus palyginamuosius eksperimentinius automobilių dinamikos tyrimus, kada automobilį valdo robotas ir vairuotojas, galime teigti, kad pagaminti robotai tiksliai funkcionavo pagal jų valdikliuose užprogramuotus algoritmus, veikė patikimai ir prognozuojamai. Taip pat konstatuojame, kad be robotų atlikti tikslius automobilių dinamikos tyrimus, kada derinamos automobilio važiavimo charakteristikos konkrečioms eismo sąlygoms, yra sudėtinga.

Išvados

Atlikus automobilių dinamikos eksperimentinius tyrimus, naudojant pagamintus robotizuotus valdymo įrenginius (vairo ir stabdžių paminos valdymo robotus) formuluojame šias išvadas:

1. Važiuojant automobiliu kreivalinijine trajektorija (nagrinėjant skersinio pagreičio priklausomybes nuo laiko), vairavimo roboto valdymo veiksmai tikslesni (iki 1 sekundės atliekami greičiau), lyginant su vairuotojo veiksmais.
2. Kėbulo svyravimas apie išilginę ašį automobilį valdant robotui didesnis iki 1° (dėl tikslesnio ir tuo pačiu staigesnio roboto valdymo).
3. Automobilio lėtėjimo pagreitis, stabdant robotui, didesnis iki 1 m/s^2 , lyginant su vairuotojo stabdymu.
4. Stabdymo bandymu metu nustatyta, kad automobilio stabdymo kelias, stabdant stabdžių paminos valdymo robotui, visada yra mažesnis, lyginant su vairuotojo stabdymu. Kai kuriais atvejais iki 3 metrų.
5. Nustatyta, kad robotizuotus valdymo įrenginius tikslinga naudoti atliekant automobilių dinamikos tyrimus dėl gaunamų natūrinių bandymų rezultatų tikslumo.

Literatūra

1. ABDynamics [interaktyvus]. Steering Robot Systems [žiūrėta 2015m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.abd.uk.com/en/driving_robots/steering_robots>.
2. ABDynamics [interaktyvus]. Pedal Robots and Actuators. [žiūrėta 2015m. gruodžio 10 d.]. Prieiga per internetą: <http://www.abd.uk.com/en/driving_robots/pedal_robots>.
3. B.L. Boada, M.J.L. Boada, V. Diaz, 2015. Mechanical Systems and Signal Processing. *Vehicle sideslip angle measurement based on sensor data fusion using an integrated ANFIS and an Unscented Kalman Filter algorithm*. 279-293 p.
4. Mehdi Saffarian, Joost C.F. de Winter, John W. Senders, 2015. Transportation Research Part F. *Measuring drivers' visual information needs during braking: A simulator study using a screen-occlusion method*. 351-369 p.
5. Lennart Strandberg, 1998. International Workshop on Traffic Accident Reconstruction. *Winter braking tests with 66 drivers, different tyres and disconnectable ABS*. 124-139 p.

RESEARCH OF APPLICATION OF ROBOTISED CONTROL EQUIPMENT TO THE TESTS OF VEHICLE DYNAMICS

Summary

In this manuscript, the research of application possibilities of robotised control equipment (RCE) to the tests of vehicle dynamics is presented. Scientific works are analysed, where drivers and RCE are used for the tests of vehicle dynamics. Production of the original robots of steering-wheel control and brake pedal control is briefly described. Generalisations of the results of the subsistence experimental research of the vehicle dynamics, using the manufactured RCE, are presented, highlighting the advantages of control of robots compared to humans.

Keywords: robotised control equipment, robot, curvilinear movement, braking, vehicle dynamics

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Juozapas Šneideris.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Tauragės techninių apžiūrų centras“, ekspertas-kontrolierius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių dinamikos tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 685 83803, juozassneider@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Nagurnas.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių diagnostika, automobilių elektroninės valdymo sistemos, transporto mašinų patikimumas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 654 02786, saulius.nagurnas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vidas Žuraulis.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių dinamikos ir eismo saugumo problemų tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 00486, vidas.zuraulis@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Skačkauskas.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto, Automobilių inžinerijos katedros doktorantas, lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automobilių dinamikos tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 642 71493, paulius.skackauskas@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Juozapas Šneideris.

Science degree and name: M. Sc.

Workplace and position: PLLC „Tauragės techninių apžiūrų centras“, expert-inspector.

Author's research interests: research of automobile dynamics problems.

Telephone and e-mail address: +370 685 83803, juozassneider@gmail.com

Author name, surname: Saulius Nagurnas.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile Engineering, associated professor.

Author's research interests: automobile diagnostics, automotive electronic control systems, reliability of transport machinery.

Telephone and e-mail address: +370 654 02786, saulius.nagurnas@vgtu.lt

Author name, surname: Vidas Žuraulis.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile Engineering, associated professor.

Author's research interests: research of automobile dynamics and traffic safety problems.

Telephone and e-mail address: +370 652 00486, vidas.zuraulis@vgtu.lt

Author name, surname: Paulius Skačkauskas.

Science degree and name: M. Sc.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty, Department of Automobile Engineering, Ph.D student, lector.

Author's research interests: research of automobile dynamics.

Telephone and e-mail address: +370 642 71493, paulius.skackauskas@vgtu.lt

INŽINERINIŲ SPRENDIMŲ ĮTAKA DIDINANT JUDUMĄ VILNIAUS MIESTE (EKSPERTŲ IR SOCIALINIS VERTINIMAS)

Adomas Kriukovas, Jonas Matijošius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra

Anotacija

Vilnius, kaip ir dauguma Europos miestų, pradėjo kurtis dar viduramžiais ir jo infrastruktūra nebuvo pritaikyta prie dabartinio gyventojų skaičiaus. Todėl šiomis dienomis miestų gyventojai susiduria su judumo problemomis, kurios daro didelę įtaką gyvenimo kokybei. Judumas šiuolaikiniame pasaulyje yra vienas iš pagrindinių kriterijų užtikrinančių bendrą Europos laisvų politikos vystymąsi. Šiuolaikinis pasaulis be transporto tinklo mieste yra sunkiai įsivaizduojamas. Didėjantis gyventojų skaičius mieste dinamiškai vysto ir transporto priemonių skaičių, formuoja kamščius. Todėl yra labai svarbu išanalizuoti, kokios judumo skatinimo priemonės yra jau įdiegtos ir kurios iš jų yra pačios efektyviausios, bei kurios yra mažiau efektyvios ir atitinkamai plėtoti inžinerinius judumo skatinimo sprendimus Vilniaus mieste. Straipsnyje pateikti Vilniuje jau įgyvendintų judumo skatinimo priemonių ekspertiniai ir socialiniai vertinimai.

Reikšminiai žodžiai: Judumas mieste, judumo skatinimo priemonės, viešasis transportas, dalijimosi paslauga, viešieji dviračiai, greitieji autobusai, trumpalaikių sustojimų sistema prie mokymo įstaigų.

Įvadas

Europos Sąjunga (ES) investuodama į žmonių judumą mieste siekia padidinti socialinę – ekonominę žmonių gerovę. Socialinė nauda gali būti įvardijama kaip vaikų, moksleivių, studentų, senjorų bei žmonių su negalia lengvatinis judumo užtikrinimas. Taip pat transporto priemonės bei gatvių infrastruktūra pritaikyta žmonėms su negalia. Tuo tarpu ekonominę gerovę pajusime didmiesčiuose sumažinę transporto spūstis. Sklandžiai judantis miestas yra daug patrauklesnis verslininkams. Išvystyta ir sklandžiai veikianti viešojo transporto sistema miesto gyventojams leistų sutaupyti ir laiko ir pinigų, mažėtų gyventojų priklausomybė nuo asmeninio transporto.

Efektyvus ir veiksmingas miesto transportas gali žymiai prisidėti prie Europos Sąjungos užsibrėžtų tikslų įgyvendinimo. Šie tikslai yra susiję su transporto sistemos, žmonių socialinės – ekonominės gerovės, klimato kaitos bei šalių atsiribojimo nuo iškastinio kuro gerinimu. Europos komisija 2011 metais priėmė 40 konkrečių iniciatyvų ir suformavo transporto Baltąją knygą, kurioje išdėstytos šios iniciatyvos ir konkretus veiksmų planas kaip jas įgyvendinti. Vienas iš pagrindinių Baltosios knygos tikslų yra iki 2030 m. dvigubai sumažinti įprastiniu kuru varomų automobilių naudojimą miestuose, o iki 2050 m. pasiekti, kad miestuose jų nebeliktų.

Straipsnio tikslas – išanalizuoti, kurios iš jau įdiegtų judumą skatinančių priemonių Vilniuje yra efektyviausios. Tikslui pasiekti yra iškeliami šie uždaviniai:

1. Išanalizuoti Vilniuje įdiegtų judumo skatinimo priemonių ekspertinį vertinimą.
2. Išanalizuoti Vilniuje įdiegtų judumo skatinimo priemonių socialinį vertinimą.

Tikslui pasiekti formuojami uždaviniai:

- a) Vilniuje jau įdiegtų judumo skatinimo priemonių identifikavimas;
- b) Judumo skatinimo priemonių Vilniuje ekspertinis vertinimas;
- c) Judumo skatinimo priemonių Vilniuje miesto gyventojų vertinimas (socialinis vertinimas);
- d) Suformuoti išvadas bei pasiūlymus.

Tyrimų metodika

Gerosios užsienio miestų judumo patirties analizė. Siekiant identifikuoti, kokios inžinerinės judumo skatinimo priemonės yra jau įdiegtos Vilniaus mieste buvo analizuojama įvairi mokslinė literatūra. Galima išskirti šiuos geruosius pasaulio pavyzdžius skatinant judumą miestuose:

- Prioritetinių eismo juostų išskyrimas ir šviesoforų tinklo pritaikymas teikiant pirmenybę viešajam transportui (VT) yra labai veiksmingas sprendimas trumpinant VT maršruto trukmę, mažinantis deviaciją nuo tvarkaraščio ir pritraukiantis daugiau miesto gyventojų naudotis VT.
- Plėtojant viešojo transporto infrastruktūrą galima smarkiai sumažinti transporto spūstis miesto centre.
- Lengvatinis arba nemokamas viešasis transportas skatina žmones atsisakyti asmeninio automobilio ir keliauti viešuoju transportu.
- Vos per penkis metus galima pritaikyti miesto viešojo transporto sistemą žmonėms su negalia, taip pagerinant šių žmonių judumą mieste.

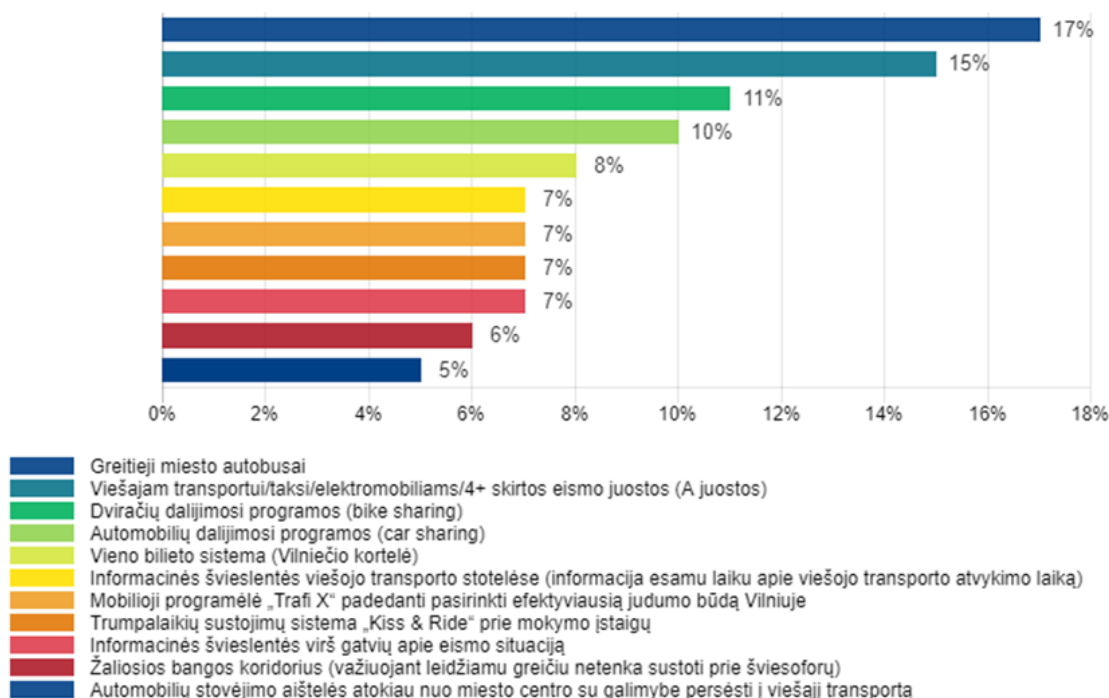
- Dalijimosi automobiliu funkcija yra labai populiari paslauga miestuose, leidžianti žmonėms atsisakyti asmeninio automobilio ir taip atlaisvinti miesto gatves.
- Dalijimosi viešaisiais miesto dviračiais funkcija yra populiarius ir sveikas būdas judėti mieste, taip prisidedant prie eismo spūsčių ir užterštumo mažinimo.
- Sumaniosios transporto sistemos diegimas į miesto infrastruktūrą leidžia efektyviai kovoti su transporto spūstimis, avaringumu ir efektyviai sumažina miesto gyventojų kelionės laiką.

Vilniuje įdiegtų judumo skatinimo priemonių identifikavimas

Apžvelgus gerąją pasaulio patirtį, siekiant pagerinti gyventojų judumą mieste, Vilniuje pavyko identifikuoti šias, jau įgyvendintas, inžinerines gyventojų judumą skatinančias priemones (1 pav.):

- Greitieji miesto autobusai;
- Viešajam transportui skirtos eismo juostos (A juostos);
- Automobilių dalijimosi programos (car sharing);
- Dviračių dalijimosi programos (bike sharing);
- Automobilių stovėjimo aištelės priemiestyje su galimybe persėsti į viešąjį transportą;
- Trumpalaikių sustojimų sistema „Kiss & Ride“ prie mokymo įstaigų;
- Informacinės švieslentės viešojo transporto stotelėse;
- Vieno bilieto sistema (Vilniečio kortelė);
- Mobilioji programėlė „Trafi X“ padedanti pasirinkti efektyviausią judumo būdą Vilniuje.

Sureitinguokite jau įgyvendintas judumo skatinimo priemones Vilniaus mieste pagal efektyvumą nuo 1 – labiausiai pasiteisino iki 11 – visiškai nepasiteisino.



5 pav. Judumo skatinimo sprendimų įtakos Vilniuje reitingas

Šaltinis: sudaryta autorių

Efektyviausių Vilniuje įdiegtų judumo sprendimų ekspertinis vertinimas

Siekiant nustatyti, kurios iš jau įgyvendintų judumą skatinančių priemonių yra labiausiai pasiteisinusios ir efektyviausiai veikiančios Vilniuje buvo nuspręsta atlikti ekspertų apklausą. Buvo apklausta 15 ekspertų – iš jų 11 vyrų ir 4 moterys, kurių amžiaus vidurkis 40,3 metai. Iš visų apklaustų ekspertų su transportu susijusį darbą daugiau nei 10 metų dirbo 86,7%, nuo 5 iki 10 metų 6,7% ir mažiau nei 5 metus 6,7%.

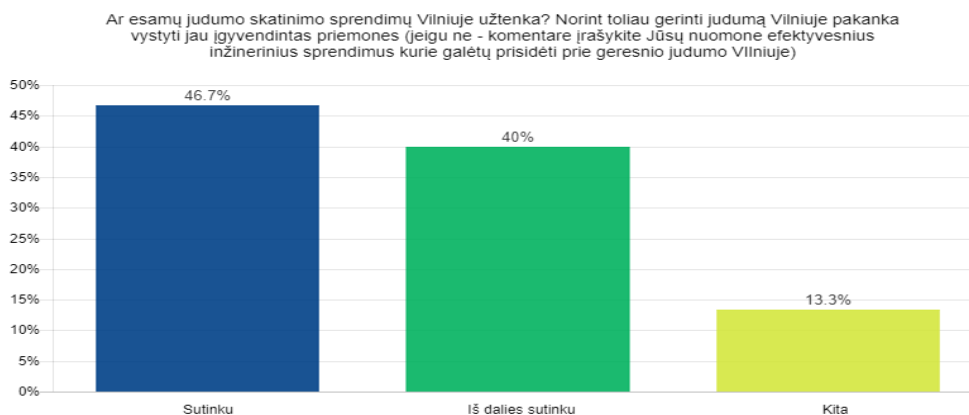
Ekspertų buvo prašoma įvertinti kurios iš jau įdiegtų inžinerinių judumą skatinančių priemonių yra pačios efektyviausios.

Tuomet ekspertų klausėme ar esamų judumo skatinimo sprendimų Vilniuje užtenka ir norint toliau gerinti judumą Vilniuje pakanka vystyti jau įgyvendintas priemones? (2 pav.).

Identifikavus efektyviausias judumo priemones Vilniuje buvo atliekamas socialinis šių priemonių vertinimas. Anketa atsakė 65 respondentai iš kurių 34 vyrai ir 31 moteris, kurių amžiaus vidurkis 24,6 metai.

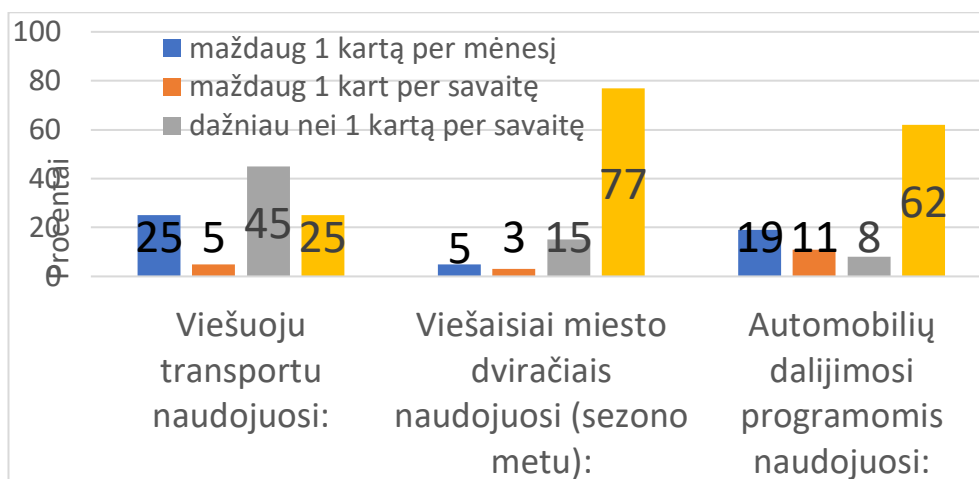
Buvo apklausiami išskirtinai tik vilniečiai siekiant kiek įmanoma efektyviau įvertinti judumo skatinimo priemones.

Socialinės apklausos metu siekėme nustatyti kaip dažnai vilniečiai naudojami inžinerinėmis judumo priemonėmis (3 pav.).



6 pav. Esamų judumo skatinimų sprendimų pakankamumas

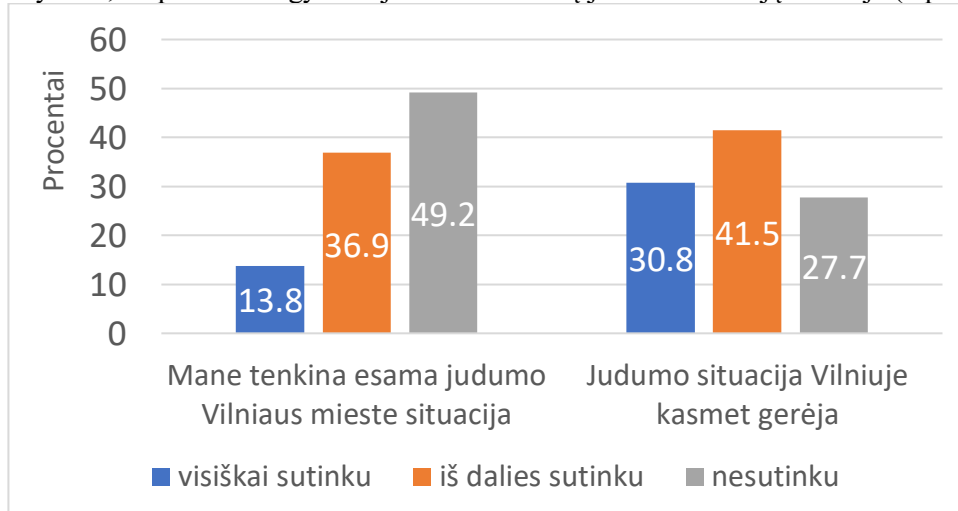
Šaltinis: sudaryta autorių



3 pav. Naudojimosi viešais transporto resursais apžvalga

Šaltinis: sudaryta autorių

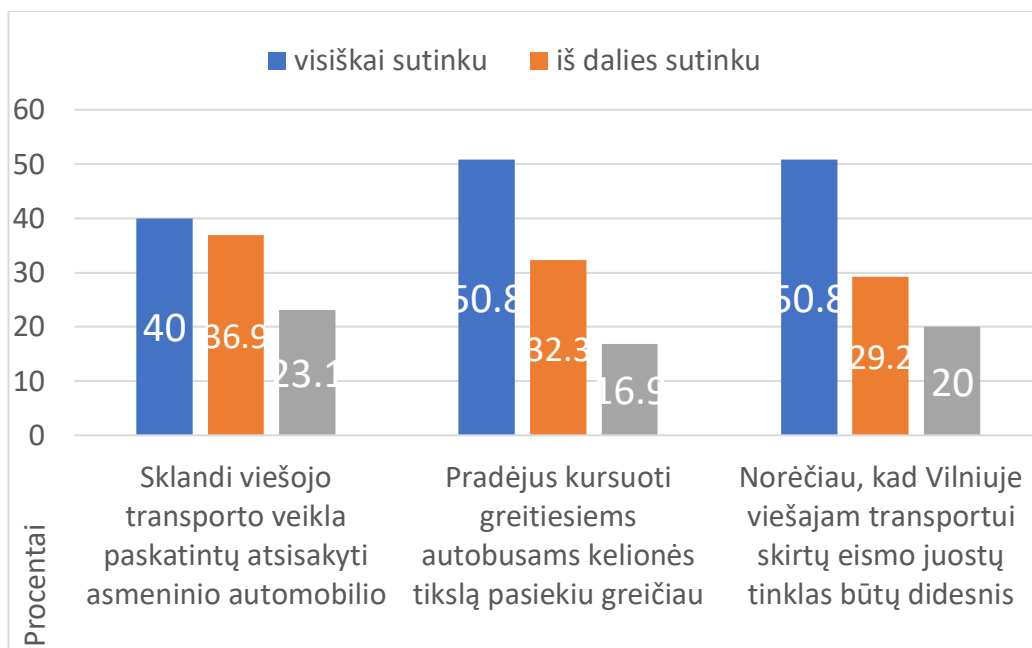
Taip pat tyrėme, kaip sostinės gyventojai vertina esamą judumo situaciją Vilniuje (4 pav).



4 pav. Judumo vertinimo situacija Vilniuje. Gyventojų vertinimas

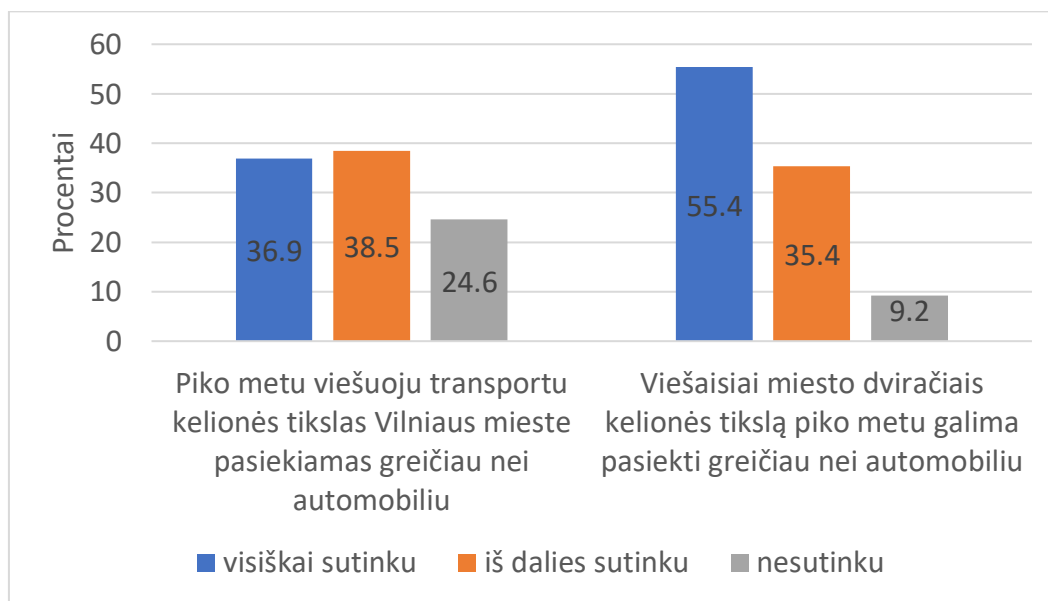
Šaltinis: sudaryta autorių

Taip pat nagrinėjome, kas paskatintų žmones aktyviau naudoti draugiškas aplinkai judumo skatinimo priemones (5 pav.).



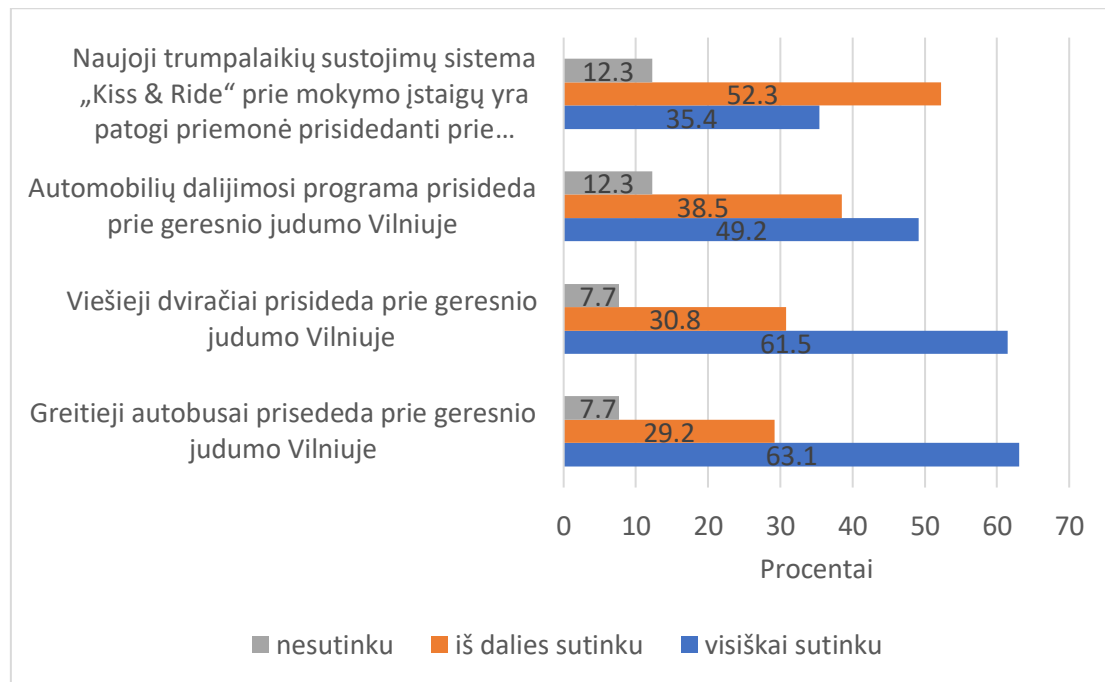
5 pav. Kas paskatintų žmones aktyviau naudoti draugiškas aplinkai judumo skatinimo priemones Vilniuje?
Šaltinis: sudaryta autorių

Taip pat buvo siekiama įvertinti ar gyventojų nuomone judumo skatinimo priemonės yra efektyvios (6 pav.).



6 pav. Gyventojų nuomone judumo skatinimo Vilniuje priemonės yra efektyvios?
Šaltinis: sudaryta autorių

Analizavome ar ekspertų įvertintos kaip efektyviausios judumo priemonės taip pat ir gyventojų nuomone prisideda geresnio judumo Vilniuje (7 pav.).



7 pav. Ar ekspertų įvertintos kaip efektyviausios judumo priemonės taip pat ir gyventojų nuomone prisideda geresnio judumo Vilniuje?
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Ekspertai identifikavo, kad geriausiai judumą Vilniaus mieste skatina greitųjų autobusų sistemos įdiegimas ir plėtojimas (17%), A juostų plėtojimas (15%) ir viešųjų miesto dviračių dalijimosi programa (11%).
2. Net 67% ekspertų atsakė, kad judumo situacija Vilniuje kasmet gerėja ir beveik 47% ekspertų nurodė, kad esamų judumo skatinimo priemonių Vilniuje pakanka ir reikia tik toliau tobulinti.
3. Socialinės apklausos rezultatai atskleidė, kad viešuoju transportu Vilniuje nesinaudoja net 25%, viešaisiais miesto dviračiais nesinaudoja net 77%, automobilių dalijimosi programomis nesinaudoja 62%, todėl yra didelis potencialas vystyti šias judumo skatinimo priemones.
4. Esamas judumo skatinimo priemonės Vilniuje būtina tobulinti ir vystyti nes tik 14% vilniečių yra patenkinti esama judumo situacija ir tik 31% atsakė, kad judumo situacija Vilniuje kasmet gerėja (nors dauguma respondentų pritarė, kad ekspertų išrinktos efektyviausios judumo skatinimo priemonės prisideda prie geresnio judumo Vilniuje).

Literatūra

1. Bauer, M. Public transport priority system in Krakow/Poland 2014 By News Editor, 2, 24-29.
2. Liu, M., Jiang, Y., Yang, L., Zhang, Z. An Elastic Analysis on Urban Public Transport Priority 2012. 8th International Conference on Traffic and Transportation Studies Changsha, China, August 1–3, 2012. 8-12.
3. Cats, O., Susilo, Y., O., Reimal, T. The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn. 2016. Transportation, 3, 45-52.
4. Aeneas, R. Göteborg's transport system: accessible for all (Sweden) 2015 By News Editor, 1, 35-41.
5. Glotz, M. RichteReclaim street space! – exploit the European potential of car sharing 2016. 6th Transport Research Arena April 18-21, 2016. Transportation Research Procedia.14, 1296 – 1304.
6. Fuller, D., Gauvin, L., Kestens, Y., Daniel, M., Fournier, M., Morency, P., Drouin, L. Use of a New Public Bicycle Share Program in Montreal, Canada. 2011. American Journal of Preventive Medicine, 41(1):80–83
7. Zavaglia, C. European Union instruments and strategies for sustainable urban mobility: Exploiting PUMS and ITS to develop an efficient car sharing proposal 2016. 2nd International Symposium "NEW METROPOLITAN PERSPECTIVES" - Strategic planning, spatial planning, economic programs and decision support tools, through the implementation of Horizon/Europe2020. ISTH2020, Reggio Calabria (Italy), 18-20 May 2016. Procedia - Social and Behavioral Sciences 223, 542 – 548.
8. Zhu, H. B. Numerical study of urban traffic flow with dedicated bus lane and intermittent bus lane. 2010. China Physica A 389, 3134–3139a.

THE INFLUENCE OF ENGINEERING SOLUTIONS IN IMPROVING MOBILITY IN VILNIUS (EXPERTS AND SOCIAL EVALUATION)

Summary

Vilnius, like most European cities, began to develop in the Middle Ages and its infrastructure was not adapted to the current population. As a result, urban dwellers are faced with mobility problems these days, which have a major impact on the quality of life. Mobility in the modern world is one of the main criteria for ensuring the development of a common European policy on freedoms. The modern world without a transport network in the city is hardly imaginable. The growing population of the city dynamically develops the number of vehicles, forms traffic jams. Therefore, it is very important to analyze what incentive measures are already in place and which of them are the most effective, and which are less effective and accordingly develop engineering solutions for mobility promotion in Vilnius. The article presents expert and social assessments of measures to promote mobility already implemented in Vilnius.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Adomas Kriukovas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Transporto inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Judumas, Viešasis transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 662 61502, adomas.kriukovas@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Adomas Kriukovas.

Science degree and name: Student of MSc.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Transport Engineering department student.

Author's research interests: Mobility, Public transport.

Telephone and e-mail address: 8 662 61502, adomas.kriukovas@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

ELEKTROMOBILIŲ BEI JŲ INFRASTRUKTŪROS VYSTYMOŠI VERTINIMAS LIETUVOJE. TYRIMAS ANKETINĖS APKLAUSOS METODU

Aleksandr Šabanovič, Jonas Matijošius

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Transporto inžinerijos fakultetas, Automobilių inžinerijos katedra

Anotacija

ES narės, pasitelkdamos savo nacionalinės politikos sistemas, siekia užtikrinti, kad ne vėliau kaip 2020 m. būtų įrengtas tinkamas viešųjų įkrovimo prieigų skaičius, siekdamos užtikrinti, kad elektromobiliai galėtų judėti bent miestų ir (arba) priemiesčių aglomeracijose bei kitose tankiai gyvenamose vietovėse ir, atitinkamais atvejais, valstybių narių nustatytuose tinkluose. Straipsnyje analizuojami kitų šalių atliktų panašių tyrimų rezultatai, galimi elektromobilių naudojimo skatinimo būdai, taikomi kitose šalyse, elektromobilių sukeltos apkrovos elektros tinklams valdymo būdai, elektromobilių bei jų infrastruktūros teikiama nauda, taip pat analizuojami tyrimo apie elektromobilių ir jų infrastruktūros vystymosi Lietuvoje vertinimo rezultatai.

Reikšminiai žodžiai: Elektromobiliai, infrastruktūra, įkrovimas, vertinimas, apklausa.

Įvadas

Daugybė valstybių visame pasaulyje kuria planus apie savo transporto sistemų elektrifikavimą, tam kad sumažintų šiltnamio dujų išskyrimą ir pagerintų oro kokybę miestuose (Huang et al, 2016; LR Susisiekimo... 2017; LR vyriausybė, 2017). Tokių planų pagrindas yra elektromobilių integravimas, tačiau dauguma vartotojų baiminasi dėl to, kad šiandien elektromobilis vidutiniškai gali įveikti apie 100–160 km atstumą iki kito įkrovimo. Tai atbaido vairuotojus ir vis dar verčia juos rinktis įprastus vidaus degimo varikliu varomus automobilius, kurie pilnu baku gali įveikti daugiau nei 800 km be degalų papildymo (Huang et al, 2016; Craven, 2012). Apklausų, atliktų kitose šalyse, duomenimis tarp Europos respondentų 74 % mano, kad minimalus elektromobilio įveikiamas atstumas turėtų būti apie 480 km, nors 80 % vairuotojų per dieną vidutiniškai nuvažiuoja 80 km. Nors dauguma šiandien rinkoje esančių elektromobilių gali lengvai įveikti vidutinį nuvažiuojamą atstumą, vartotojų lūkesčiai dėl lengvųjų automobilių nuvažiuojamo atstumo yra pagrįsti vidaus degimo varikliu varomų automobilių pajėgumais (Craven, 2012). Šią problemą galima išspręsti, įrengiant daugiau įkrovimo stotelių, tačiau tai sukelia keblumų, kadangi reikia išsiaiškinti kiek jų reikia iš tikrųjų, ir kur būtų geriausia jas įrengti. Šių problemų sprendimai priklauso nuo įvairių faktorių, tokių kaip elektromobilių galimi nuvažiuojami atstumai ir įkrovimo stotelių kainos. (Huang et al, 2016)

Tyrimo tikslas – apklausos būdu identifikuoti elektromobilių poreikio ir jų infrastruktūros vystymosi perspektyvas Lietuvoje.

Tyrimo uždaviniai: sudaryti elektromobilių bei jų infrastruktūros poreikio vertinimo metodiką, statistiniais metodais apdoroti anketinio tyrimo rezultatus, pateikti išvadas ir rekomendacijas dėl elektromobilių bei jų infrastruktūros vertinimo Lietuvoje.

Tyrimo objektas – elektromobilių bei jų infrastruktūros plėtros vertinimas Lietuvoje.

Tyrimo metodai: anketinė apklausa, statistinė duomenų analizė, rezultatų vertinimas naudojant koreliacinius ryšius.

Šis straipsnis susideda iš kitų valstybių tyrimų analizės, elektromobilių skatinimo būdų, taikomų kitose šalyse, apžvalgos, elektromobilių apkrovos elektros tinklams valdymo būdų apžvalgos, elektromobilių teikiamos naudos analizės ir atlikto tyrimo rezultatų.

Kitų valstybių tyrimų duomenys. Remiantis globalios, atsitiktinai išrinktų dalyvių, 2011 m. apklausos duomenimis paaiškėjo, kad 68 % respondentų norėtų pasikeisti įprastą vidaus degimo varikliu varomą automobilį į elektromobilį, o 60 % apklaustųjų svarstytų apie elektromobilio kaip savo naujos transporto priemonės įsigijimą. Švedijos rinkos tyrimu, nustatyta, kad apie 37 % respondentų mano, kad per 10 metų įsigytų elektromobilį (Craven, 2012). Kinijoje atliktos apklausos (Lin et al, 2018) rezultatai rodo, kad įsigyti elektromobilį labiausiai skatina susirūpinimas dėl miestų smogo ir oro taršos, taip pat ir priimtina elektromobilių kaina. Be to, tokie veiksniai, kaip vyriausybės subsidijos, vartotojų amžius ir šeimyninis statusas, taip pat daro didelę įtaką norui įsigyti elektromobilį.

Atlikti tyrimai (Craven, 2012) rodo, kad didžiausią elektromobilio eksploatacijos kaštų dalį sudaro jo įsigijimo kaina, kuri nurungia visus elektromobilio naudojimo privalumus, tokius kaip degalų taupymas, pigesnė eksploatacija ir priežiūra dėl mažesnio besitrinančių ir besidėvinčių detalių skaičiaus. Tai tęsis tol, kol technologiniai pranašumai ir masto ekonomija sumažins baterijų kainas. Ilgalaikiu laikotarpiu prognozuojama, kad elektromobilių, įsigytų Europos Sąjungoje 2020 m., eksploatacijos kaštai per 9 eksploataavimo metus gali susilyginti su vidaus degimo varikliais varomų automobilių eksploatacijos kainomis, jei dabartinių vyriausybės

lengvatos nebūtų taikomos. Jei būtų vertinamos ir lengvatos, elektromobilių eksploatacijos kaštų lūžio taškas būtų pasiektas vos per vienerius eksploatacijos metus. (Craven, 2012)

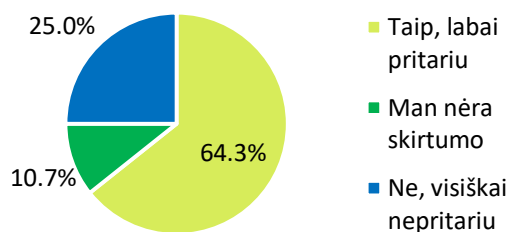
Galimi elektromobilių įsigijimo skatinimo būdai. Siekiant padidinti elektromobilių pardavimus, galima būtų netaikyti PVM mokesčio. Nors mokesčių lengvatos nedaro didelės įtakos vartotojų sprendimui įsigyti elektromobilį, jų nereiktų atsisakyti, kol nebus siūlomos alternatyvios subsidijos. Didesnį PVM mokestį galima būtų taikyti naujiems vidaus degimo varikliais varomiems automobiliams. Tokia sistema jau taikoma Norvegijoje, Olandijoje ir Prancūzijoje (Hardman et al, 2017; Figenbaum, 2016). Surinktos didesnės mokesčių rinkliavos galėtų būti nukreiptos į elektromobilių infrastruktūros vystymą. Ši sistema galėtų veikti daug ilgiau nei nuolaidos, dotacijos ar vyriausybinių mokesčių programa. Nepaisant to, dėl politinių priežasčių ši sistema gali būti nepalanki, todėl naudingiau būtų taikyti tik lengvatas elektromobiliams. Tokia sistema taikoma Jungtinėje Karalystėje. Per anksti nutraukus lengvatas elektromobiliams galima neigiamai paveikti jų rinkos vystymąsi. Lengvatas geriausia būtų išlaikyti tol, kol elektromobiliai stipriai įsitvirtins automobilių rinkoje. (Hardman et al, 2017)

Elektromobilių apkrova elektros tinklams ir jos valdymas. Elektromobiliams įsitvirtinus rinkoje, prastai valdoma elektromobilių įkrovimo infrastruktūra gali sukelti didelę apkrovą elektros paskirstymo tinklams, dėl ko gali atsirasti rimtų problemų dėl sistemos patikimumo ir stabilumo. Siekiant išvengti šių problemų reikia sukurti efektyvią valdymo schemą, skirtą valdyti elektromobilių įkrovimą naudojant išplėstines informacijos ir komunikacijos technologijas (Xu, 2012; Arias et al. 2017; Dubey, 2012). Elektros tiekėjai turėtų skatinti baterijų įkrovimą, kai jis labiausiai naudingas elektros tinklui. Įkrovimas neturėtų būti skatinamas sistemos apkrovos piko valandomis, o tada, kai vyksta nepakankamas pajėgumų išnaudojimas arba elektros, iš atsinaujinančių energijos šaltinių, generavimo piko valandomis. Įvairūs įkrovimo paslaugos tarifai ir racionalios apmokestinimo sistemos – tai du būdai, kaip valdyti elektromobilių įkrovimo srautus, parenkant optimalius laiko tarpus (Salisbury et al, 2016; Langbroek et al, 2017). Įkrovimo infrastruktūros ateities pokyčiai taip pat gali turėti įtakos elektromobilių įkrovimo įpročiams. Tuo atveju, kai įkrovimas naktį yra naudingesnis, viešųjų įkrovimo stotelių investicijos neturėtų būti skirtos vietoms, kuriose dienos ar vakaro metu lankosi vartotojai, pvz., prekybos centrams, kino teatrams ir sveikatingumo kompleksams, o turėtų būti skirtos gyvenamiesiems rajonams. (Langbroek et al, 2017)

Elektromobilių teikiama nauda. Jeigu būtų diegiama išmaniojo elektros tinklo technologija, leidžianti optimaliai reguliuoti elektromobilių krovimo laiką ir didelio apkrovimo metu pasiimti elektrą iš elektromobilio atgal į tinklą, elektromobiliai galėtų padėti užtikrinti tolygesnę paros elektros suvartojimo kreivę (LR ūkio ministerija et al. 2012; Farahani 2017; Arias et al. 2017; Europos... 2014). Taip, elektromobilių naudojimas padėtų sumažinti papildomų investicijų į elektros tinklų pajėgumus (LR ūkio ministerija et al. 2012; Europos... 2014; Li et al. 2017). Elektromobiliai, priklausomai nuo savo tipo, arba visiškai neišmeta CO₂ dujų, arba išmeta ženkliai mažiau lyginant su vidaus degimo varikliais (VDV) varomais automobiliais (LR ūkio ministerija et al. 2012; Lee et al. 2017; Murakami 2017; Munoz-Villamizar et al. 2017; Kuppusamy et al. 2017; Arias et al. 2017). Elektromobiliai veikia visiškai tyliai, arba bent jau ženkliai tyliau nei VDV automobiliai (LR ūkio ministerija et al. 2012; Murakami 2017; Munoz-Villamizar et al. 2017; Kuppusamy et al. 2017:). Taigi, platesnis elektromobilių paplitimas reikštų mažesnę triukšmą šalies miestuose, kas yra itin aktualu nuo eismo triukšmo kenčiantiems didmiesčių gyventojams (LR ūkio ministerija et al. 2012; Kuppusamy et al. 2017).

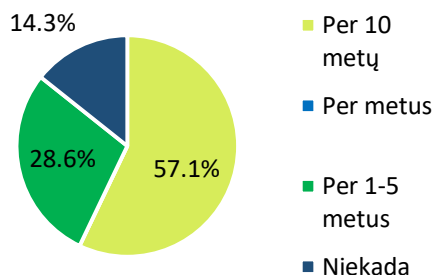
Tyrimo metodika. Buvo sudaryta anoniminė anketinė apklausa iš 11 klausimų. Apklausoje dalyvavo 200 Lietuvos gyventojų. Surinkti apklausos duomenys buvo tiriami statistinės duomenų analizės metodais, tam tikri apklausos atsakymų rezultatai buvo vertinami, naudojant koreliacinius ryšius.

Tyrimo rezultatai. Atlikus apklausą nustatyta, kad 64,3 % respondentų pritaria, kad elektromobiliai per tam tikrą laiką pakeistų įprastus automobilius, varomus benzinu ar dyzeliu. Šiai minčiai nepritaria 25 % apklaustųjų. Likusieji 10,7 % nemato skirtumo, koku automobiliu naudotis (5 pav.).



7 pav. Klausimas: Ar pritariate tam, kad elektromobiliai laikui bėgant pakeistų įprastus automobilius, varomus benzinu / dyzeliu?

Šaltinis: sudaryta autorių

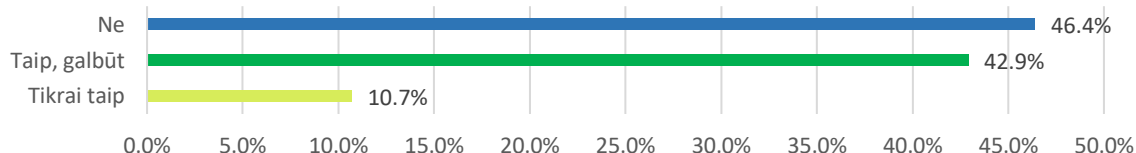


8 pav. Klausimas: Ar keisdami automobilį svarstytumėte įsigyti elektromobilį?

Šaltinis: sudaryta autorių

Apie įprasto automobilio keitimą į elektromobilį per 10 metų svarstytų 57,1 % apklaustųjų. Per 1–5 metus elektromobilius rinktųsi 28,6 % respondentų. Įprastą automobilį į elektromobilį neiškeistų 14,3 % dalyvavusiųjų apklausoje (6 pav.).

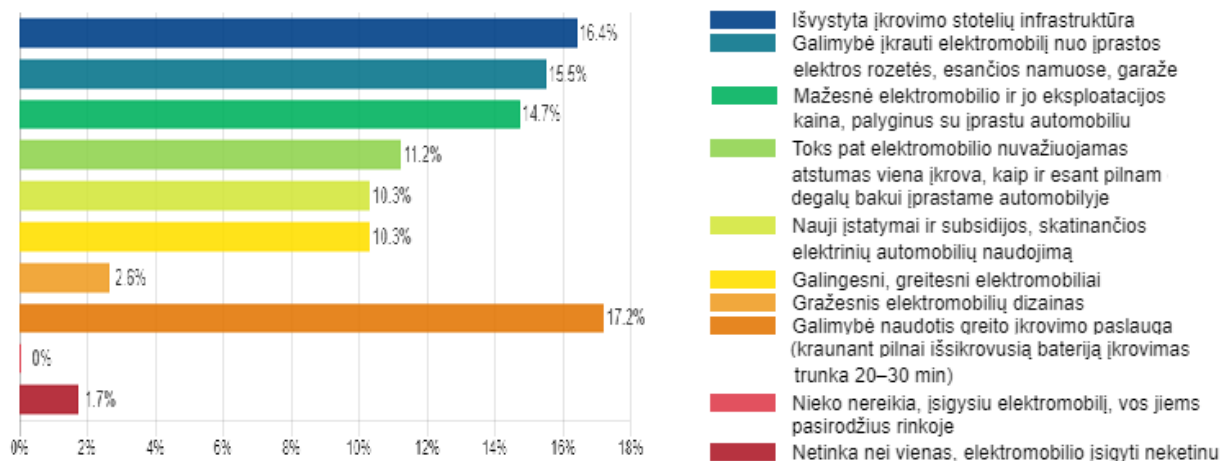
Manoma, kad Elektromobiliai per 10 metų galėtų užimti Lietuvos rinką, tačiau nesutariama ar po dešimtmečio miestų eisme turėtų dalyvauti tik elektromobiliai (9 pav.). Į klausimą ar elektromobiliai po 10 metų turėtų būti vieninteliai, kurie galės dalyvauti miestų eisme teigiamai užtikrintai atsakė tik 10,7 % respondentų, 42,9 % sutinka, tačiau dar dvejoja, ir 46,4 % apklaustųjų visiškai nesutinka.



9 pav. Klausimas: Kaip manote, ar po 10 metų miestų eisme turėtų dalyvauti tik elektromobiliai?

Šaltinis: sudaryta autorių

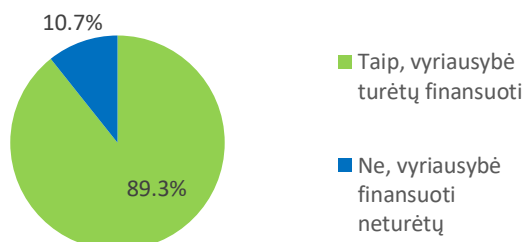
Renkantis naują automobilį, respondentus įsigyti elektromobilį labiausiai paskatintų (10 pav.): galimybė naudotis greito įkrovimo paslauga (17,2 %), išvystyta elektromobilių įkrovimo stotelių infrastruktūra (16,4 %), galimybė įkrauti elektromobilį nu įprastos elektros rozetės, esančios namuose ar garaže (15,5 %), mažesnė elektromobilio ir jo eksploatacijos kaina, palyginus su įprastu automobiliu (14,7 %), toks pat elektromobilio nuvažiuojamas atstumas viena įkrova, kaip ir esant pilnam degalų bakui įprastame automobilyje (11,2 %), nauji įstatymai ir subsidijos, skatinančios elektrinių automobilių naudojimą (10,3 %), galingesni, greitesni elektromobiliai (10,3 %), gražesnis elektromobilių dizainas (2,6 %), niekas nepaskatintų (1,7 %).



10 pav. Klausimas: Kas paskatintų rinktis elektromobilį?

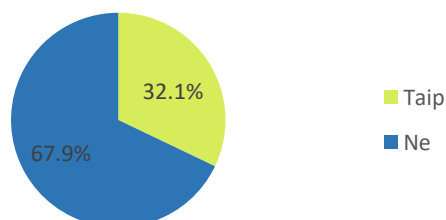
Šaltinis: sudaryta autorių

Į klausimą, ar vyriausybė turėtų finansuoti elektromobilių infrastruktūros vystymo projektus, teigiamai atsakė 89,3 % apklaustųjų. Kita dalis apklaustųjų, manančių, kad vyriausybė tokių projektų finansuoti neturėtų, sudaro 10,7 % (11 pav.).



11 pav. Klausimas: Kaip manote, ar vyriausybė turėtų finansuoti elektromobilių įkrovimo infrastruktūros vystymą?

Šaltinis: sudaryta autorių

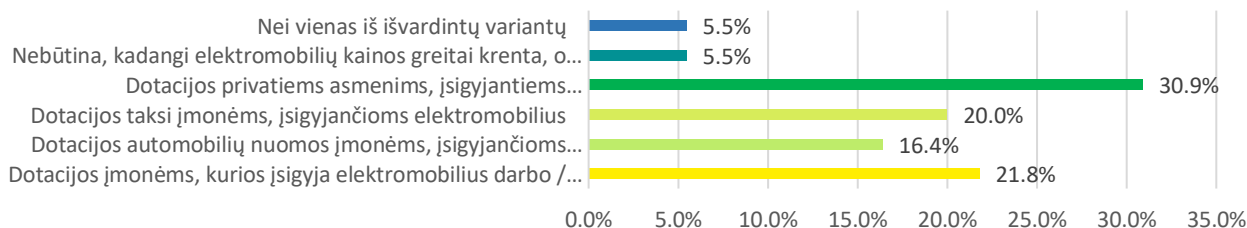


12 pav. Klausimas: Ar pritartumėte tam, kad ši paslauga ateityje būtų apmokestinata?

Šaltinis: sudaryta autorių

Respondentai nesutinka su elektromobilių baterijų įkrovimo paslaugos apmokestinimu, prieš tai pasisakė 67,9 % apklaustųjų. Šiai minčiai pritaria 32,1 % dalyvavusiųjų apklausoje (12 pav.).

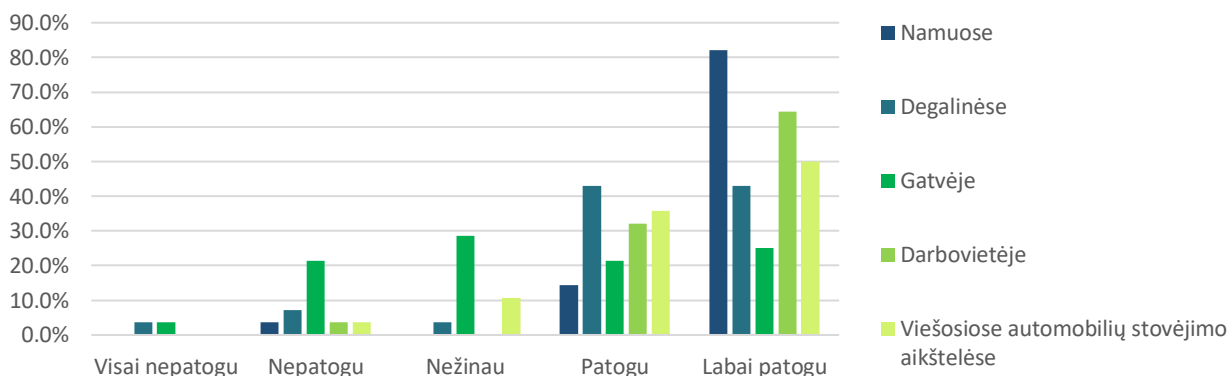
Pagal geriausius variantus, kaip padidinti elektromobilių skaičių Lietuvoje, respondentų atsakymai pasiskirstė taip (13 pav.): dotacijos privatiems asmenims, įsigyjantiems elektromobilius (30,9 %), dotacijos įmonėms, kurios įsigyja elektromobilius darbo / paslaugų teikimo reikmėms (21,8 %), dotacijos taksu įmonėms, įsigyjančioms elektromobilius (20 %), dotacijos automobilių nuomos įmonėms, įsigyjančioms elektromobilius teikiamų automobilių parkui (16,4 %), nieko daryti nereikia, kadangi elektromobilių kainos greitai krenta, o benzino / dyzelio kainos kyla (5,5 %), Niekas nepadės padidinti elektromobilių skaičių (5,5 %).



13 pav. Klausimas: Kaip manote, kurie iš variantų yra geriausi, siekiant padidinti elektromobilių skaičių Lietuvoje?

Šaltinis: sudaryta autorių

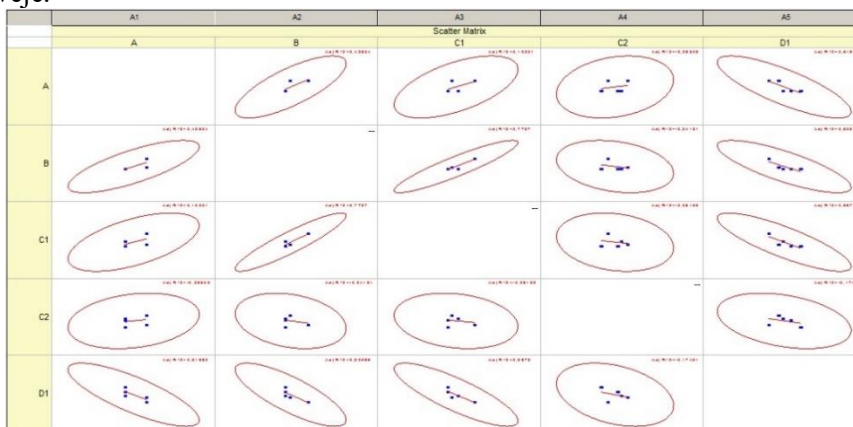
Apklaustiesiems įkrauti elektromobilius būtų patogiau (14 pav.): namuose (82,1 %), taip pat darbovietėse (64,3 %) ir viešosiose automobilių stovėjimo aikštelėse, pavyzdžiui, prekybos ar pramogų centruose (50 %). Respondentai, taip pat neatsisakytų įkrauti elektromobilius degalinėse (42, 9%), tačiau yra abejojama ar būtų elektromobilį patogų krauti gatvėje (25 %).



14 pav. Patogios vietos įkrauti elektromobilius

Šaltinis: sudaryta autorių

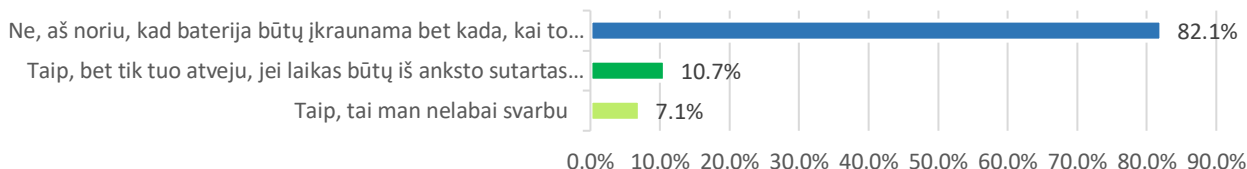
Pagal rezultatus pastebima, kad kiekvienas iš elektromobilių įkrovimo vietų variantų pasirinkimų tarpusavyje beveik nekoreliuoja ir yra subjektyviai pritaikomi kiekvienam vartotojui atskirai (15 pav.). Šiuo atveju, stipriausią tarpusavio ryšį turi tokie atsakymų variantai, kaip nepatogu ir neaišku ar patogų įkrauti elektromobilį gatvėje.



15 pav. Patogių vietų įkrauti elektromobilius variantų koreliaciniai ryšiai: A – namuose; B – degalinėse; C1 – gatvėje; C2 – darbovietėje; D1 – viešosiose automobilių stovėjimo aikštelėse

Šaltinis: sudaryta autorių

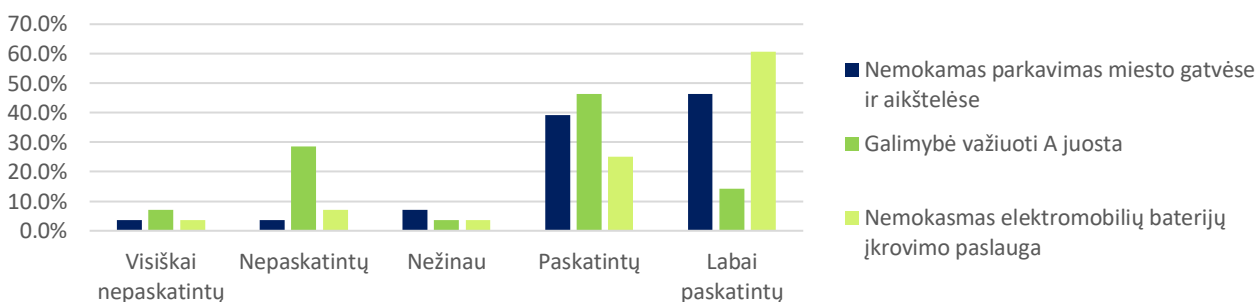
Didžioji dalis respondentų (82,1 %) nepritaria, kad elektros tiekėjas nustatytų, kada vyks elektromobilio baterijos krovimas, 10,7 % apklaustųjų sutiktų, tik tuo atveju, jei laikas būtų iš anksto sutartas, likusiems 7,1 % apklausos dalyviams, tai nėra taip svarbu (16 pav.).



16 pav. Klausimas: Ar pritartumėte tam, kad elektros tiekėjas nustatytų, kada vyktų Jūsų elektromobilio baterijos įkrovimas?

Šaltinis: sudaryta autorių

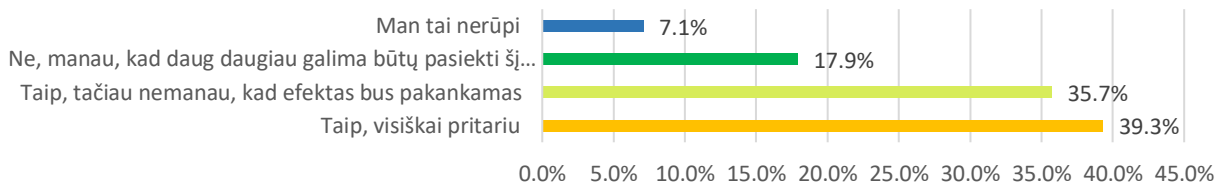
Respondentai sutinka, kad nemokamas elektromobilių stovėjimas gatvėse (46,4 %) ir nemokama įkrovimo paslauga paskatintų juos įsigyti elektromobilį (60,7 %). Nesutariama ar galimybė naudotis A juosta tikrai paskatintų įsigyti elektromobilį, 46,4 % sutinka, tačiau 28,6 % apklaustųjų ši lengvata įsigyti elektromobilį nepaskatintų (17 pav.).



17 pav. Lengvatos, kurios paskatintų įsigyti elektromobilį

Šaltinis: sudaryta autorių

Vis didėjant elektromobilių skaičiui miestuose, tikimasi, kad turėtų sumažėti oro tarša, šiltnamio efekto dujų emisija ir eismo sukeliamas triukšmas.



18 pav. Klausimas: Ar pritariate, kad vis didėjant elektromobilių skaičiui miestuose, turėtų sumažėti oro tarša, šiltnamio efekto dujų emisija ir eismo sukeliamas triukšmas?

Šaltinis: sudaryta autorių

Su šiuo teiginiu visiškai sutinka 39,3 % dalyvavusiųjų apklausoje, 35,7 % sutinka, tačiau mano, kad efektas būtų nepakankamas, 17,9 % apklaustųjų nesutinka ir mano, kad geresnį rezultatą galima pasiekti šią problemą sprendžiant kitais būdais, likusiems 7,1 % respondentų pokytis nėra svarbus (18 pav.).

Išvados

1. Manoma, kad Elektromobiliai per 10 metų galėtų užimti Lietuvos rinką, tačiau nesutariama ar po dešimtmečio miestų eisme turėtų dalyvauti tik elektromobiliai. Nors respondentai sutinka, kad elektromobiliai turėtų sumažinti oro taršą, šiltnamio dujų išskyrimą ir eismo sukeltą triukšmą. Kiek mažesnė dalis respondentų mano, kad šias problemas galima būtų išspręsti kitais būdais.

2. Atsižvelgiant į tyrimo rezultatus, elektromobilių įsigijimą Lietuvoje labiausiai paskatintų išvystyta įkrovimo infrastruktūra, galimybė įkrauti bateriją namie ir galimybė naudotis greitojo įkrovimo paslauga, taip pat mažesnė elektromobilių kaina. Manoma, kad elektromobilių skaičių gali padidinti dotacijos įmonėms, įsigyjančioms elektromobilius darbo reikmėms, taksi įmonėms, taip pat ir privatiems asmenims. Respondentai taip pat sutinka, kad nemokamas elektromobilių stovėjimas gatvėse ir nemokama įkrovimo paslauga paskatintų juos įsigyti elektromobilį. Nesutariama ar galimybė naudotis A juosta tikrai paskatintų įsigyti elektromobilį.

3. Manoma, kad vyriausybė turėtų finansuoti elektromobilių infrastruktūros vystymą. Pagal atlikto tyrimo rezultatus, respondentams įkrauti elektromobilius būtų patogiau namuose, degalinėse, darbovietėse, taip pat viešosiose automobilių stovėjimo aikštelėse, tačiau, siekiant išsiaiškinti, ar viešųjų įkrovimo stotelių įrengimo investicijas būtų racionalu skirti vietoms, kuriose dienos ar vakaro metu lankosi vartotojai, ar, visgi, šias investicijas skirti tik gyvenamiesiems rajonams, reikia atlikti papildomus tyrimus, kuriose būtų statistiškai vertinami elektromobilių vairuotojų baterijų įkrovimo įpročiai, kadangi šio tyrimo atveju, to nustatyti neįmanoma.

4. Dauguma respondentų nepritaria, kad elektros tiekėjas nustatytų, kada vyktų baterijos įkrovimas. Respondentai taip pat nepritaria įkrovimo paslaugos apmokestinimui. Dėl tokios gyventojų nuomonės, elektromobiliai, įsitvirtinę rinkoje, gali sukelti didelę apkrovą elektros tinklams, dėl ko gali atsirasti rimtų problemų dėl sistemos patikimumo ir stabilumo. Siekiant išvengti šių problemų reikia sukurti efektyvią valdymo schemą, skirtą valdyti elektromobilių įkrovimą naudojant išplėstines informacijos ir komunikacijos technologijas. Taip pat valdant elektromobilių įkrovimo srautus, galima būtų taikyti įvairius įkrovimo paslaugos tarifus ir racionalias apmokestinimo sistemas.

Literatūra

1. Arias, M., Kim, M., Bae, S. 2017. Prediction of electric vehicle charging-power demand in realistic urban traffic networks, *Applied Energy* 195 (2017) 738–753.
2. Craven, A. 2012. *Electromobility in Sweden: Facilitating Market Conditions to Encourage Consumer Uptake of Electric Vehicles*. Uppsala: Uppsala University. 53 p.
3. Dubey, A. 2012. *Impact of Electric Vehicle Loads on Utility Distribution Network Voltages*. Ostinas.
4. Europos komisija. 2014. Europos parlamento ir tarybos direktyva 2014/94/ES 2014 m. spalio 22 d. dėl alternatyviųjų degalų infrastruktūros diegimo, *Europos Sąjungos oficialusis leidinys* L307/1: 1–20.
5. Farahani, H. 2017. Improving voltage unbalance of low-voltage distribution networks using plug-in electric vehicles, *Journal of Cleaner Production* 148 (2017): 336–346.
6. Figenbaum, E. Perspectives on Norway's supercharged electric vehicle policy, *Environmental Innovation and Societal Transitions* (2016).
7. Hardman, S., Chandan, A., Tal, G., Turrentine, Tom. The effectiveness of financial purchase incentives for battery electric vehicles – A review of the evidence, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 80 (2017): 1100–1111.
8. Huang, K., Kanaroglou, P., Zhang, X. 2016. The design of electric vehicle charging network, *Transport Research Part D* 49 (2016) 1–17.
9. Kuppusamy, S., Magazine, M., Rao, U. 2017. Electric vehicle adoption decisions in a fleet environment, *European Journal of Operational Research* 262 (2017): 123–135.
10. Langbroek, J., Franklin, J., Susilo, Y. When do you charge your electric vehicle? A stated adaptation approach, *Energy Policy* 108 (2017): 565–573.
11. Lee, J., Madanat, S. 2017. Optimal design of electric vehicle public charging system in an urban network for Greenhouse Gas Emission and cost minimization, *Transportation Research Part C* 85 (2017): 494–508.
12. Li, J., Li, C., Wu, Z., Wang, X., Teo, K., Wu, C. 2017. Sparsity-Promoting Distributed Charging Control for Plug-In Electric Vehicles over Distribution Networks, *Applied Mathematical Modelling* (2017): 1–26.
13. Lin, B., Wu, W. Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China, *Energy Policy* 112 (2018): 233–241.
14. LR susisiekimo ministras. 2017. *Dėl Lietuvos respublikos susisiekimo ministro 2015 m. gegužės 6 d. įsakymo nr. 3-173 (1.5 e) „dėl viešosios elektromobilių įkrovimo infrastruktūros plėtros rekomendacijų ir šalia valstybinės reikšmės kelių numatomų įrengti viešųjų elektromobilių įkrovimo prieigų plano patvirtinimo“ pakeitimo*. Vilnius.
15. LR ūkio ministerija, LR energetikos ministerija, LR susisiekimo ministerija. 2012. *Kompleksinė elektromobilių transporto plėtros galimybių studija: Galutinės ataskaitos projektas*. Vilnius. 212 p.
16. LR vyriausybė. 2017. *Nutarimas dėl Lietuvos respublikos vyriausybės 2013 m. Gruodžio 18 d. Nutarimo nr. 1253 „Dėl nacionalinės susisiekimo plėtros 2014–2022 metų programos patvirtinimo“ pakeitimo*. Vilnius.
17. Munoz-Villamizar, A., Montoya-Torres, J., Faulin, J. 2017 Impact of the use of electric vehicles in collaborative urban transport networks: A case study, *Transportation Research Part D* 50 (2017): 40–54.
18. Murakami, K. 2017. A new model and approach to electric and diesel-powered vehicle routing, *Transportation Research Part E* 107 (2017): 23–37.
19. Salisbury, M., Toor, W. How and why leading utilities are embracing electric vehicles, *The Electricity Journal* 29 (2016): 22–27.
20. Xu, D. 2012. *Coordination of Plug-in Electric Vehicles over a Communications Infrastructure*. Montreal: McGill University. 73 p.

EVALUATION OF ELECTRIC VEHICLES AND BATTERY CHARGING INFRASTRUCTURE DEVELOPMENT IN LITHUANIA. INVESTIGATION BY ANCHETICAL TESTING METHOD

Summary

EU Member States, through their national policy frameworks, seek to ensure that, by 2020 at the latest, appropriate number of public charging ports would be installed in order to ensure that electric vehicles could move at least in urban and / or suburban agglomerations and other densely populated areas and, where appropriate, in networks established by the Member States. The article analyses the results of similar studies carried out in other countries, possible ways of promoting electric vehicles that are used in other countries, the ways of controlling the electric loads caused by electric vehicles, the benefits of electric vehicles and their infrastructure, as well as analysing the results of a study on the assessment of the development of electric vehicles and their infrastructure in Lithuania.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Aleksandr Šabanovič.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Transporto inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Elektromobiliai, aplinkosauga, elektros įkrovimo stotelė.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, aleksandr.sabanovic@stud.vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Aleksandr Šabanovič.

Science degree and name: Student of MSc.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Transport Engineering department student.

Author's research interests: Electric vehicles, environmental protection, electric charging station.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, aleksandr.sabanovic@stud.vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Transport department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

PIRMOSIOS IR ANTROSIOS KARTOS BIODYZELINO MIŠINIŲ NAUDOJIMO SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIUOSE EFEKTYVUMO TYRIMAS

Justas Martišauskas, Alfredas Rimkus
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Šiame darbe analizuojama naftinės kilmės dyzelino, pirmos (I) kartos biodyzelino (RME – Riebalų rūgščių metilo esteriai), antros (II) kartos biodyzelino (BTL – Biomass to liquid, angl.) ir jų mišinių panaudojimo slėginio uždegimo varikliuose ekologinis bei energetinis efektyvumas. Apžvelgiamos I ir II kartos biodyzelino gamybos technologijos, šių degalų privalumai, trūkumai. Darbe aprašoma tyrimo metodika, pateikiami bandymo metu gauti rezultatai: valandinės degalų masės ir tūrio sąnaudos, lyginamosios efektyviosios degalų masės ir tūrio sąnaudos, efektyvusis naudingumo koeficientas, išmetamų teršalų (CO_2 , HC ir NO_x) koncentracija bei dūmingumas. Atlikta tyrimo rezultatų analizė, pateiktos išvados.

Reikšminiai žodžiai: RME, BTL, teršalai, efektyvumas.

Ivadas

Transportas turi didelę įtaką gyvenimo kokybei, bei ekonomikos augimui. Remiantis ES transporto politikos „Baltąja knyga“ iškastinės naftos gavyba artimiausiais dešimtmečiais mažės, o likusi nafta bus tiekiama iš nepatikimų šaltinių. Norint sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių teršalų emisijas valstybės turi naudoti švaresnę energiją, ieškoti alternatyvių degalų ir stengtis pakeisti iškastinio kuro degalus. ES ragina ženkliai sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą, turi būti užtikrinta, kad iki 2050 m., lyginant su 1990 m., išmetamų teršalų kiekis transporto sektoriuje būtų sumažintas bent iki 60 proc., iki 2030 m. lyginant su 2008 m. šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos turi būti sumažintos 20 proc. (Europos komisija, 2011). Vienas iš didžiausių taršos sukėlėjų yra transportas, ypač didelis dėmesys skiriamas dyzelinėms transporto priemonėms. Lietuvoje populiarumas dyzeliniais automobiliais išlieka labai didelis, remiantis VĮ „Regitra“ duomenimis M1 klasės transporto priemonių, kurių kuro rūšis dyzelinas, 2017 m. įregistruota 13,8 proc. daugiau negu 2016 m.

Mažėjant iškastinio kuro kiekiui, bei brangstant jo gavybai, šiuos degalus bandoma iš dalies arba visiškai pakeisti alternatyviais degalais. Biodegalų naudojimas transporto sektoriuje mažina priklausomybę nuo iškastinio kuro. Taip pat biodegalų naudojimas mažina šiltnamio efektą, efektyviai mažina išmetamų teršalų aplinkai daromą žalą. Šiuo metu dažniausiai naudojami I ir II kartos biodyzelinas, šiais degalais siekiama sumažinti vidaus degimo variklių sukeliamas emisijas (Lietuvos energetikos institutas, 2010).

Biodyzelino panaudojimo efektyvumo apžvalga

Tyrėjai siekia sukurti ir ištirti degalus, kurių gamyboje nebūtų naudojamas iškastinis kuras, degalų gamybos metu būtų išmetama mažiau teršalų, alternatyvių degalų naudojimas būtų mažiau kenksmingas aplinkai. Vidaus degimo varikliuose (VDV) naudojant alternatyvius degalus išmestų mažiau kenksmingų teršalų, bei pagerintu variklio darbą ir ekonomiją, pagrindinė priežastis alternatyvių degalų paieškose, tapti mažiau priklausomiems nuo iškastinio kuro, bei sumažinti VDV sukeliamą aplinkos taršą (Europos komisija, 2011).

Dažniausia I kartos biodyzelinui kaip pagrindinė žaliava yra naudojamas rapsų aliejus, nes degalai pagaminti iš šios medžiagos pasižymi geriausiomis savybėmis. Riebalų rūgščių metilo esteriai (RME) pristatomi kaip atsinaujinantis kuras, šie degalai maišomi su dyzelinu iki 20 % (Singer *et al.*, 2015). Šių degalų apimtys yra ribotos, nes degalų gamybai naudojamos žaliavos, kurios gali būti naudojamos ir žmogaus maisto produktų gamybai. Be to šių degalų gamyba yra brangesnė, palyginus su degalų gamyba iš iškastinių žaliavų (Lietuvos energetikos institutas, 2010).

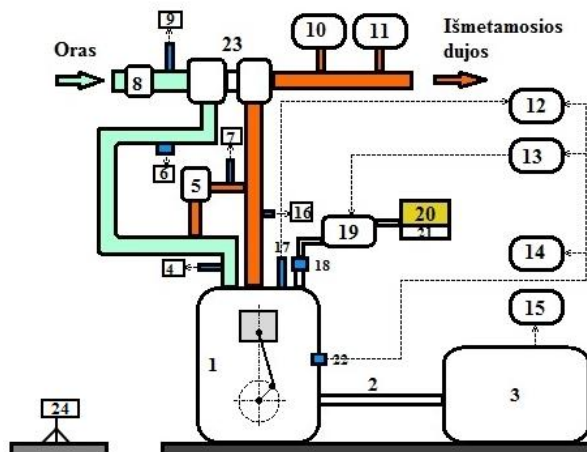
II kartos biodegalai tai degalai, kuriems, kaip žaliava yra naudojama biomasė, tame tarpe ir turinti lignoceliuliozės – medienos bei žemės ūkio atliekos ir kt. II kartos biodegalų gamybai žaliavos kiekiai yra pakankamai dideli, nesusidaro žaliavos atliekos. Dėl parafininių prigimties ir žemos virimo temperatūros, atsinaujinančio dyzelino tankis yra mažesnis negu iškastinio kuro, o degalų tankis turi įtaką variklio galiai bei degalų sąnaudoms (Neste Corporation, 2016). II kartos biodyzelinas gaminamas FT (Fischer-Tropsch, angl.) sintezės būdu, kurio metu sintetinės dujos paverčiamos skystu kuru dažniausia koduojamas kaip Xtl, x - šaltinio žaliavą, TL- pavertimas skysta faze. Žaliava gali būti iš atsinaujinančios biomasės (BTL) arba iškastinio kuro, iš gamtinių dujų (GTL – Gas to liquid, angl.) arba akmens anglies (CTL – Coal to liquid, angl.). Kaip II kartos biodyzelinas gaminami ir HVO (hidrintas augalinis aliejus) degalai, kurie turi labai aukštą cetaninį skaičių (CS) ir visos kitos savybės yra labai panašios į GTL bei BTL. Cheminės kilmės kuras suteikia geresnes degalų savaiminio užsiliepsnojimo bei degimo charakteristikas, lyginant su I kartos degalais (Mancaruso *et al.*, 2013).

Hidrinimu valytas produktas yra modernus būdas gaminti aukštos kokybės biologinius degalus, vietoj I kartos biodyzelino FAME (Fatty acid methyl esters, angl.) ir RME. HVO neturi neigiamo poveikio kaip esterio tipo biodyzelinas, tokio kaip NO_x emisijos, nuosėdų susidarymas, laikymo sąlygų problemos, spartesnis variklio alyvos senėjimas ir blogos šaltų degalų savybės. HVO yra linijinės formos grandinės parafininiai angliavandeniliai, kurie yra be aromatinių junginių ir sieros (Aatol *et al.*, 2008).

Mokslininkai iš viso pasaulio atlieka daugybę tyrimų stengdamiesi sukurti produktą kuriuo galėtų pakeisti naftinės kilmės degalus, tyrėjai atlieka tyrimus su skirtingų gamintojų I bei II kartos biodyzelinu, kurių metu bandoma ištirti jų efektyvumą ir panaudojimo galimybę. Tyrėjai nustatė, kad I ir II kartos biodyzelinas žymiai sumažina kietųjų dalelių, CO ir HC emisijas, bet NO_x emisijos lyginant su dyzelinu padidėja, degalų sąnaudos mažiausios naudojant II kartos biodyzeliną (Singh *et al.*, 2015). Analizuojant degalų degimo raidą ir šilumos išsiskyrimą tyrėjai nustatė, kad greičiausia užsiliepsnoja GTL degalai turintys aukščiausią cetaninį skaičių, bet GTL degalai turi mažiau laiko susimaišyti su oru, todėl degimo metu išskiria daugiau suodžių (Mancaruso *et al.*, 2013). Tyrimų metu nustatyta, kad naudojant II kartos biodyzeliną ir esant pastovioms degalų sąnaudoms išmetamųjų teršalų emisijos ~23 % mažesnės lyginant su dyzelinu (Aatol *et al.*, 2008). Gerai sumaišytas degalų ir oro mišinys yra viena iš pagrindinių sąlygų norint, kad visiškai sudegtų degalai. Daugelis tyrėjų atlikdami tyrimus pastebėjo, kad didelį poveikį išmetamoms emisijoms daro atmosferos slėgis, dėl ko variklis geriau dirba be EGR (Exhaust Gas Recirculation, angl.), o važiuojant automobiliu dideliame aukštyje pailgėja degimo proceso trukmė (Ramos *et al.*, 2016).

Tyrimo įranga ir metodika

Tyrimai atlikti naudojant Vilniaus Gedimino technikos universiteto Transporto inžinerijos fakulteto Vidaus degimo variklių laboratorijoje esančią įrangą (1 pav.). Bandymams naudotas 1,9 TDI (1Z tipo) slėginio uždegimo variklis (1 lentelė), kuris apkrautas elektriniu variklio apkovos įrenginiu KI-5543 (matavimo paklaida ± 1,23 Nm). Degalų sąnaudos matuotos su elektroninėmis svarstyklėmis SK-5000 (matavimo paklaida ± 0,5 g). Įsiurbiamo oro ir išmetamųjų dujų temperatūra matuota naudojant K tipo termoporas (matavimo tikslumas ± 0,5 %). Turbokompresoriaus slėgis matuotas su slėgio davikliu OHM HD 2304,0 (matavimo paklaida ± 0,0002 MPa). Teršalų (CO, CO₂, HC, NO_x) emisijos matuotos deginių analizatoriumi AVL DiCom 4000, dūmingumas matuotas dūmomačiu AVL DiSmoke. Taip pat tyrimo metu buvo matuotas variklio keliamas triukšmas, slėgis cilindre.



1 pav. Tyrimo įrangos schema: 1- variklis; 2 - jungiamasis velenas; 3 - variklio apkrovos plokštė; 4 - įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis už turbokompresoriaus; 5 - EGR vožtuvas; 6 - įsiurbiamo oro slėgio jutiklis; 7 - gražinamų deginių temperatūros jutiklis; 8 - oro srauto masės matuoklė; 9 - įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; 10 - išmetamųjų dujų analizatorius; 11 - dūmingumo analizatorius; 12 - cilindro slėgio įrašymo įranga; 13 - degalų įpurškimo kampo reguliavimo įranga; 14 - degalų įpurškimo momento įrašymo įranga; 15 - variklio sūkių ir apkrovos įrašymo įranga; 16 - išmetamųjų deginių temperatūros jutiklis; 17 - slėgio cilindre jutiklis; 18 - degalų įpurškimo laiko matavimo įranga; 19 - aukšto slėgio degalų siurblys; 20 - degalų talpa; 21 - degalų sąnaudų matavimo įranga; 22 - alkūninio veleno padėties jutiklis; 23 - turbokompresorius; 24 - triukšmomatis

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimas atliekamas siekiant išsiaiškinti dyzelinio variklio veikiančio skirtingai degalais – naftinės kilmės dyzelinu, I ir II kartos biodyzelinu bei jų mišiniais, degalų panaudojimo galimybes, naudojant standartinį dyzelinį variklį ir nustatyti variklio išmetamų teršalų vertes bei degalų sąnaudas.

Tyrimas atliktas naudojant dyzeliną įsigytą degalinėje (šiam darbe žymimi D), grynais I kartos biodegalais, kurie pagaminti iš rapsų metilo esterio (šiam darbe žymimi RME). Šių degalų kokybė atitinka Lietuvos ir Europos (LST EN 14214) standartą. Taip pat tyrime naudoti kompanijos „Neste“ pagaminti grynai II kartos biodegalai NexBTL (šiam darbe žymimi BTL). Bandymai atlikti su 6 skirtingais šių degalų mišiniais (3 lentelė). Kiekvienas bandymas buvo kartojamas 5 kartus, siekiant gauti kuo tikslesnius rezultatus apskaičiuojant vidurkius.

Tyrimas atliktas varikliui veikiant $n = 2000 \text{ min}^{-1}$ sukimosi dažniu, variklį apkraunant $M_e = 60 \text{ Nm}$, $M_e = 90 \text{ Nm}$ ir $M_e = 120 \text{ Nm}$ sukimo momentu. Bandymai atliekami su įjungtu bei išjungtu EGR vožtuvu. Buvo atlikti bandymai ir keičiant degalų įpurškimo paskubos kampą θ nuo -2 iki 18° alkūninio veleno (AV) 2° žingsniu. Šio bandymo metu EGR vožtuvas buvo išjungtas.

Norint tinkamai įvertinti degalų bei jų mišinių poveikį VDV efektyvumui, Klaipėdos universiteto Jūros chemijos tyrimų laboratorijoje buvo atlikti RME, D ir BTL fizikinių bei cheminių savybių tyrimai, kurių duomenys pateikti 2 lentelėje.

1 lentelė

1,9 TDI (1Z tipo) variklio rodikliai

Parametras	Reikšmė
Variklio tipas	Slėginio uždegimo
Oro tiekimas	Pripūtimas ir tarpinis oro aušinimas (0,19 MPa)
Degaus mišinio ruošimo būdas	Vidinis degiojo mišinio susidarymas: tiesioginis degalų įpurškimas (tūrinis degiojo mišinio ruošimas)
Darbinis tūris V_H , cm^3	1896
Variklio galia P_e , kW	66 (4000 min^{-1})
Variklio sukimo momentas M_e , Nm	180 (2500 min^{-1})
Cilindrų skaičius	4
Suslėgimo laipsnis, ϵ	19,5
Stūmoklio eiga S , mm	95,5
Cilindro skersmuo D , mm	79,5
Dujų skirstymas	OHC
Aušinimo sistema	skystinė

2 lentelė

Degalų fizikinės-cheminės savybės

Pavadinimas	RME	D	BTL
Aukštutinis šilumingumas, J/g	40024	45744	47063
Žemutinis šilumingumas, J/g	37431	42825	43580
Ribinė filtruojamumo temperatūra, $^\circ\text{C}$	-14	-31	-40
Ribinė takumo temperatūra, $^\circ\text{C}$	-24	-40	<-50
Dinaminė klampa, 40°C , $\text{mPa}\cdot\text{s}$	3,8673	1,6625	2,2087
Kinematinė klampa, 40°C , cSt	4,4661	2,0388	2,8782
Tankis, 15°C , g/ml	0,8840	0,8332	0,7845
Dinaminė klampa, 15°C , $\text{mPa}\cdot\text{s}$	7,2579	2,8001	4,0414
Kinematinė klampa, 15°C , cSt	8,2103	3,3607	5,1516
Tankis, 40°C , g/ml	0,8659	0,8154	0,7674
Oksidacinis stabilumas, min	31,31	42,98	121,20
Vandens kiekis, % V/V	0,0494	0,0051	0,0030
Tepumas, μm	164	488	302
Pliūpsnio temperatūra, $^\circ\text{C}$	100,0	59,8	87,8
Elementinė sudėtis, H %	11,52	12,69	14,97
Elementinė sudėtis, C %	78,08	87,31	85,03
Elementinė sudėtis, N, S %	Žemiau aptikimo ribos		

3 lentelė

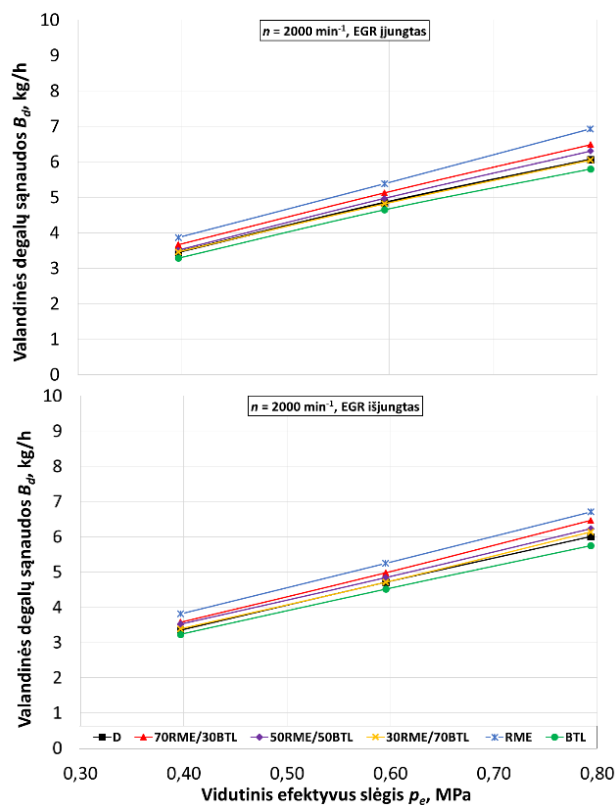
Degalų mišinių žymėjimas

Degalų santykis	Žymėjimas
100 % Dyzelino	D
100 % BTL	BTL
100 % RME	RME
70 % RME – 30 %BTL	70RME/30BTL
50 % RME – 50 %BTL	50RME/50BTL
30 % RME – 70 %BTL	30RME/70BTL

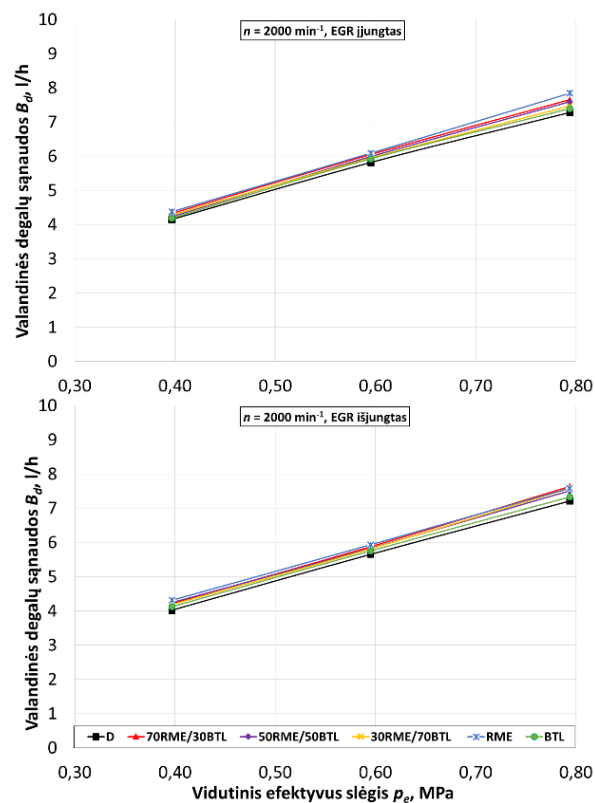
Šaltinis: Klaipėdos universiteto Jūros chemijos tyrimų laboratorija

Variklio energetinių ir ekologinių rodiklių tyrimo rezultatai

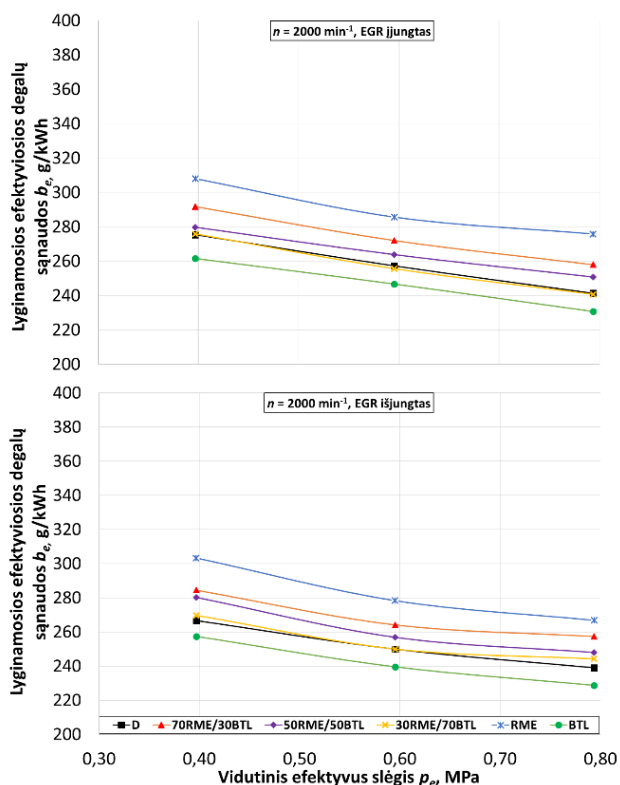
Iš gautų rezultatų (2 pav., 4 pav.) galime pastebėti, kad dėl mažo degalų šilumingumo (2 lentelė) RME degalų valandinės masės sąnaudos yra didžiausios (iki 12,3 % didesnės už D), o naudojant BTL degalus mažiausios (iki 4,2 % mažesnės už D), nes šių degalų žemutinis šilumingumas yra 16,4 % didesnis lyginant su RME ir 1,8 % didesnis už D. Degalų tūrinės sąnaudos mažiausios naudojant degalus D (3 pav., 5 pav.), didžiausios – RME degalus (iki 5,9 % didesnės už D). BTL tūrinės sąnaudos $\sim 1,7$ % didesnės už D. Tokius rezultatus lemia degalų tankis ir šilumingumas. RME degalų tankis yra didžiausias – 6,2 % didesnis už D ir 12,8 % didesnis už BTL, bet RME degalų šilumingumas mažiausias. EGR degalų sąnaudas neženkliai didino. Atlikus tyrimą matome, kad degalų sąnaudoms didelę reikšmę turi naudojamų degalų tankis, šilumingumas ir degimo efektyvumas. Degalų mišinių sąnaudos priklauso nuo RME ir BTL koncentracijos mišinyje.



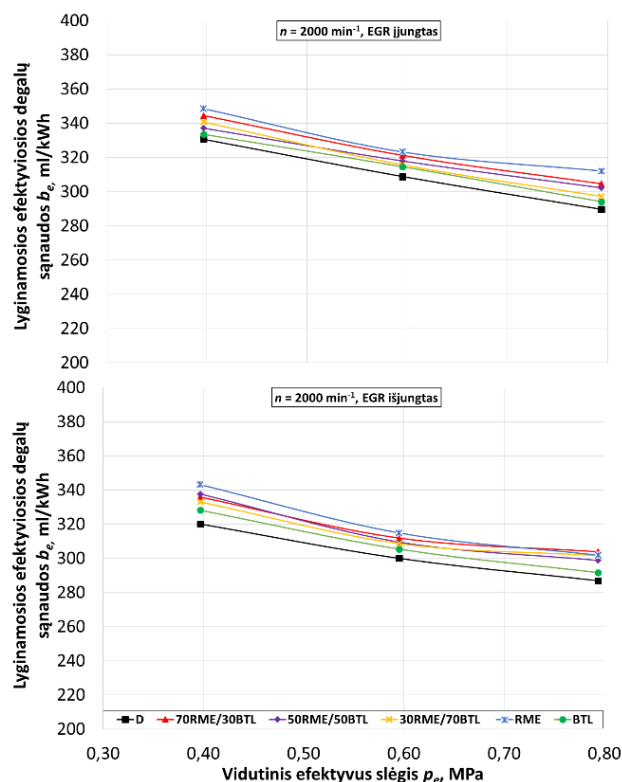
2 pav. Valandinės degalų masės sąnaudos
Šaltinis: sudaryta autorių



3 pav. Valandinės degalų tūrio sąnaudos
Šaltinis: sudaryta autorių



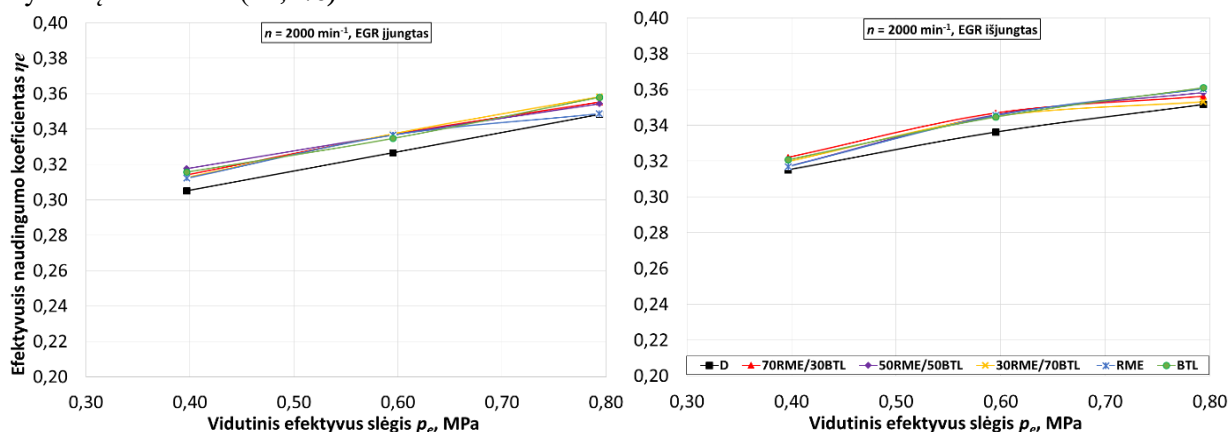
4 pav. Lyginamosios degalų masės sąnaudos
Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Lyginamosios degalų tūrio sąnaudos
Šaltinis: sudaryta autorių

Visų tyrime naudojamų biodyzelino rūšių bei jų mišinių efektyvusis naudingumo koeficientas η_e yra didesnis už D (6 pav.), nes biodyzelinas efektyviau dega, sumažėja dūmingumo ir HC koncentracija (8 pav., 10 pav.). Didžiausias variklio veikimo efektyvumas pasiektas naudojant BTL degalus ir $\sim 2,6\%$ viršija dyzelino efektyvųjį naudingumo koeficientą. Nustatyta, kad siekiant padidinti η_e reikia ankstinti degalų

įpurškimo paskubos kampą iki 12° AV, bet keičiant degalų įpurškimo paskubos kampą nuo 4° AV iki 12° AV išauga visų degalų NO_x emisijos (BTL degalų NO_x koncentracija padidėja 2,3 karto). EGR variklio veikimo efektyvumą neženkiai ($\sim 2,1\%$) mažino.

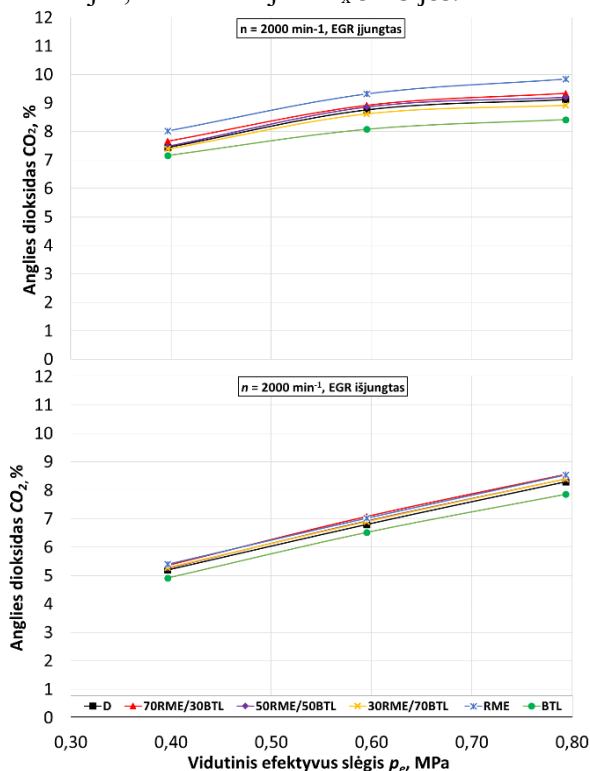


6 pav. Efektyvusis naudingumo koeficientas

Šaltinis: sudaryta autorių

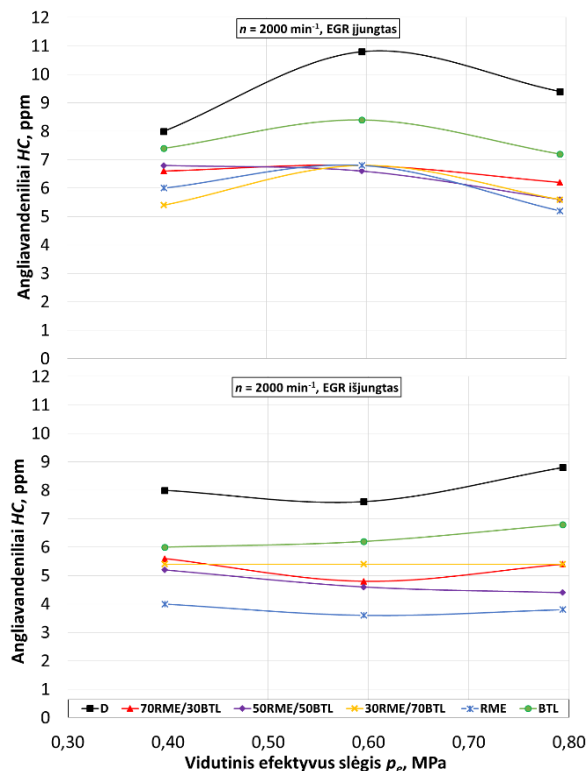
Iš gautų ekologinių rodiklių galime pastebėti, kad, varikliui veikiant visais degalų mišiniais su uždarytu EGR, anglies dioksido (CO_2) emisijų vertės užfiksuotos $\sim 19\%$ mažesnės, nei varikliui veikiant su atidarytu EGR. BTL emisijos, esant uždarytam deginių recirkuliacijos vožtuvui, yra $\sim 4,9\%$ mažesnės už D, RME $\sim 3,3\%$ didesnės už D (7 pav.). Esant atidarytam EGR, BTL emisijos yra $\sim 6,5\%$ mažesnės už D, o RME emisijos $\sim 7,3\%$ didesnės už D. Naudojant BTL CO_2 koncentracija yra mažesnė, nes degaluose yra mažiausias C/H santykis bei mažesnės degalų sąnaudos. Įjungus EGR, cilindre sumažėja deguonies kiekis, krenta degimo temperatūra ir tai blogina angliavandenilių oksidaciją.

Iš gautų HC emisijų rezultatų, galime pastebėti, kad visų biodyzelino mišinių angliavandenilių emisijų vertės yra mažesnės už D (8 pav.), nes, dėl trumpesnės angliavandenilių molekulinės grandinės, angliavandeniliai geriau sudega. Daugiausia HC emisija sumažėja ($\sim 44\%$) naudojant RME degalus. Esant išjungtam EGR, HC emisijų vertės yra $\sim 19,6\%$ mažesnės negu su įjungtu EGR. Iš gautų HC emisijų matome, kad varikliui dirbant su atidarytu EGR ir sumažėjus degimo temperatūrai ženkliai padidėja šių emisijų koncentracijos, bet sumažėja NO_x emisijos.



7 pav. CO_2 koncentracija

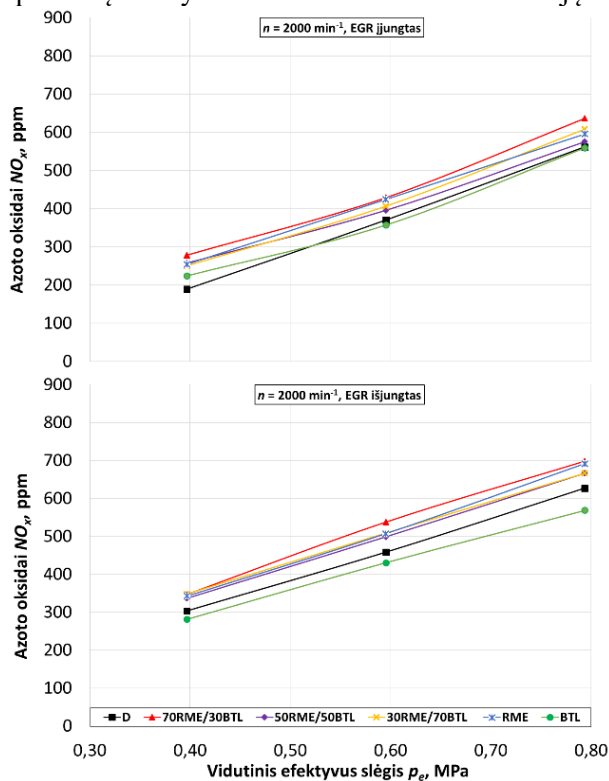
Šaltinis: sudaryta autorių



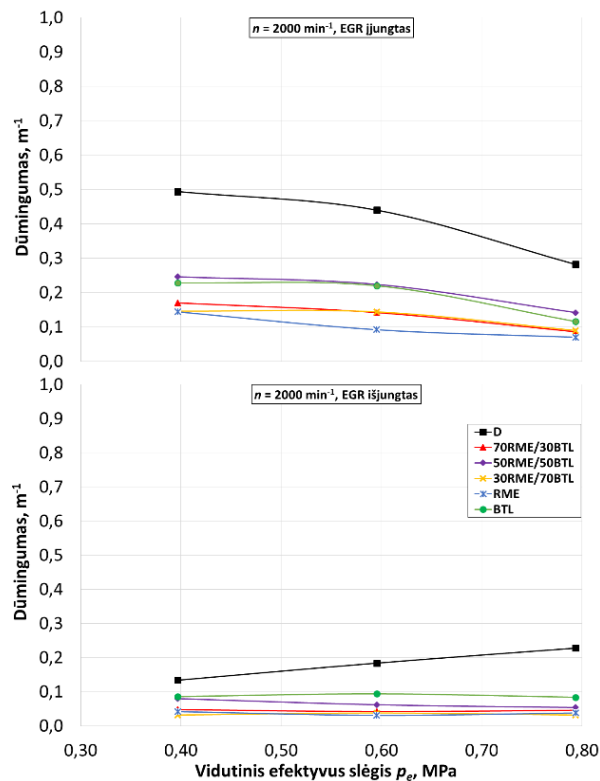
8 pav. HC koncentracija

Šaltinis: sudaryta autorių

NO_x emisijų rezultatai (9 pav.) parodė, kad, varikliui veikiant su uždarytu EGR, BTL degalų NO_x koncentracija yra ~7,9 % mažesnė už D ir ~17 % mažesnė už RME. BTL emisijos mažiausios, nes degalai turi didžiausią CS (2 lentelė), o tai sumažina užsidegimo gaisties periodą bei degimo intensyvumą ir temperatūrą kinetinėje degimo fazėje. Esant atidarytam EGR, BTL NO_x emisija buvo artima D degalų tačiau ~12 % mažesnė už RME. Esant uždarytam EGR visų tyrime naudotų mišinių NO_x emisijos padidėja ~19,6 %. Naudojant RME degalus ar jų mišinius NO_x emisijos išaugo, nes RME sudėtyje esantis deguonis didina degimo temperatūrą ir aktyvina ore esančio azoto oksidaciją.



9 pav. NO_x koncentracija
Šaltinis: sudaryta autorių



10 pav. Dūmingumas
Šaltinis: sudaryta autorių

Didžiausias dūmingumas užfiksuotas naudojant mineralinį dyzeliną (10 pav.). Esant iijungtam EGR mažiausias dūmingumas nustatytas varikliui veikiant RME degalais (~75 % mažesnis už D). BTL degalų dūmingumas yra didesnis, dėl aukšto degalų CS. BTL degalai anksti užsiliepsnoja ir neturi laiko susimaišyti su oru. Esant išjungtam EGR mažiausias dūmingumas buvo naudojant degalų mišinį 30RME/70BTL ir RME degalus (~80 % mažesnis už D). Su išjungtu EGR dūmingumas ~60 % mažesnis nei su iijungtu EGR, nes, iijungus EGR, sumažėjo deguonies koncentracija cilindre bei degimo temperatūra.

Išvados

1. BTL degalų masės sąnaudos iki 4,2 % mažesnės už D, RME degalų masės sąnaudos iki 12,3 % didesnės už D. Pagrindinė degalų masės sąnaudų skirtumo priežastis – BTL žemutinis šilumingumas 16,4 % didesnis lyginant su RME ir 1,8 % didesnis už D.
2. BTL tūrinės sąnaudos ~1,7 % didesnės už D, RME degalų tūrinės sąnaudos iki 5,9 % didesnės už D. Degalų tūrinių sąnaudų skirtumai yra mažesni už degalų masės sąnaudų skirtumus, nes tokius rezultatus kompleksiškai lemia degalų tankis ir šilumingumas bei degimo efektyvumas. RME degalų tankis yra didžiausias – 6,2 % didesnis už D ir 12,8 % didesnis už BTL.
3. Dėl efektyvesnio biodyzelino degimo, šių degalų bei jų mišinių naudingumo koeficientas yra didesnis už D, nors η_e skirtumai yra maži. Efektyviausių BTL degalų η_e ~2,6 % viršija dyzelino efektyvumą. EGR variklio veikimo efektyvumą neženkliai (~2,1%) sumažino, nes sumažėjo deguonies koncentracija degalų mišinyje ir pablogėjo degimas.
4. Naudojant BTL degalus nustatyta mažiausia CO_2 emisija (~6,5 % mažesnės už D), naudojant RME CO_2 emisijos išauga (~7,3 % didesnės už D). Su uždarytu EGR visų degalų CO_2 emisijų vertės užfiksuotos ~19 % mažesnės. Naudojant BTL CO_2 koncentracija yra mažesnė nes degaluose yra mažiausias C/H santykis bei mažesnės degalų sąnaudos.

5. Visų biodyzelino mišinių angliavandenilių emisijų vertės yra mažesnės už D. Ženkiausiai HC emisija sumažėja (~44 %) naudojant RME degalus, nes jų sudėtyje yra deguonies, kuri gerina degimo procesą.

6. BTL degalų NO_x koncentracija yra ~7,9 % mažesnė už D ir ~17 % mažesnė už RME, nes BTL degalai turi didžiausią CS ir tai sumažina užsidegimo gaisties periodą bei degimo intensyvumą ir temperatūrą kinetinėje degimo fazėje. Naudojant RME degalus ar jų mišinius NO_x emisijos išaugo, nes RME sudėtyje esantis deguonis didina degimo temperatūrą ir aktyvina ore esančio azoto oksidaciją. Esant uždarytam EGR visų tyrime naudotų mišinių NO_x emisijos padidėja ~19,6 %.

7. Mažiausias dūmingumas nustatytas naudojant RME degalus ir jų mišinius (~75 % mažesnis už D), nes šie degalai savyje turi deguonies. Nors BTL degalų C/H santykis yra mažiausias, šių degalų dūmingumas yra didesnis, nes, dėl aukšto CS, BTL degalai anksti užsiliepsnoja ir neturi laiko susimaišyti su oru. Su įjungtu EGR dūmingumas ~60 % didesnis dėl sumažėjusios deguonies koncentracijos cilindre bei degimo temperatūros.

Literatūra

1. Aatola, H.; Larmi, M.; Sarjovaara, T.; Mikkonen, S. 2008. Hydrotreated Vegetable Oil (HVO) as a Renewable Diesel Fuel: Trade-off between NO_x, Particulate Emission, and Fuel Consumption of a Heavy Duty Engine. *SAE Technical Paper*: 2008-01-2500.
2. Mancaruso, E.; Sequino, L.; Vaglieco, B. M. 2013. GTL (Gas To Liquid) and RME (Rapeseed Methyl Ester) combustion analysis in a transparent CI (compression ignition) engine by means of IR (infrared) digital imaging. *Energy*. 58: 185–191.
3. Ramos, A.; García-Contreras, R.; Armas, O. 2016. Performance, combustion timing and emissions from a light duty vehicle at different altitudes fueled with animal fat biodiesel, GTL and diesel fuels. *Applied Energy*. 18: 507–517.
4. Singer, A.; Schröder, O.; Pabst, C.; Munack, A.; Bünger, J.; Ruck, W.; Krah, J. 2015. Aging studies of biodiesel and HVO and their testing as neat fuel and blends for exhaust emissions in heavy-duty engines and passenger cars. *Fuel*. 153: 595–603.
5. Singh, D.; Subramanian, K. A.; Singal, S.K. 2015. Emissions and fuel consumption characteristics of a heavy duty diesel engine fueled with Hydroprocessed Renewable Diesel and Biodiesel. *Applied Energy*. 155: 440–446.
6. Europos komisija, 2011. *Baltoji knyga*. [interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. balandžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex%3A52011DC0144>
7. Lietuvos energetikos institutas, 2010. *Biodegalai*. [interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. balandžio 4 d.]. Prieiga per internetą: http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodegalai_galut.pdf
8. Neste Corporation, 2016. *Neste Renewable Diesel Handbook*. [interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. balandžio 4 d.]. Prieiga per internetą: https://www.neste.com/sites/default/files/attachments/neste_renewable_diesel_handbook.pdf

RESEARCH OF THE FIRST GENERATION AND SECOND GENERATION BIODIESEL MIXTURES USAGE EFFICIENCY IN COMPRESSION IGNITION ENGINES

Summary

This paper analyzes the ecological and energy efficiency of petroleum diesel, first (I) generation biodiesel (RME - Fatty Acid Methyl Esters), second (II) generation biodiesel (BTL - Biomass to liquid) and their mixtures usage in compression ignition engines. The I and II generation biodiesel production technologies, the advantages and disadvantages of these fuels are overviewed. The paper describes the research methodology, the results obtained during the test are presented: hourly fuel masses and volumes costs, comparative effective fuel masses and volumes costs, effective utility coefficient, emissions (CO₂, HC ir NO_x) concentration and smoke. The analysis of the research results is performed, conclusions are presented.

Key words: RME, BTL, pollutants, efficiency.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

STOJANČIŲJŲ Į KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJĄ DEMOGRAFINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS

Tatjana Sokolova, Valdas Speičys, Vida Palaimienė, Vida Rainienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje analizuojama Lietuvos demografinė padėtis, pateikiama statistinė informacija apie Lietuvos gyventojų demografinę raidą, įvertinama demografinių pokyčių įtaka studentų skaičiaus mažėjimui. Remiantis atlikto stojančiųjų į Kauno technikos kolegiją demografinių rodiklių tyrimo rezultatais, straipsnyje aptariama demografinių pokyčių įtaka studentų studijų pasirinkimui Kauno technikos kolegijos Automobilių techninio eksploatavimo (ATE), Medžiagų apdirbimo inžinerijos (MAI), Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo (OMTE) studijų programose, pateikiama šio tyrimo rezultatų analizė, išvados ir rekomendacijos.

Reikšminiai žodžiai: demografija, demografiniai rodikliai, statistiniai duomenys, emigracija.

Ivadas

Jau ne pirmą dešimtmetį Lietuva susiduria su didele problema – gyventojų skaičiaus mažėjimu. Viena problema visada iššaukia ir visą eilę kitų problemų – didėja ekonominiai iššūkiai, gilėja problemos socialinės apsaugos, švietimo sistemose. Nuo 1990 metų iki 2018 metų demografinė situacija Lietuvoje tik blogėja: mažėja gimstamumas, didėja gyventojų senėjimo procesai, intensyvėja jaunimo emigracija. Autoriaus S. Vaitiekūno teigimu, „blogėjanti demografinė situacija yra vienas pagrindinių veiksnių, ribojančių Lietuvos ūkio plėtrą“¹. Demografinius procesus tyrinėjusių autorių V. Stankūnienės ir M. Baublytės manymu, Lietuvos demografinė padėtis prie pastarąjį ketvirtį amžiaus keičiasi gana intensyviai ir spartus gyventojų skaičiaus mažėjimas, struktūriniai amžiaus pokyčiai, kuria pamatines prielaidas sparčiam demografiniam nykimui iki šio amžiaus vidurio ir net tolimesnėje perspektyvoje².

Demografinė padėtis Lietuvoje, be abejo, įtakoja ir studentų skaičių aukštosiose mokyklose, jų pasiskirstymą atskiruose regionuose. Jaunimo emigracija yra viena iš didžiausių mūsų valstybės rūpesčių ir pagrindinė nuolatinių gyventojų skaičiaus mažėjimo priežastis.

Lietuvos demografinės padėties problematika yra aktuali ir nuolat tyrinėjama daugelio autorių, tačiau įdomu pažvelgti, kokie pokyčiai juntami konkrečioje mokymo institucijoje, kokios yra perspektyvos ir galimybės išvengti šio demografinio proceso padarinių, ar bent juos sumažinti, kokių patrauklių ir reikalingų Lietuvos ūkio plėtrai studijų programų reikia mokymo institucijoje, kad studentai norėtų likti ir tęsti studijas Lietuvoje. Todėl šiame straipsnyje pateikiama stojančiųjų į Kauno technikos kolegiją demografinių rodiklių tyrimo rezultatų analizė Lietuvoje vykstančių demografinių pokyčių kontekste.

Tyrimo problema: kaip Lietuvos demografinė padėtis įtakoja studentų skaičių Kauno technikos kolegijos Automobilių techninio eksploatavimo (ATE), Medžiagų apdirbimo inžinerijos (MAI), Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo (OMTE) studijų programose.

Tyrimo tikslas: išanalizuoti, Lietuvos demografinių pokyčių įtakoje stojančiųjų į Kauno technikos kolegijos ATE, MAI, OMTE studijų programas, studentų demografinius rodiklius.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti demografinę padėtį Lietuvoje per pastaruosius dešimtmečius.
2. Aptarti studentų pasiskirstymą ATE, MAI, OMTE studijų programose remiantis vietos, amžiaus ir lyties demografiniais rodikliais.
3. Įvertinti Lietuvos demografinių pokyčių įtaką studentų studijų pasirinkimui Kauno technikos kolegijos ATE, MAI, OMTE studijų programose.

Tyrimo objektas – stojančiųjų į KTK demografinių rodiklių tyrimas.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizės, sisteminės analizės, lyginamosios analizės, statistinis, apibendrinimo.

¹ Vaitiekūnas S. Lietuvos gyventojų skaičiaus kaita ir priežastys nepriklausomybės laikotarpiu. Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/objects/LTLDB0001:J.04~2002~1368040754530/datastreams/DS.002.0.01.ART/IC/content>

² Stankūnienė V., Baublytė M. Lietuvos demografinė situacija: galimybės atgimti. Prieiga per internetą: <http://www.vdu.lt/lt/lietuvas-demografine-situacija-galimybes-atgimti/>

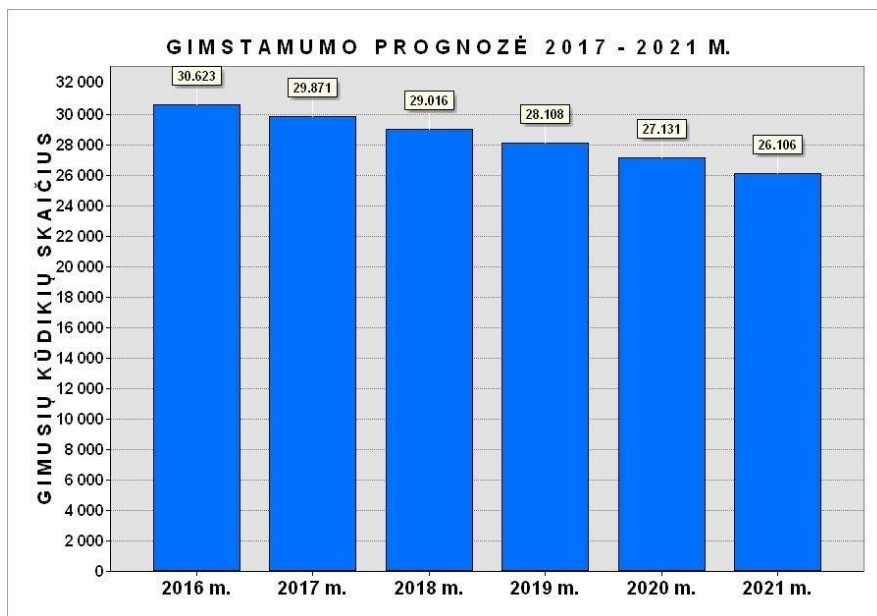
Lietuvos demografinė padėtis

Demografija - (gr. *demos* - žmonės, žmonija; *chia* - gyventojai + *grapho* - rašau) - mokslas, tiriantis gyventojų sudėtį, kiekybinius ir kokybinius jos struktūros kitimus tam tikromis istorinėmis sąlygomis³. Lietuvos demografinės padėties analizei nuolat skiriamas didelis dėmesys. Tuo labiau, kad pastaruoju metu ši padėtis sąlygoja gana daug problemų, verčia ieškoti būdų joms spręsti.

Lietuvos demografiniai pokyčiai yra nuolat tyrinėjami. Autorė Vitalija Stravinskienė tyrinédama 1944-1989 metų demografinius pokyčius, remiasi L. Truskos tyrinėjimo darbais, kuriuose jis vėlyvąjį sovietmetį įvardijo kaip Lietuvos demografinės raidos „aukso amžių“, nes tuo metu gyventojų skaičius pasiekė beveik 3,7 mln. ribą⁴.

„Nuo 1992 m., kai gyventojų skaičius Lietuvoje pasiekė maksimumą – 3 706 299, iki 2018 m. gyventojų Lietuvoje sumažėjo jau 23 procentais, ir 2017 m. sausio 1 d. siekė 2 847 904. Per 25 metus Lietuva neteko jau 858 935 gyventojų, arba maždaug tiek, kiek šiuo metu gyvena Vilniuje ir Kaune kartu sudėjus. 2011-2014 m. laikotarpiu gyventojų skaičius mažėjo vis lėtesniu tempu, deja, nuo 2015 m. ėmė vėl mažėti sparčiau: 2015 m. gyventojų sumažėjo 1,12 proc., 2016 m. – 1,41 proc. (vidutinis metinis gyventojų skaičiaus pokytis 1992-2017 m. laikotarpiu buvo -1,08 proc.)“⁵.

Vilniaus universiteto Geografijos ir kraštotvarkos katedros docentas Rolandas Tučas, atlikęs prognostinį Lietuvos gyventojų kaitos 2017-2021 m. laikotarpyje tyrimą, išsiaiškino, kad Lietuvai gresia nauja demografinė krizė – kitais metais bus fiksuotas mažiausias gimusių kūdikių skaičius per pastaruosius 60 metų (1 pav.).



1 pav. Gimstamumo prognozė

Šaltinis: Tučas R. Lietuvos gyventojų amžiaus demografinės struktūros kaitos prognozė 2017 – 2021 m. Prieiga per internetą:

https://www.smm.lt/uploads/documents/naujienos/kalbos_pranesimai/Tucas_R_Demografines_proгноzes_SMM_2018_01_18.pdf

Taip pat autorius, remdamasis atliktu tyrimu, prognozuoja, kad per artimiausius penkerius metus darbingo amžiaus žmonių sumažės net 95 proc. savivaldybių⁶.

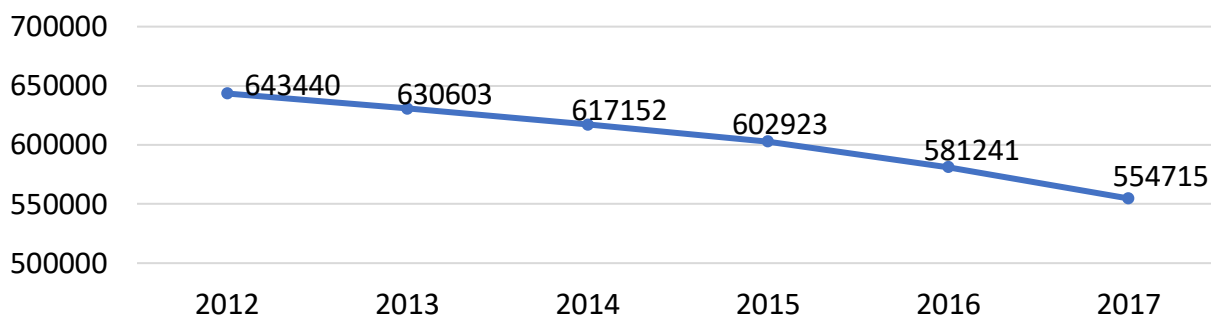
³ Žodžio reikšmė. Prieiga per internetą: <http://www.lietuviuzodynas.lt/terminai/Demografija>

⁴ Stravinskienė V. Demografiniai pokyčiai Lietuvoje 1944-1989 m. (statistinis aspektas). *Istorija/History*, 2016, t. 103, Nr.3, p.27-50.

⁵ Gyventojų skaičius Lietuvoje 1992-2018 m. Prieiga per internetą: <http://mapiozjai.lt/lietuvas-zemelapiai/gyventoju-skaicius-lietuvoje-1992-2018-m/>

⁶ Tučas R. Lietuvos gyventojų amžiaus demografinės struktūros kaitos prognozė 2017 – 2021 m. Prieiga per internetą: https://www.smm.lt/uploads/documents/naujienos/kalbos_pranesimai/Tucas_R_Demografines_proгноzes_SMM_2018_01_18.pdf

Remiantis Jaunimo reikalų departamento duomenimis (2 pav.), galima pastebėti, kad jaunų žmonių nuo 14 iki 29 metų amžiaus skaičius smarkiai mažėja. Vidutiniškai per metus Lietuvoje sumažėja apie 20 000 jaunų žmonių, paskutiniaisiais atlikto skaičiavimo metais (2017 m.) šis skaičius siekia net 26 526.



2 pav. 14 – 29 m. jaunimo skaičiaus dinamika.

Šaltinis: Jaunimo reikalų departamentas. Prieiga per internetą: <http://www.jrd.lt/jaunimo-statistiniai-duomenys>

Gyventojai yra svarbiausi kiekvienos šalies ištekliai, šalies ekonominės galios pagrindas. Jaunų žmonių skaičiaus mažėjimas yra viena iš priežasčių, sustabdžiusių gyventojų skaičiaus augimą ir, tuo pačiu, pabloginusiu Lietuvos ekonominę padėtį. Tai yra vientisa grandinė: jauni žmonės, santuoka, šeima, gimstamumas. Lietuvos ekonominė padėtis verčia jaunimą emigruoti, dalis jaunų žmonių pirmenybę teikia išsimokslinimui, karjerai, ekonominio gerbūvio užsitikrinimui ir šeimos kūrimą atideda vėlesniam laikui.

Pasitelkus Lietuvos statistikos departamento (LSD) duomenis, galima apžvelgti ir kolegijų studentų skaičių pagal atskirus Lietuvos regionus (1 lentelė). Pateikti duomenys rodo, kad jaunų žmonių skaičiaus mažėjimas Lietuvoje tiesiogiai įtakoja ir studijuojančių kolegijose skaičių. Nuo 2012 iki 2017 metų kolegijose sumažėjo 8114 studentų. Daugiausiai jų liko iš Vilniaus ir Kauno apskričių, tuo tarpu, iš Telšių apskrities neliko nė vieno, kai 2012 metais iš šios apskrities studijavo kolegijose 999 studentai.

1 lentelė

Kolegijų studentai

		Kolegijų studentai asmenys ^{1,2}				
		2012-2013	2013-2014	2014-2015	2015-2016	2016-2017
Vyrų ir moterų	Lietuvos Respublika	45 685	43 550	41 485	39 772	37 571
	Vilniaus apskritis	16 010	15 432	14 869	14 373	13 786
	Alytaus apskritis	1 040	942	911	835	798
	Kauno apskritis	11 197	10 972	10 582	10 579	10 257
	Klaipėdos apskritis	7 460	7 180	6 680	6 243	5 879
	Marijampolės apskritis	1 259	1 076	982	922	811
	Panevėžio apskritis	1 938	1 794	1 641	1 522	1 423
	Šiaulių apskritis	3 473	3 258	3 063	2 706	2 680
	Tauragės apskritis	182	156	149	122	128
	Telšių apskritis	999	827	748	629	-
	Utenos apskritis	2 169	1 939	1 889	1 868	1 841
Vyrų	Lietuvos Respublika	20 587	19 625	18 771	18 377	17 301
Moterys	Lietuvos Respublika	25 098	23 925	22 714	21 395	20 270

Šaltinis: Statistinių rodiklių analizė. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=e7339206-858d-43de-ad93-f12ca772590c#/>

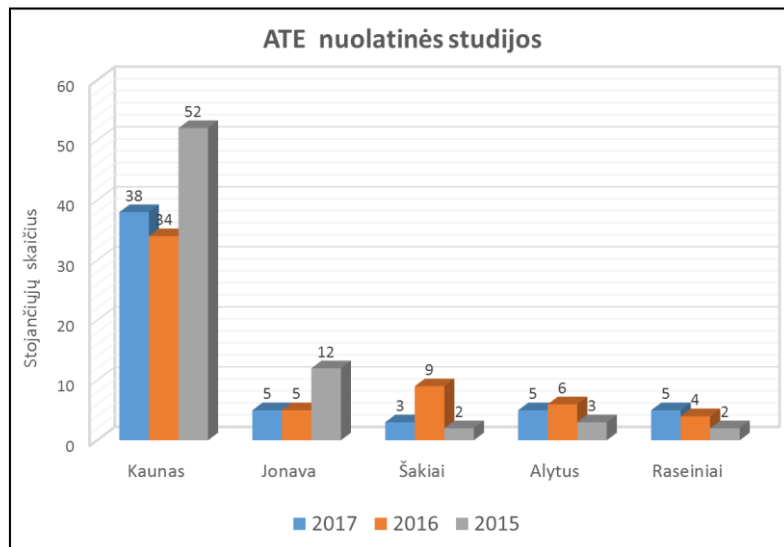
Stojančiųjų į Kauno technikos kolegiją demografinių rodiklių tyrimo rezultatų analizė

Remiantis bendrais Lietuvos demografiniais pokyčiais, šiame straipsnyje apžvelgiamas Kauno technikos kolegijos (toliau KTK) studentų pasiskirstymas atskirose studijų programose pagal vietas, amžiaus

ir lyties demografinius rodiklius. Tyrimui pasirinktos trys studijų programos, kurios vykdomos Transporto ir mechanikos inžinerijos studijų krypties departamente: Automobilių techninis eksploatavimas (toliau ATE), Medžiagų apdirbimo inžinerija (toliau MAI) ir Orlaivių mechanizmų techninis eksploatavimas (toliau OMTE).

Rezultatų apibendrinimui buvo naudojami studentų stojimo duomenys į KTK nuolatinės studijas 2015 – 2017 m. ir stojimo į ištęstines studijas 2014 – 2017 m.

Tyrimo metu nustatyta, kad yra populiariausia, sulaukusi daugiausiai stojančiųjų dėmesio programa yra **Automobilių techninis eksploatavimas (ATE)**. Nuolatinės studijas šioje programoje pasirinko: 2015 m. – 128 studentai, 2016 m. – 123 studentai, 2017 m. – 109 studentai. Regionai, iš kurių daugiausiai stojančiųjų į ATE nuolatinių studijų programą 2015 – 2017 m. atvyko studijuoti, tai – Kaunas, Jonava, Šakiai, Alytus, Raseiniai. Iš kitų regionų sulaukiama studentų mažesnio dėmesio, bet jis gana įvairus: Prienų – 8, Kretingos – 6, Klaipėdos – 4, Panevėžio – 4, Marijampolės – 4, Vilkaviškio – 4, iš kitų rajonų stojo pavieniai studentai. Į nuolatinės studijas pagrįdė stojo šios amžiaus grupės: 18 – 23 m. - 2015 m., 2016 m. po 110 studentų; 2017 m. – 108 studentai ir 24 – 29 m. – 2015 m. – 18 studentų; 2016 m. – 13 studentų. Stojančiųjų tarpe buvo tik šešios merginos (3 pav.).



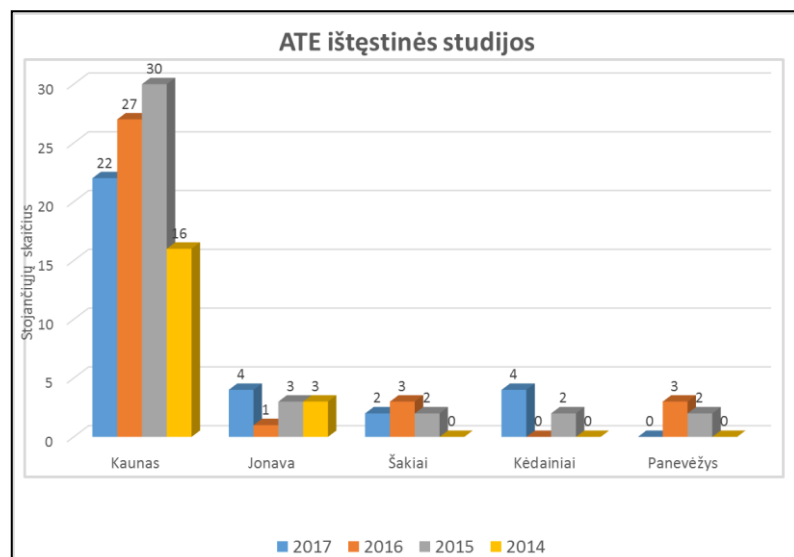
3 pav. ATE studijų programa (nuolatinės studijos, 2015 – 2017 m.)

Ištęstines studijas į ATE studijų programą pasirinko: 2014 m. – 30 studentų, 2015 m. – 53 studentai, 2016 m. – 58 studentai, 2017 m. – 43 studentai. Regionai, iš kurių daugiausiai stojančiųjų į ATE ištęstinių studijų programą 2014 – 2017 m.: Kauno, Jonavos, Šakių, Kėdainių, Panevėžio. Nemažo dėmesio ši programa sulaukė iš: Vilniaus – 5, Alytaus – 5, Prienų – 4, iš kitų rajonų stojo pavieniai studentai. Ištęstinių ATE programos studijų pirmakursių tarpe vyraavo šios amžiaus grupės: 18 – 23 m. – 80 studentų, 24 – 29 m. – 80 studentų. Studijuoti šią programą pasirinko trys moterys (4 pav.).

Nors demografiniai rodikliai Lietuvoje rodo jaunimo skaičiaus mažėjimą, tuo pačiu, ir studentų skaičiaus mažėjimą, tačiau Kauno technikos kolegija sėkmingai įveikia demografinius iššūkius ir MOSTA tyrimų duomenimis yra vienintelė valstybinė kolegija, turinti teigiamą stojančiųjų studentų pokytį. Pagal bendrojo priėmimo metu su aukštosiomis mokyklomis pasirašytų studijų sutarčių skaičių į aukštąsias mokyklas, Automobilių techninio eksploatavimo (ATE) programa yra penktoje vietoje.⁷

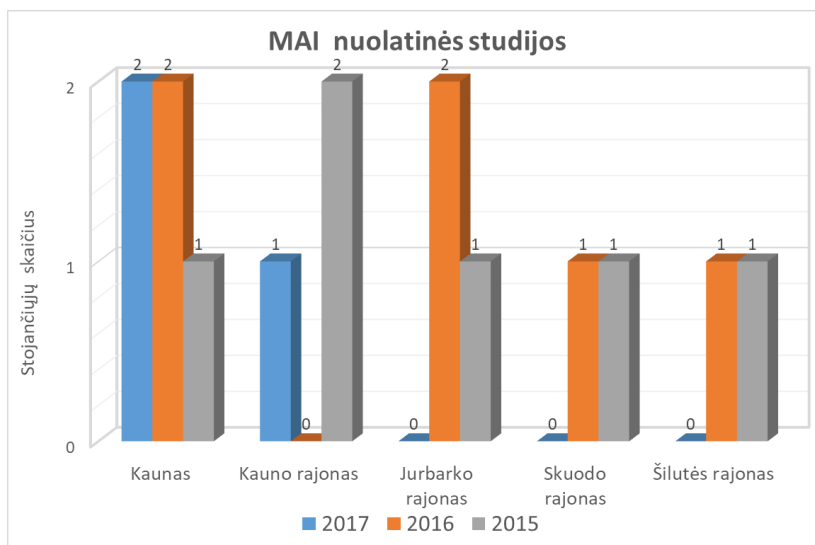
⁷ Bendrojo priėmimo į Lietuvos aukštąsias mokyklas rezultatai. Prieiga per internetą:

<https://www.smm.lt/uploads/documents/studijos/2017%20bendrojo%20pri%C4%97mimo%20rezultatai.pdf>



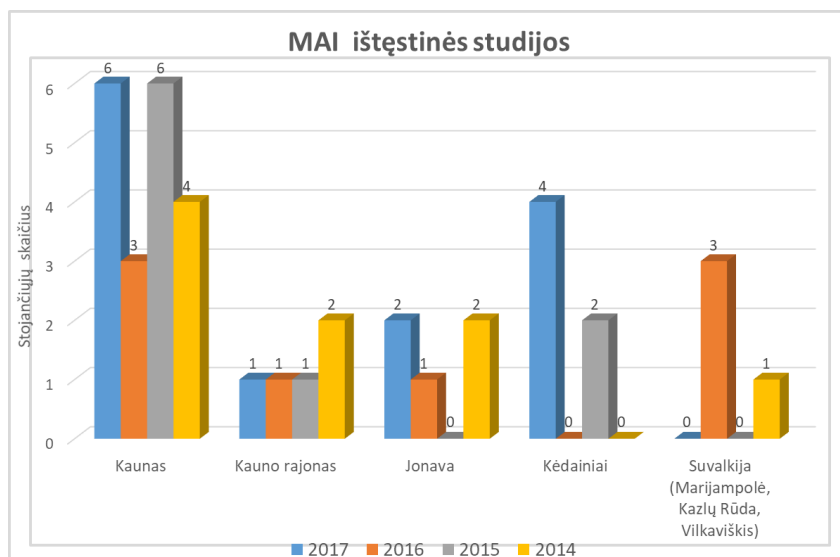
4 pav. ATE studijų programa (ištęstinės studijos, 2014 – 2017 m.)

Analizuojant 2015 – 2017 m. studentų stojimą į **Medžiagų apdirbimo inžinerijos (MAI)** nuolatinį studijų programą buvo nustatyta, kad daugiausiai į šią specialybę stoja studentai iš Kauno miesto ir Kauno rajono. Iš kitų rajonų (Jurbarko, Skuodo, Šilutės bei kitų vietovių) stojo tik pavieniai studentai. Į nuolatinės studijas stojo 18 – 20 metų amžiaus studentai, t. y. tais pačiais metais baigę vidurinę mokyklą. Vyresnio amžiaus (23-28 m. bei 28-33 m.) buvo tik pavieniai stojantieji. Stojančiųjų tarpe buvo tik viena mergina, kiti – vaikinai (5 pav.).



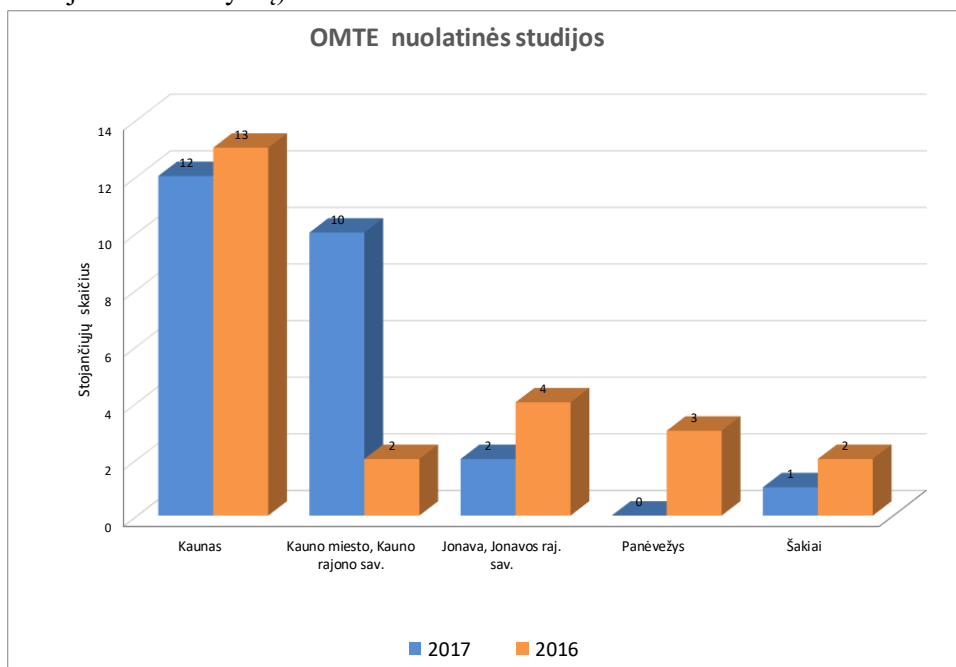
5 pav. MAI studijų programa (nuolatinės studijos, 2015 – 2017 m.)

Analizuojant 2014 – 2017 m. studentų stojimą į MAI ištęstinių studijų programą buvo nustatyta, kad, kaip ir nuolatinėse studijose, daugiausiai į šią specialybę stoja studentai iš Kauno miesto ir Kauno rajono. Iš kitų vietovių (Jonavos, Kėdainių ir Suvalkijos – Marijampolės, Kazlų Rūdos, Vilkaviškio bei kitų vietovių) stojo tik pavieniai studentai. Ištęstinių studijų pirmo kurso studentų tarpe vyraavo amžius nuo 20-23 m. bei nuo 23 - 28 metų. Jaunesnio amžiaus studentai (18-20 m.) buvo įstoję tik 2014 metais. Į šias studijas stoja ir vyresnio amžiaus (nuo 28 iki 48 metų) studentai. Visi stojantieji į šios specialybės ištęstines studijas buvo vyrai (6 pav.).



6 pav. MAI studijų programa (ištestinės studijos, 2014 – 2017 m.)

Analizuojant studentų stojimo rezultatus į antrus metus vykdomą **Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo (OMTE)** studijų programą (nuolatinėse studijose), matyti, kad nuo 2016 m. iki 2017 m. šias studijas pasirinko 88 studentai. 7 paveiksle pateikiamas OMTE studijų programos nuolatinės studijų studentų pasiskirstymas pagal gyvenamąją vietą. Didžioji studentų dalis, 2016 m. pasirinkusiųjų OMTE studijų programą, atvyko iš Kauno miesto – 13 studentų, iš Jonavos ir Jonavos rajono savivaldybės – 4 studentai, iš Panevėžio atvyko 3 studentai, iš Šakių, Kauno rajono, Elektrėnų, Joniškio savivaldybių atvyko po 2 studentus. Iš kitų vietovių (Akmenės, Jurbarko, Kaišiadorių, Pakruojo, Radviliškio rajonų savivaldybių, Šiaulių miesto ir Marijampolės savivaldybių, Mažeikių, Vilniaus) stojo tik pavieniai studentai. 2017 m. didžioji studentų dalis atvyko iš Kauno – 12 studentų, iš Kauno miesto ir Kauno rajono savivaldybių – 10 studentų, iš Jonavos ir Jonavos rajono savivaldybių – 3 studentai. Pavieniai studentai stojo iš kitų vietovių (Šakių, Anykščių, Kėdainių, Kelmės, Radviliškio, Tauragės miestų, Alytaus, Šiaulių, Elektrėnų, Klaipėdos, Plungės, Rokiškio, Šalčininkų, Šilutės rajono savivaldybių).

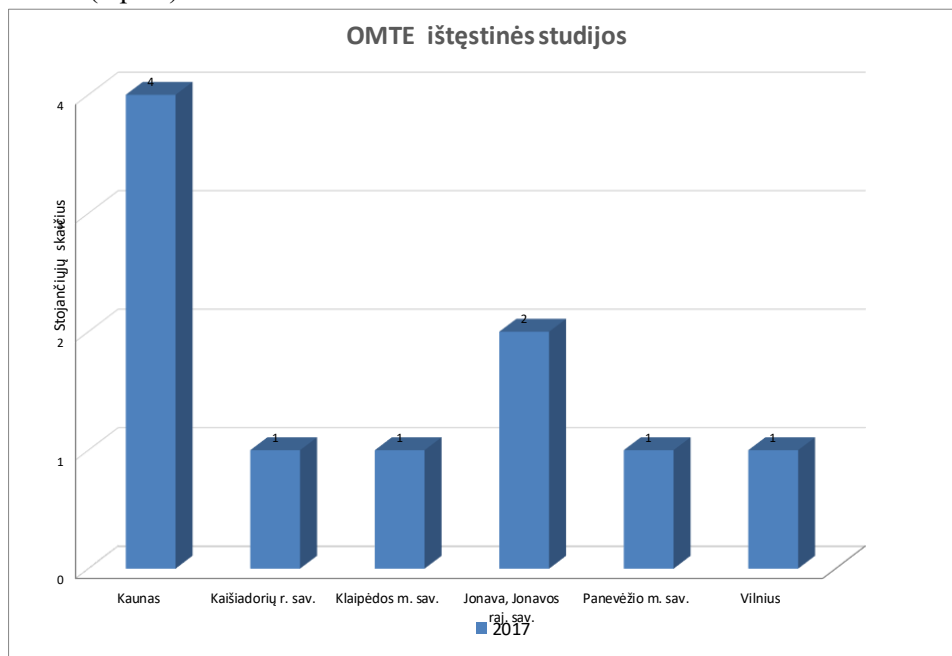


7 pav. OMTE studijų programa (nuolatinės studijos, 2016 -2017 m.)

Dažniausiai, šią studijų programą 2016 m. rinkosi jauni žmonės, kurie patenka į tris amžiaus grupes: 18 – 23 m. (37 studentai), 24 – 29 m. (1 studentas) ir 30 – 35 m. (1 studentas). Visi pasirinkę šią studijų programą buvo vyrai. 2017 m. stojimo rezultatai parodė, kad 46 studentai pateko į dvi amžiaus grupes: 18 – 23 m. (46

studentai) ir 3 studentai priklausė 24 – 29 m. amžiaus grupei. OMTE studijų programą pasirinko 47 vyrai ir 2 moterys.

Ištęstinės OMTE studijų programos studijos vyksta tik nuo 2017 m. Jas pasirinko 10 studentų. Atlikus studentų pasiskirstymo pagal gyvenamąją vietą, tyrimą, paaiškėjo, kad didžioji studentų dalis atvyko iš Kauno (4 studentai) ir Jonavos bei Jonavos rajono savivaldybės – 2 studentai, o kitų studentų pasiskirstymas pagal gyvenamąją vietą yra vienodas. Po 1 studentą atvyko iš Kaišiadorių, Klaipėdos ir Panevėžio miesto savivaldybės, Vilniaus (8 pav.).



8 pav. OMTE studijų programa (ištęstinės studijos, 2017 m.)

Ištęstines orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programą pasirinko vyrai, kurie priklauso dviem amžių grupėm: 18 – 23 m. (7 studentai), 24 – 29 m. (3 studentai).

Išvados:

1. Nuolatinį gyventojų skaičiaus mažėjimą nuo 1990 metų lemia pasikeitusios politinės ir ekonominės sąlygos. Pablogėjusi ekonominė situacija sudarė prielaidas gyventojų emigracijai į Vakarų valstybes. Tai sumažino bendrą gyventojų skaičių ir lėmė jaunų žmonių skaičiaus mažėjimą Lietuvoje. Jaunų žmonių skaičiaus mažėjimas yra viena iš priežasčių, sustabdžiusių gyventojų skaičiaus augimą, kadangi sumažėjo santuokų, jaunų šeimų skaičius, sąlygojantis gimstamumo mažėjimą. Be to, dalis jaunų žmonių pirmenybę teikia išsimokslinimui, karjerai, ekonominio gerbūvio užsitikrinimui ir šeimos kūrimą atideda vėlesniam laikui.

2. Remiantis atlikto stojančiųjų į Kauno technikos kolegiją demografinių rodiklių tyrimo rezultatais, galima daryti išvadą, kad studijuojančių ATE, MAI, OMTE studijų programose studentų daugiausiai atvyksta iš Kauno, Jonavos, Šakių regionų. Amžiaus rodiklis rodo, kad studijas visose analizuotose programose daugiausia renkasi 18 – 23 m. studentai, pagal lytį – dauguma studijuojančiųjų yra vyrai.

3. Nors demografiniai pokyčiai ir jų keliamos problemos daro įtaką Lietuvos kolegijų studentų skaičiui, tačiau Kauno technikos kolegijos ATE, OMTE studijų programose studijuojančių studentų skaičius auga. Kolegija sėkmingai įveikė demografinius iššūkius ir yra vienintelė valstybinė kolegija, turinti teigiamą stojančiųjų studentų pokytį. Pagal bendro priėmimo į aukštąsias mokyklas duomenis, tarp didžiausių studentų skaičių surinkusių studijų programų yra Automobilių techninio eksploatavimo (ATE) programa, užimanti penktąją vietą. Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo (OMTE) programa vykdoma antrus metus, pasirinkusių šią programą studentų skaičius taip pat auga: 2016 m. – 39, o 2017 m. – 59 studentai. MAI studijų programos tyrimo rezultatų analizė rodo, kad jaunimo motyvavimui ir pritraukimui studijuoti šioje studijų programoje reikėtų skirti papildintą dėmesį.

Literatūra

1. Bendrojo priėmimo į Lietuvos aukštąsias mokyklas rezultatai. Prieiga per internetą: <https://www.smm.lt/uploads/documents/studijos/2017%20bendrojo%20pri%C4%97mimo%20rezultatai.pdf>
2. Gyventojų skaičius Lietuvoje 1992-2018 m. Prieiga per internetą: <http://mapiozjai.lt/lietuvs-zemelapiai/gyventoju-skaicius-lietuvoje-1992-2018-m/>
3. Jaunimo reikalų departamentas. Prieiga per internetą: <http://www.jrd.lt/jaunimo-statistiniai-duomenys>
4. Rodiklių duomenų bazė. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=e7339206-858d-43de-ad93-f12ca772590c#/>
5. Stravinskienė V. Demografiniai pokyčiai Lietuvoje 1944-1989 m. (statistinis aspektas). Istorija/History, 2016, t. 103, Nr.3, p.27-50.
6. Stankūnienė V., Baublytė M. Lietuvos demografinė situacija: galimybės atgimti. Prieiga per internetą: <http://www.vdu.lt/lt/lietuvs-demografinė-situacija-galimybės-atgimti/>
7. Statistinių rodiklių analizė. Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/statistiniu-rodikliu-analize?hash=e7339206-858d-43de-ad93-f12ca772590c#/>
8. Tučas R. Lietuvos gyventojų amžiaus demografinės struktūros kaitos prognozė 2017 – 2021 m. Prieiga per internetą: https://www.smm.lt/uploads/documents/naujienos/kalbos_pranesimai/Tucas_R_Demografinės_prognozės_SMM_2018_01_18.pdf
9. Vaitiekūnas S. Lietuvos gyventojų skaičiaus kaita ir priežastys nepriklausomybės laikotarpiu. Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/objects/LT-LDB-0001:J.04~2002~1368040754530/datastreams/DS.002.0.01.ARTIC/content>
10. Žodžio reikšmė. Prieiga per internetą: <http://www.lietuviuzodynas.lt/terminai/Demografija>

RESEARCH OF DEMOGRAPHIC INDICATORS OF APLICANTS TO KAUNAS TECHNICAL COLLEGE

Summary

The article analyses the demographic situation in Lithuania, presents statistical information on the demographic development of the Lithuanian population, and assesses the impact of demographic changes on the decrease of the number of students. On the basis of the results of the demographic survey of the applicants to Kaunas Technical College, the article discusses the influence of demographic changes on the choice of students' studies at Automobile technical maintenance, Aircraft mechanism technical maintenance, Material processing engineering study programmes, provides an analysis of the results of the research, conclusions and recommendations.

Keywords: demographics, demographic indicators, statistical data, emigration.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tatjana Sokolova

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninė inžinerija, marketingo tyrimai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 677 03782, tatjana.sokolova@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Valdas Speičys

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: gamybos technologijos, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 653 25543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vida Palaimienė

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: psichologija, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: : +370 615 87652, vida.palaimiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vida Rainienė

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Transporto ir mechanikos inžinerijos krypties studijų programų departamento lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: teisė, švietimas

Telefonas ir el. pašto adresas: : +370 610 40380, vida.rainiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Tatjana Sokolova

Science degree and name: doctor of technological sciences

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Transport and mechanic engineering study field study program department, lecturer

Author's research interests: mechanical engineering, marketing research

Telephone and e-mail address: +370 677 03782, tatjana.sokolova@edu.ktk.lt

Author name, surname: Valdas Speičys

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Transport and mechanic engineering study field study program department, lecturer

Author's research interests: manufacturing technologies, education.

Telephone and e-mail address: +370 653 25543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

Author name, surname: Vida Palaimienė

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Transport and mechanic engineering study field study program department, lecturer

Author's research interests: psychology, education.

Telephone and e-mail address: +370 615 87652, vida.palaimiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Vida Rainienė

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Transport and mechanic engineering study field study program department, lecturer

Author's research interests: law, education.

Telephone and e-mail address: +370 610 40380, vida.rainiene@edu.ktk.lt

SLĖGINIO UŽDEGIMO VARIKLIŲ, VEIKIANČIŲ PIRMOS BEI ANTROS KARTOS BIODYZELINO IR DYSELINO MIŠINIAIS, EKSPLOATACINIŲ RODIKLIŲ TYRIMAS

Alfredas Rimkus^{1,2}, Airidas Vaicekuskas¹, Rimvydas Svirka¹

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Tyrime nagrinėjami slėginio uždegimo variklio, veikiančių pirmos kartos biodyzelino – rapsų metilo esterio (RME) ir antros kartos biodyzelino – hidrintų augalinių aliejų (HVO) bei dyzelino mišiniais ekologiniai ir energetiniai rodikliai. I ir II kartos biodyzelino bei jų mišinių koncentracija degaluose siekė iki 30 %. Specializuotoje laboratorijoje atlikti degalų fizikinių – cheminių savybių tyrimai. Stendiniams variklio rodiklių tyrimams panaudotas variklio apkrovos stendas. Šiame straipsnyje pateikta tyrimo metodika, bandymo rezultatai ir jų analizė varikliui veikiant įvairiais biodyzelino bei dyzelino mišiniais. Nustatyta, kad, dyzeliną maišant su HVO, sumažėja šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekis, nepilno degimo produktų koncentracija, taip pat sumažėja NO_x koncentracija. RME padidina NO_x emisiją.

Reikšminiai žodžiai: Slėginio uždegimo variklis, biodyzelinas, energetiniai rodikliai, ekologiniai rodikliai.

Ivadas

Šiuolaikiniame pasaulyje biodegalai kol kas užima tik nedidelę dalį visos degalų rinkos. Tačiau valstybės turi įsipareigojimų plėsti biodegalų gamybą bei panaudojimą, bet to vis tik neužtenka, todėl yra ir kitų priežasčių, skatinančių biodegalų plėtrą, ne tik pasaulyje, bet ir Lietuvoje. ES reikalavimai diegti ir plėtoti atsinaujinančių išteklių energijos naudojimą, griežtėjantys aplinkosauginiai reikalavimai susiję su šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijų bei atliekų mažinimu, verčia kuo plačiau panaudoti vietinius atsinaujinančius energijos išteklius. Biodegalų gamyba skatina naudoti vietinius energijos išteklius tuo sumažinant importuojamo iškastinio kuro vartojimą, o taip pat atsiranda galimybė plėtoti žemės ūkį, negaminant maisto produktų. (el. šaltinis http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodegalai_galut.pdf).

Mokslininkai ir gamybininkai jau seniai rado būdą, kaip biomasę paversti transportui tinkamais degalais, o politikų ir visuomenės siekis sumažinti aplinkos taršą jau nuklojo sėkmės taką šios rūšies degalams. Europos Parlamento ir Tarybos direktyvoje 2009/28/EB nurodoma, kad 2020 m. biodegalai turi sudaryti 10 % visų transporto sunaudojamų degalų kiekio. Biodyzelino gamybos pajėgumai plečiasi tiek Lietuvoje, tiek ir ES. 2012 m. gamybos pajėgumai ES buvo 23,5 mln. t, Lietuvoje – 130 tūkst. t/m (Gumbytė ir kt., 2013).

Biokuras galėtų būti naudojamas ir grynas, tačiau jis paprastai maišomas su tradiciniais degalais, nes tuomet nereikalingi papildomi įrenginiai ir infrastruktūra. (Indriūnas ir kt., 2007). Metilo (etilo) esteris, pagamintas iš augalinės kilmės aliejų ar gyvūninės kilmės riebalų, prilygstantis dyzelino kokybei, skirtas naudoti kaip biokuras. Lietuvoje biodyzelinas (rapsų metilo esteris) gaminamas iš rapsų sėklų. Priklausomai nuo gamyboje naudojamo alkoholio rūšies – metanolio arba etanolio, jis vadinamas metilo arba etilo esteriu atitinkamai. Biodyzelinas naudojamas mišiniuose su tradiciniu dyzelinu arba grynas. Dažniausiai naudojamus 20 % biodyzelino mišinius galima vartoti įprastiniuose varikliuose be techninių pakeitimų. Kadangi biodyzelinas yra geras tirpiklis, tai pradėjus vartoti jo mišinius, pradžioje tenka dažniau keisti kuro filtrus. (el. šaltinis http://www.lei.lt/_img/_up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodegalai_galut.pdf).

BTL tai biomasę verčiama į skystį (angl. biomass to liquid) gaunama panaudojant maisto atliekas, gyvūnų išmatas ir t.t. Šių antros kartos biodegalų atsiradimą lėmė kelios priežastys: pagrindinė – aplinkos apsauga, norint sumažinti išmetamųjų dujų emisijos kiekius; antroji priežastis – ekonominė, nes pirmos kartos biodegalų gamybos mastai yra labai dideli. BTL gaminami pritaikius modifikuotą pirolizės procesą. Jo metu medienos atliekos (pjuvenos, smulkios šakos ir pan.) kaitinami neturinėjoje deguonies aplinkoje labai aukštoje temperatūroje. (el. šaltinis http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2022).

Pastaruoju metu vis labiau domimasi HVO (hidrintas augalinis aliejus), gaunamu rafinavimo proceso būdu, kurio metu riebalai paverčiami parafiniais angliavandeniliais. Šių aliejų degimo proceso charakteristikos yra patrauklios, nes HVO turi aukštą cetaninį skaičių ir jų sudėtyje nėra sieros bei aromatinių angliavandenilių. Jų oksidacinis stabilumas yra geresnis nei RME, dėl mažesnio nesočiųjų junginių kiekio. Taip pat HVO gamybos technologinis procesas poveikio aplinkai požiūriu yra pranašesnis, nes išmetama mažiau šiltnamio efektą sukeliančių dujų. Be to, HVO galima gaminti esamose aliejaus rafinavimo gamybklose nenaudojant papildomų cheminių medžiagų, pavyzdžiui, metanolio, kurio reikia RME gamybai, taip pat nėra poreikio atsikratyti šalutiniais produktais pavyzdžiui gliceroliu. (Aatola et. al., 2008). Antros kartos biodyzelino (HVO), arba kompanijos NESTE vadinamas „NExBTL“, kuris yra sudedamasis dyzelinių degalų „Pro Diesel“ komponentas, fizikinės savybės (drumstimosi, savaiminio užsiliėpsnojimo temperatūra ir kt.) mažai skiriasi nuo mineralinių degalų fizikinių charakteristikų. Teigiama, kad mažiausiai 15 % „Pro Diesel“ sudaro iš atsinaujinančių energijos šaltinių pagal patentuotą „NEXBTL“ technologiją pagamintas dyzelinas. Nepriklausomame Suomijos techninių tyrimų centre atlikti bandymai parodė, kad šio dyzelino sąnaudos yra

iki 5 % mažesnės negu tradicinio dyzelino, tačiau konkretus sąnaudų sumažėjimas priklauso nuo naudojamo automobilio tipo, aplinkos sąlygų ir vairavimo stiliaus. Tamperės taikomųjų mokslų universiteto atlikti matavimai rodo, kad, naudojant „Pro Diesel“, variklio galia ir sukimo momentas padidėja iki 4 %, CO₂ emisijos sumažėja iki 20 %. Mažiau išmetama ir azoto oksidų (NO_x), angliavandenilių (CH) bei kietųjų dalelių (el. šaltinis <https://www.delfi.lt/auto/autonaujienos/lietuvoje-pasirode-geriausias-pasaulyje-dyzelinas.d?id=66053154>). Iki 2,6 % sumažėjusios lyginamosios degalų sąnaudos, iki 2,0 % išaugęs variklio energetinis efektyvumas, ~9–12 % sumažėjusi NO_x emisija bei ~16–18 % sumažėjęs dūmingumas užfiksuotas lyginat Lietuvos rinkai tiekiamą „Pro Diesel“ degalus ir gryną dyzeliną (Rimkus et. al., 2015).

Yra tiriamas ne tik variklio darbas ir išmetamųjų dujų emisija bet ir įpurškimo sistemos veikimas tam, kad išsiaiškinti, kokią įtaką turi biodegalų mišiniai įpurškimui ir degimo procesui. Taip pat ieškomos geriausios variklio modifikacijos, tam kad išnaudoti pilną biodegalų potencialą. Netaikant modifikacijų reikšmingi degalų įpurškimo charakteristikų skirtumai užfiksuoti RME koncentracijai viršijus 30 % (Millo et. al., 2015).

Biodyzelino kokybė apibūdinama eksploatacinėmis (takumas, garingumas, užsidegamumas, korozingumas, stabilumas), fizikinėmis ir cheminėmis (tankis, spalva, rūgštingumas) ir aplinkosauginėmis (nuodingumas, aplinkotarša) savybėmis. Biodyzelinas kaip ir kiti degalai turi atitikti nustatytus standartus bei reikalavimus. Biodyzelino kokybę apibrėžia 2004 m. parengtas ir patvirtintas Europos standartas, kuris tapo ir Lietuvos nacionaliniu standartu – LST EN 14214 „Automobiliniai degalai, RME skirti dyzeliniams varikliams. Reikalavimai ir tyrimų metodai“, kuriame nurodyti kokybės rodikliai ir jų ribos. Šiuos reikalavimus turi atitikti Lietuvos biodyzelino gamintojų ir importuojama produkcija. Mineralinio dyzelino kokybę reglamentuoja standartas LST EN 590 „Automobiliniai degalai. Dyzelinas. Reikalavimai ir tyrimo metodai“. Šio standarto reikalavimus turi atitikti mineralinis dyzelinas su iki 5 % RME iki 2009 m. ir 7 % RME priedu nuo 2009 m (Lietuvos ..., 2015).

Atlikus literatūros apžvalgą suformuluotos tokios išvados:

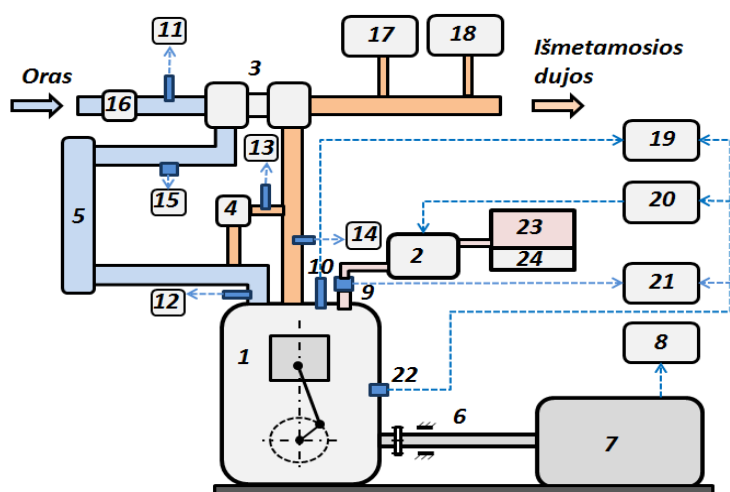
- Siekiant sumažinti išmetamųjų dujų emisijos kiekį transporto infrastruktūroje, reikalingi pokyčiai degalų gamybos rinkoje.
- Pirmos kartos biodyzelino gamyba yra išvystyta, tačiau antros kartos biodyzelinas yra pranašesnis dėl fizinių – cheminių savybių ir jam netaikomi griežti maišymo su mineralinio dyzelinu apribojimai.
- Pirmos ir antros kartos biodyzelino mišiniai su dyzelinu išplėstu biodegalų naudojimo transporte galimybės.

Tyrimo metodika

Eksperimentiniai tyrimai atlikti naudojant slėginio uždegimo (SU) variklį 1.9 TDI (1 lentelė). Variklio efektyvus sukimo momentas M_e ir veleno sukiai n nustatyti apkrovos stendu KI-5543, M_e matavimo paklaida $\pm 1,23$ Nm. Bandymai atlikti varikliui veikiant pastoviais sukiais $n = 2000 \text{ min}^{-1}$, variklio apkrova 60; 90; 120 Nm, deginių recirkuliacija atjungta. Dyzelino valandinėms sąnaudoms B_d matuoti naudotos elektroninės svarstyklės SK-5000 ir chronometras, dyzelino sąnaudų matavimo paklaida 0,5 %. Išmetamųjų dujų temperatūrai matuoti naudota K tipo termopora. Šio jutiklio temperatūros matavimo ribos – $50^\circ\text{C} \div 800^\circ\text{C}$. Slėgis cilindre fiksuotas kaitinimo žvakėje integruotu pjezoelektriniu jutikliu GG2 1569 ir įrašytas naudojant AVL DiTEST DPM 800 įrangą. Slėgio matavimo tikslumas 1 %. Slėgis variklio įsiurbimo kolektoriuje matuotas slėgio matuokliu Delta OHM HD 2304.0, matavimo paklaida $\pm 0,0002$ MPa. Teršalų koncentracija išmetamosiose dujose matuota naudojant AVL DiCom 4000 deginių (CO, CO₂, CH, NO_x) analizatorių, o dūmingumas – AVL DiSmoke (1 pav.).

Bandymams naudoti šie degalai: grynas dyzelinas (D100); 85 % dyzelino ir 15 % RME mišinys (RME15); 70 % dyzelino ir 30 % RME mišinys (RME30); 70 % dyzelino, 15 % HVO ir 15 % RME mišinys (RME15-HVO15); 85 % dyzelino ir 15 % HVO mišinys (HVO15); 70 % dyzelino ir 30 % HVO mišinys (HVO30).

Grynų degalų (D100, RME100 ir HVO100) fizinės ir cheminės savybės ištirtos Klaipėdos universiteto laboratorijoje ir pateiktos 2 lentelėje. Mišinių šilumingumas ir tankis apskaičiuoti remiantis adityvumo principu.



1 lentelė
1.9 TDI 1Z variklio pagrindiniai rodikliai

Rodiklis	Reikšmė
Darbinis tūris, cm ³	1896
Cilindrų skaičius	4
Suslėgimo laipsnis	19,5
Nominali galia, kW	66 (4000 min ⁻¹)
Sukimo momentas, N m	180 (2000–2500 min ⁻¹)
Cilindro skersmuo, mm	79,5
Darbinis tūris, mm	95,5

Šaltinis: Variklio 1.9 TDI 1Z techniniai duomenys

1 pav. Variklio bandymo įranga:

1 – variklis 1.9 TDI; 2 – aukšto slėgio degalų siurblys; 3 – turbokompresorius; 4 – deginių recirkuliacijos (DR) vožtuvas; 5 – oro aušintuvas; 6 – jungiamasis velenas; 7 – variklio apkrovos įrenginys; 8 – variklio sūkių ir apkrovos įrašymo įranga; 9 – degalų įpurškimo momento matavimo įranga; 10 – slėgio cilindre jutiklis; 11 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis; 12 – įsiurbiamo oro temperatūros jutiklis už turbokompresoriaus; 13 – DR temperatūros jutiklis; 14 – išmetamų deginių temperatūros jutiklis; 15 – įsiurbiamo oro slėgio jutiklis; 16 – oro srauto masės matuoklė; 17 – išmetamųjų dujų analizatorius; 18 – dūmingumo analizatorius; 19 – cilindro slėgio reikšmių įrašymo įranga; 20 – degalų įpurškimo kampo reguliavimo įranga; 21 – degalų įpurškimo momento įrašymo įranga; 22 – alkūninio veleno padėties jutiklis; 23 – degalų talpa; 24 – degalų sąnaudų matavimo įranga (svarstyklės, laikmatis)

Šaltinis: sudaryta autorių

2 lentelė

Degalų fizinės – cheminės savybės

Pavadinimas	I kartos biodyzelinas (RME100)	II kartos biodyzelinas (HVO100)	Dyzelinas (D100)
Aukštutinis šilumingumas, MJ/kg	40,13	47,19	45,89
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	37,47	43,63	42,83
Ribinė filtruojamumo temperatūra, °C	-14	-44	-22
Ribinė tankumo temperatūra, °C	-33	< -50	-39
Dinaminė Klampa 40 °C, mPa·s	3,830	2,198	2,412
Kinematinė Klampa, 40 °C, cSt	4,421	2,876	2,9401
Tankis, 15 °C, g/ml	0,884	0,782	0,838
Dinaminė Klampa, 15 °C, mPa·s	7,317	4,014	4,441
Kinematinė Klampa, 15 °C, cSt	8,274	5,136	5,302
Tankis, 40 °C, g/ml	0,866	0,764	0,820
Oksidacinis stabilumas, min	27,00	76,16	98,00
Vandens kiekis, % V/V	0,0288	0,0021	0,0028
Tepumas, μm	166	344	406
Cetaninis skaičius	51,7	74,3	~ 53
Pliūpsnio temperatūra, °C	110	65,0	74,8
Elementinė sudėtis, H %	11,82	15,62	13,31
Elementinė sudėtis, C %	77,52	84,38	86,69
Elementinė sudėtis, N, S %	Žemiau aptikimo ribos		

Šaltinis: Klaipėdos universiteto laboratorija

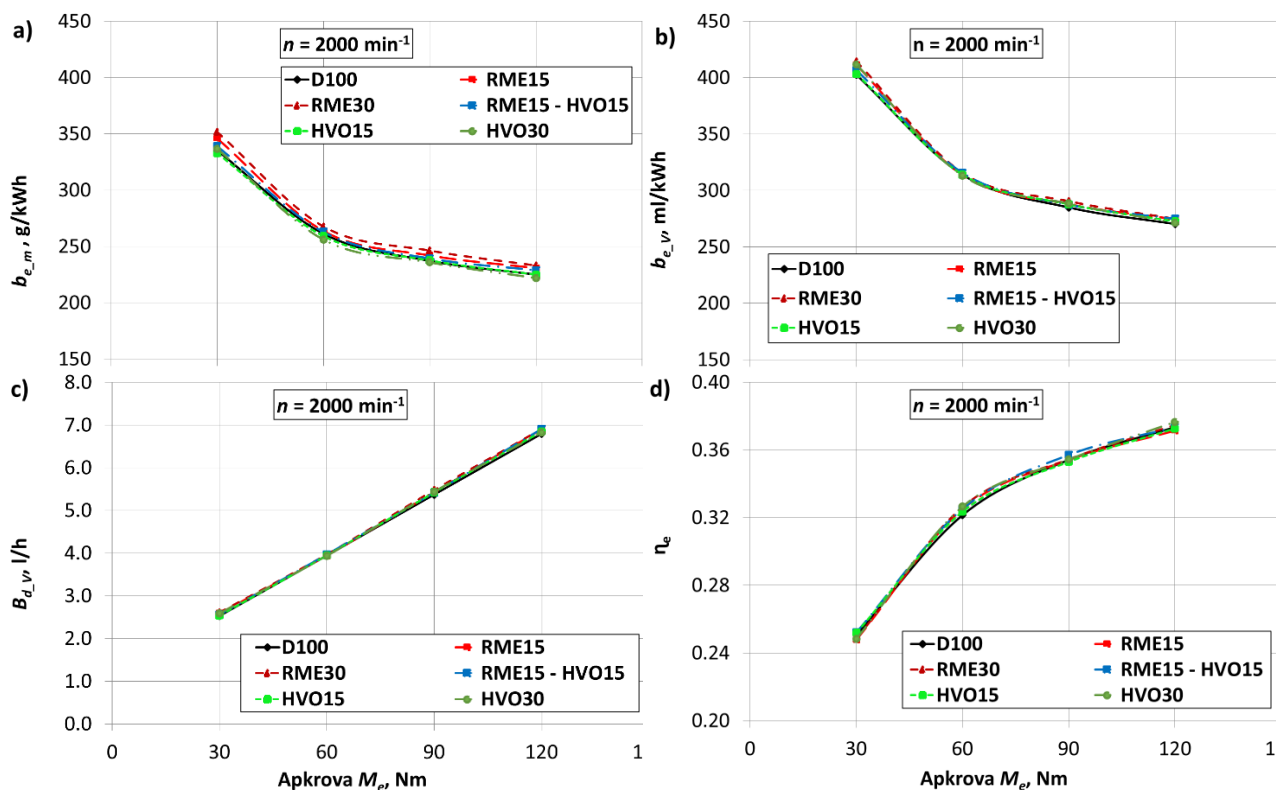
HVO 100 žemutinis šilumingumas (43,63 MJ/kg) yra didžiausias ir 1,85 % viršija D100 ir 14,1 % RME100 šilumingumą. Tačiau HVO 100 tankis (0,781 g/ml) yra mažiausias ir 7,2 % mažesnis už D100 bei 13,2 % mažesnis už RME100 tankį. Toks degalų fizinių savybių skirtumas įtakoja lyginamąsias degalų tūrio sąnaudas (ml/kWh): didėjant žemutiniam šilumingumui degalų tūrinės sąnaudos mažėja, tačiau mažėjant tankiui, tūrinės degalų sąnaudos, aktualios vairuotojams, turėtų didėti. Didžiausias cetaninis skaičius nustatytas

HVO100 degalams (74,3) ir šis rodiklis 28,6 % viršija D100 ir 29,6 % RME100 cetaninį skaičių. Naudojant mišinius su didesne dalimi HVO100 tikėtinas geresnis degalų užsiliepsnojimas, švelnesnis variklio darbas. HVO100 turi mažiausią C/H santykį (5,46), D100 C/H santykis 6,51, RME – 6,58. Tačiau RME sudėtyje yra deguonies, kuris, kaip ir mažesnis C/H santykis, mažina dūmingumą.

Šalinant sierą iš dyzelinių degalų, jie hidrinami. Hidrinimo procesas be sieros pašalina ir poliarizuotus degalų komponentus, kurie gerai tepa. Naudojant dyzelinius degalus be sieros, iškilą skirstomojo tipo įpurškimo siurblių sudilimo problema dėl nepakankamo degalų tepumo. Todėl į dyzelinius degalus dedama tepumą gerinančių priedų. Tepumas nustatomas atliekant dilimo testą. Tvirtai įtvirtintas plieninis rutuliukas degaluose dideliu dažniu yra trinamas į plokštę. Susidariusios plokštumos dydis (WSD: Wear Scar Diameter, angl.) – dilimo pėdsako skersmuo, išmatuotas μm , parodo nudilimą, todėl yra degalų tepumo matas (Bosch, 2009). Pagal EN590 reikalavimus dyzeliniams degalams maksimalus $\text{WSD} \leq 460 \mu\text{m}$. Degalų tyrimo metu nustatyta, kad geriausią tepumą turi HVO100 (166 μm), RME100 tepumas 344 μm , D100 tepumas 406 μm .

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Atlikus slėginio uždegimo variklio, veikiančio skirtingomis apkrovomis ir mišiniais, eksperimentinių tyrimų analizę nustatyta, kad valandinės ir lyginamosios degalų masės sąnaudos ($b_{e,m}$, g/kWh) yra mažiausios varikliui veikiant degalų mišiniu HVO30 (2 pav. a), nes HVO turi didžiausią šilumingumą (2 lentelė). Didžiausios degalų masės sąnaudos nustatytos varikliui veikiant RME30 degalais ir yra ~4,6 % didesnės už HVO30.

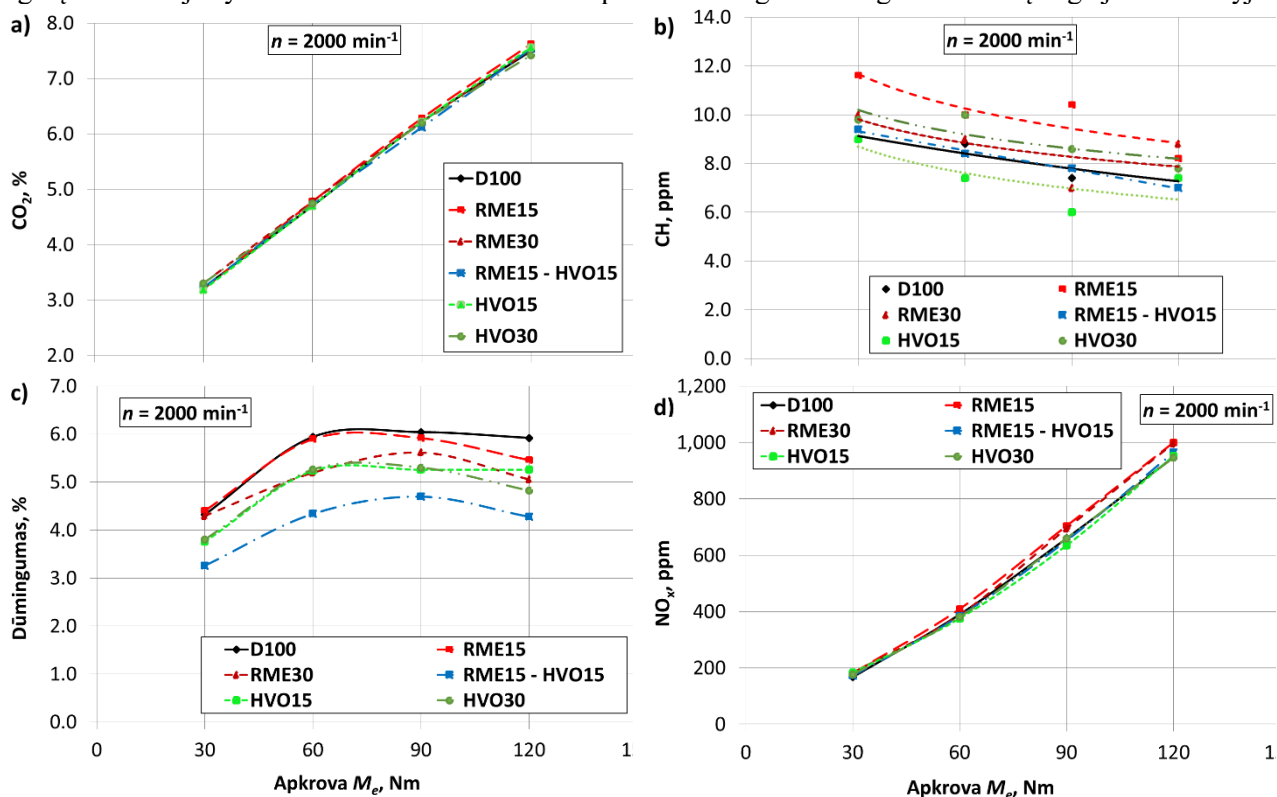


2 pav. Variklio energetinių rodiklių priklausomybė nuo degalų sudėties ir apkrovos: a) – lyginamosios degalų masės sąnaudos $b_{e,m}$; b) – lyginamosios degalų tūrio sąnaudos $b_{e,v}$; c) – valandinės degalų tūrio sąnaudos $B_{d,v}$; d) – efektyvusis naudingumo koeficientas η_e

Šaltinis: Sudaryta autorių

Lyginamosios ($b_{e,v}$, ml/kWh) ir valandinės degalų tūrio sąnaudos ($B_{d,v}$, l/h), varikliui veikiant visais degalų mišiniais mažai skiriasi (2 pav. b ir c). Įvertinus visas apkrovas nustatyta, kad mažiausios tūrinės degalų sąnaudos buvo varikliui veikiant D100 degalais, didžiausios sąnaudos veikiant RME30 degalais, tačiau tūrinių sąnaudų skirtumas siekia tik ~1,6 %. Degalų su 30 % HVO priedu tūrinės sąnaudos labai artimos D100. Didžiausias efektyvusis naudingumo koeficientas η_e pasiektas varikliui veikiant RME15 mišiniu (2 pav. d), tačiau skirtumas tarp didžiausio mažiausio efektyvumo degalų siekia tik ~0,7 %, todėl galime teikti, kad visų tirtų degalų energetinis efektyvumas yra vienodas. RME priedas teigimai įtakojo variklio energetinį efektyvumą, nes šių degalų žemutinis šilumingumas mažiausias (2 lentelė).

CO₂ koncentracija deginiuose mažai skiriasi (3 pav. a), tačiau pastebima, kad, naudojant degalus su HVO priedu, šiltnamio efektą sukeliančių dujų koncentracija mažesnė iki ~1,3 % palyginus su degalais kurių sudėtyje yra RME. To priežastis – truputį mažesnės degalų sąnaudos ir mažesnis anglies/vandenilio (C/H) santykis degaluose. Mažiausia CH koncentracija išmetamosiose dujose užfiksuota varikliui veikiant HVO15 degalais ir, palyginus su RME15, šio nepilno degimo produkto susidaro iki 25 % mažiau (3 pav. b), tačiau visų degalų CH emisijos yra mažos. Tai lemia didelis oro perteklius slėginio uždegimo variklių degiajame mišinyje.



3 pav. Variklio ekologinių rodiklių priklausomybė nuo degalų sudėties ir apkrovos: a) – CO₂ koncentracija; b) – CH koncentracija; c) – dūmingumas; d) – NO_x koncentracija išmetamosiose dujose
Šaltinis: Sudaryta autorių

Didžiausias dūmingumas užfiksuotas varikliui veikiant D100 degalais. Naudojant RME30 degalus dūmingumas sumažėjo ~9,2 %, o HVO30 – ~13,7 %. Tačiau didžiausias efektas pasiekiamas varikliui veikiant RME15-HVO15 degalais – palyginus su dyzelinu dūmingumas sumažėjo ~25 % (3 pav. c). Tai įtakojo RME sudėtyje esantis deguonis, kuris pakėlė degimo temperatūrą ir pagerino anglies oksidaciją.

Palyginus su dyzelinu, RME15 degalai NO_x koncentraciją padidino ~5,9 %, RME30 – ~4,2 %, nes žemesnis cetaninis skaičius prailgino užsiliepsnojimo gaisties fazę, taip pat didesnė deguonies koncentracija RME degaluose padidino degimo temperatūrą (3 pav. d). Visa tai kartu padidino šilumos išsiskyrimo intensyvumą difuzinėje degimo fazėje ir NO_x formavimasi. Naudojant HVO degalus, kurie turi aukštesnį cetaninį skaičių ir jų sudėtyje nėra deguonies, degimas prasideda ankščiau, dega mažesniu intensyvumu ir žemesne temperatūra. Varikliui veikiant degalais HVO15, palyginus su RME15, NO_x koncentracija sumažėjo ~6,6 %.

Padėka. Tyrimo rezultatai gauti vykdant 2014–2020 metų Europos Sąjungos fondų investicijų veiksmų programos 09.3.3-LMT-K-712 priemonės „Mokslininkų, kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“ veiklos „Studentų gebėjimų vykdyti MTEP veiklą ugdymas“ poveiklės „Studentų gebėjimų ugdymas vykdant tyrimus semestro metu“ projektą „Slėginio uždegimo variklių, veikiančių pirmos bei antros kartos biodyzelino ir dyzelino mišiniais, eksploatacinių rodiklių tyrimas“, kodas: 09.3.3-LMT-K-712-03-0121.

Išvados

Atlikus pirmos ir antros kartos biodyzelino ir dyzelino mišinių slėginio uždegimo varikliuose efektyvumo tyrimą ir išanalizavus gautus bandymų rezultatus pateikiamos šios išvados:

1. Varikliui veikiant su 30 % HVO priedu nustatytos mažiausios valandinės ir lyginamosios degalų masės sąnaudos, o naudojant degalus su 30 % RME priedu degalų masės sąnaudos buvo didžiausios (~4,6 % didesnės už HVO30). Tai lėmė ~14,1 % didesnis HVO žemutinis šilumingumas.
2. RME30 degalų tūrio sąnaudos yra tik iki ~1,6 % didesnės už D100. HVO30 degalų tūrio sąnaudos artimos D100. Visų degalų mišinių tūrio sąnaudos tapo artimos D100 sąnaudoms, nes jas niveliavo skirtingi degalų tankiai: HVO100 tankis yra 7,2 % mažesnis už D100 bei 13,2 % mažesnis už RME100 tankį.
3. Didžiausias efektyvusis naudingumo koeficientas pasiektas varikliui veikiant RME15 mišiniu, tačiau, palyginus su mažiausio efektyvumo degalais, efektyvumo skirtumas siekia tik iki 0,7 %. Visų tirtų degalų mišiniais variklio efektyvumas yra panašus, nes mažesnę RME100 šilumingumą kompensavo didesnis degalų tankis ir degimo efektyvumas, o didesnę HVO šilumingumą niveliavo mažesnis tankis.
4. Naudojant HVO mišinius šiltnamio efektą sukeliančių CO₂ dujų koncentracija, palyginus su RME mišiniais, sumažėjo iki ~1,3 %. To priežastis mažesnės degalų sąnaudos ir C/H santykis. CH dujų koncentracija užfiksuota mažiausia taip pat naudojant HVO priedą (HVO15), nes II kartos biodegalai turi paprastesnę molekulinę struktūrą ir geriau dega.
5. Naudojant visų rūšių biodyzeliną, kaip priedą, dūmingumas mažėjo. Didžiausias dūmingumo sumažėjimas pasiektas varikliui veikiant RME15-HVO15 (~25 %). Tai lėmė RME degaluose esantis deguonis (pagerėjo degimas) bei mažesnė anglies koncentracija HVO degaluose.
6. Palyginus su dyzelinu, RME15 ir RME30 degalų NO_x koncentraciją išaugo (~5,9 % ir ~4,2 %), nes RME turi daugiau deguonies ir taip padidino degimo temperatūrą. Mažiausia NO_x koncentracija deginiuose dėl didesnio HVO cetaninio skaičiaus turi dyzelino ir HVO mišiniai (~6,6 % mažiau už RME15). Jų degimas prasideda anksčiau, dega mažesniu intensyvumu ir žemesne temperatūra.
7. Geriausias tepumas nustatytas gryniems HVO degalams (166 μm), RME tepumas 344 μm, dyzelino tepumas 406 μm. HVO degalų tepumą įtakoja į šiuos degalus įdėti tepumą gerinantys priedai.

Literatūra

1. Aatola, H.; Larmi, M.; Sarjovaara, T.; Mikkonen, S. 2008. Hydrotreated vegetable oil (HVO) as a renewable diesel fuel: trade-off between NO_x. Particulate emission and fuel consumption of a heavy duty engine. SAE paper: 2008-01-2500.
2. Bosch, R. GmbH. *Dyzelinių variklių valdymo sistemos* [vertė Slavinskas S.]. Kaunas: Smaltija, 2009.
3. Gumbytė, M.; Makarevičienė, V.; Kalenskaya, S.; Junik, A. 2013. Aliejingųjų augalų aliejaus panaudojimo galimybės biodyzelino gamybai. Aleksandro Stulginskio universitetas. *Žemės ūkio mokslai*, 20(1): 1–9.
4. Indriūnas, J.; Valiūnas, V. 2008. Biodyzelinas: neišvengiama ateitis. 10-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminės konferencijos TRANSPORTAS straipsnių rinkinys / Vilniaus Gedimino technikos universitetas. Vilnius, Technika: 395–400.
5. Lietuvos respublikos energetikos ministras įsakymas dėl „Dėl prekybos naftos produktais taisyklių patvirtinimo“ pakeitimo, 2015 m. vasario 5 d. Nr. 1–37.
6. Millo, F.; Debnath, B.K.; Vlachos, T.; Ciaravino, C.; Postrioti, L.; Buitoni, G. 2015. Effects of different biofuels blends on performance and emissions of an automotive diesel engine. *Fuel*, 159: 614–627.
7. Rimkus, A.; Žaglinskis, J.; Rapalis, P.; Skačkauskas, P. 2015. Research on the combustion, energy and emission parameters of diesel fuel and a biomass-to-liquid (BTL) fuel blend in a compression-ignition engine. *Energy Conversion and Management*, 106: 1109–1117.
8. Biodegalai. [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.lei.lt/img/up/File/atvir/bioenerlt/index_files/Biodegalai_galut.pdf.
9. *Transporto pasaulis*. Dyzelinas iš dujų ir pjuvenų [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą: http://www.tp.cargo.lt/content.php?art_id=2022.
10. [Interaktyvus] [žiūrėta 2018 m. sausio 15 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/auto/autonaujienos/lietuvoje-pasirode-geriausias-pasaulyje-dyzelinas.d?id=66053154>.

RESEARCH OF A FIRST AND SECOND GENERATION BIODIESEL AND DIESEL MIXTURES' EFFICIENCY IN COMPRESSION IGNITION ENGINES

Summary

This research is the analysis of ecological and energetic parameters of compression ignition engines working on first generation biodiesel – Rapeseed Oil Methyl Esters (RME), second generation biodiesel – Hydro treated Vegetable Oil (HVO) and diesel mixtures. the concentration of I and II generation biodiesel in mixtures of fuel amounted to 30%. Physical and chemical properties of the fuels used in the research have been analyzed in a specialized laboratory. To indicate engine parameters engine load stand was used. This paper shows research methodic, results of the tests and their analysis using different biodiesel and diesel mixtures. Analysis shows that mixing diesel with HVO decreases greenhouse

gases, incomplete combustion products concentration, also NO_x concentration decreases. NO_x emissions increases using RME mixtures.

Key words: Compression-ignition engine, biodiesel, efficiency, ecological indicators.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Airidas Vaicekauskas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, degalai ir jų mišiniai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37065847468, airidas.vaicekauskas@tf.vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rimvydas Svirka.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, degalai ir jų mišiniai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37063011980, rimvydas.svirka@tf.vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Author name, surname: Airidas Vaicekauskas.

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, student.

Author's research interests: Internal combustion engines, fuels and fuel blends.

Telephone and e-mail address: +37065847468, airidas.vaicekauskas@tf.vtdko.lt

Author name, surname: Rimvydas Svirka.

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, student.

Author's research interests: Internal combustion engines, fuels and fuel blends.

Telephone and e-mail address: +37063011980, rimvydas.svirka@tf.vtdko.lt

DYZELINO BIOLOGINIO UŽTERŠTUMO EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Saulius Stravinskas¹, Alfredas Rimkus^{1,2}, Jonas Matijošius^{1,2}

¹Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija, ²Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Pagaminti nauji dyzeliniams varikliams skirti degalai švarūs ir atitinka visus kokybės reikalavimus, bet juos saugant ir transportuojant jie užsiteršia. Viena iš taršos rūšių būtų mikrobiologinė tarša. Kovai su ja naudojami biocidiniai priedai, kurių parinkimas yra labai svarbus siekiant išsaugoti kuo aukštesnius kokybinius degalų rodiklius. Straipsnyje pristatytas skirtingų dyzelino mėginių biologinio užterštumo eksperimentinis tyrimas naudojant degalų testavimo rinkinį MIKROCOUNT FUEL. Nustačius dyzelino mėginių biologinį užterštumą, nustatytas skirtingų koncentracijų biocidinio priedo GROTAMAR 71 veiksmingumas naikinant biologinį užterštumą. Eksperimentiniai tyrimai atlikti griežtai laikantis nurodytų sąlygų ir reikalavimų. Nustatyta, kad 100 ppm biocido dozė po 14 val. visiškai panaikino biologinį užterštumą.

Reikšminiai žodžiai: dyzelinas, biodyzelinas, biologinis užterštumas, biocidinis priedas.

Ivadas

Dyzeline naudojami biopriedai (riebių rūgščių metilo esteris – RRME) sąlygoja, kad dyzelino saugojimo/galiojimo laikas yra daug trumpesnis nei esant grynam dyzelinui. Naudojant dyzelino ir biodyzelino mišinį, apytiksliai po 28 dienų, priklausomai nuo saugojimo sąlygų, kartais ir anksčiau, galima pastebėti degalų mišinio kokybinius pokyčius. Jeigu degalai sunaudojami pakankamai greitai, tai nesudaro didesnių problemų. Tačiau, kai saugojimo laikas viršija keturias savaites (pvz., valstybės rezervo dyzelino atsargos), saugomas dyzelinas gali neatitikti specifikacijų reikalavimų (Sabonis, 2017).

Sieros kiekio sumažinimas (iki 0,001 %) dyzeline bei 7 % RRME biopriedų (B7) naudojimas sumažina degalų atsparumą bakterijų dauginimuisi ir grybelių augimui. Savo ruožtu, mikrobai greičiau nei bet kas kitas pablogina degalų kokybę. Todėl svarbu, kad dyzelinas su biopriedais būtų apsaugotas nuo mikrobiologinio užterštumo.

Šio straipsnio pagrindinis tikslas – identifikuoti biocido GROTAMAR 71 efektingumą naikinant mikrobiologinę degalų taršą.

Biologinį užterštumą skatinantys veiksniai

Degalai, laikomi požeminėse talpyklose, yra veikiami mikrobiologinio užterštumo dėl šių talpų konstrukcijos ir aptarnavimo sudėtingumo. Taip pat, didelė užterštumo problema gali kilti dėl korozijos ir galimų talpos nesandarumų. Dėl šių priežasčių, kai kuriose vietose požeminės degalų talpyklos keičiamos į antžemines, tačiau tokiu atveju yra didesnis gaisro pavojus (Bautista et al., 2016).

Galimi mikroorganizmų patekimo keliai į talpas yra per pažeistus sandariklius ar įtrūkimus, taip pat kartu su oru pildant degalus arba per ventiliacijos angas. Taip pat, mikroorganizmai gali patekti į talpas plaunant jas vandeniu. Jei mikroorganizmai patenka į talpą, jie prilimpa prie sienų arba apsigyvena degalų – vandens sandūroje talpos dugne (Rodríguez-Rodríguez et al., 2009).

Leistinas didžiausias vandens kiekis dyzeliniuose degaluose yra reguliuojamas. Pavyzdžiui, Europos sąjungoje vandens dalis dyzeline negali viršyti 200 mg/kg. (EN 590 Europos standartas). Be to, vandens kiekis negali viršyti 500 mg/kg. biodyzeline (FAME), kas yra reguliuojama EN 14214 Europos standartu.

Kitas svarbus veiksnys, turintis įtakos biologiniam užterštumui, yra dyzelino priedų, naudojamų pagerinti degalų kokybę, koncentracija. Kai kurie priedai turi cheminių elementų, kurie yra mikroorganizmų maistinė medžiaga (Gaylarde et al., 1999; Klofutar et al., 2007). Taip pat, jeigu temperatūra ir pH talpoje neatitinka nustatytų reikalavimų, tai skatina dyzelino biologinį užterštumą (Klofutar, Golob, 2007).

Priemonės, norint išvengti biologinio užterštumo

Norint išvengti ir sustabdyti mikrobiologinių organizmų augimą buvo tyrinėjamos kelios priemonės. Viena iš galimų alternatyvų yra kontroliuojamos vandens išleidimo sistemos tobulinimas, kartu su nuolatine priežiūra ir valymu (Rodriguez-Rodriguez et al., 2010). Taip pat buvo tyrinėjami kiti metodai, tokie kaip poveikis ultravioletine spinduliuote, ultragarsu bei cheminis vandenilio peroksido ir biocidų poveikis.

Ultravioletinė spinduliuotė buvo naudojama kaip vandens ar oro dezinfekcija, kurios metu susidaro fotobiocheminės reakcijos mikroorganizmuose (Wang et al., 2005). Veikimas ultragarsu yra kitas užterštumo mažinimo būdas. Jo metu ultragarsinės bangos skystyje sudaro akustinę kavitaciją (Jayasooriya et al., 2007; Duckhouse et al., 2004). Vandenilio peroksidas yra junginys, veikiantis kaip oksidatorius. Oksidacijos metu susidarę laisvieji OH radikalai, reaguoja su organiniais junginiais destabilizuodami ląstelės sienelę ir jos DNR, taip sukeldami ląstelės mirtį (Zhang et al., 2015).

Biocidai yra cheminės medžiagos, turinčios didelę dezinfekcijos galią. Nors jie yra labai nuodingi organiniai junginiai, biocidai yra dažnai naudojami mikroorganizmų eliminavimui. Naudojant biocidus būtinas atsakingas jų pasirinkimas, atsižvelgiant į jų skirtingas savybes tam, kad būtų pasiektas optimaliausias rezultatas (Gaylarde et al., 1999). Biocidai negali keisti degalų specifikacijų, taip pat turi būti chemiškai ir fiziškai suderinami su degalais ir jų priedais (Muthukumar et al., 2007). Taip pat, biocidai negali turėti neigiamos įtakos degalų siurbliams ir kuro tiekimo sistemai, turi būti saugūs, lengvai naudojami ir laikomi. Bet kuriuo atveju, su biocidais turi būti dirbama atsargiai (Gaylarde et al., 1999).

Dyzelino ir biodyzelino mišinių biologinio užterštumo šalinimui rinkoje yra siūlomas biocidinis priedas GROTAMAR 71. Kaip matome 1 lentelėje, gamintojas deklaruoja, kad biocidas neturi įtakos dyzelino eksploatacinėms ir kitoms savybėms. GROTAMAR 71 papildomai veikia kaip korozijos inhibitorius vertinant pagal ASTM D 655 metodiką. Produktas patvirtintas BPR (Europos Sąjungos biocidinių produktų reglamento) bei aprobuotas daugelio automobilių/variklių gamintojų.

1 lentelė

Biocidinio priedo GROTAMAR 71 savybės

Veiklioji medžiaga	99% 3,3' – metileneblis [5 – metiloksazolidinas]
Veikliosios medžiagos tirpumas	Tirpsta vandenyje ir dyzeline
Veiksmingas prieš	Bakterijas, mielių ir pelėsinio tipo grybelius
Sunkieji metalai	Neturi
Siera	Neturi
Halogenai	Neturi
Degimas	Sudega nesudarydamas pelenų
Kristalizacija	Nesikristalيزuoja, iki -43°C skaidrus skystis (lengvai pumpuojamas)
Sandėliavimas	Galimas išorinėse talpyklose

Šaltinis: UNICHEM

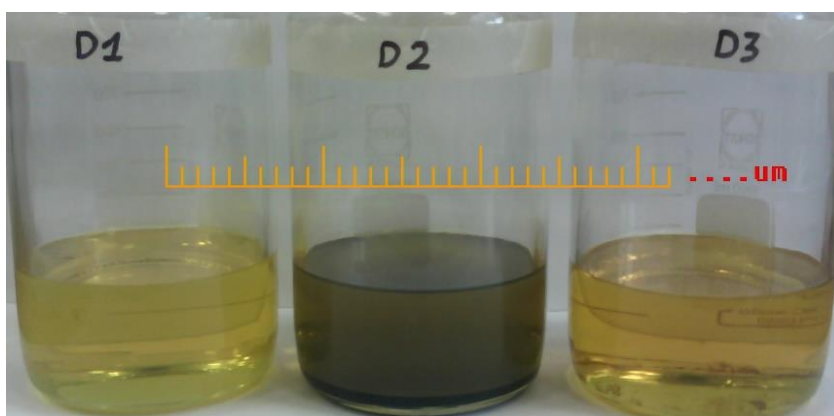
Tyrimo tikslas: Įvertinti biocidinio priedo GROTAMAR 71 veiksmingumą naikinant mikrobiologinį dyzelino užterštumą, priklausomai nuo jo koncentracijos ir veikimo laiko.

Tyrimo uždaviniai:

1. Eksperimentiškai nustatyti skirtingų dyzelino mėginių mikrobiologinį užterštumą.
2. Nustatyti skirtingų koncentracijų biocidinio priedo veiksmingumą naikinant biologinį užterštumą.

Tiriami degalai (1 pav.):

1. 2017 metų vasarinis dyzelinas su biodyzelino priedu (D1).
2. Senas užterštas dyzelinas (D2).
3. Ilgą laiką saugotas dyzelinas su biodyzelino priedu (D3).



1 pav. Tiriami degalai: D1 – 2017 metų vasarinis dyzelinas, D2 – senas užterštas dyzelinas, D3 – Ilgą laiką saugotas dyzelinas su biodyzelino priedu

Šaltinis: sudaryta autorių

Tyrimo metodika

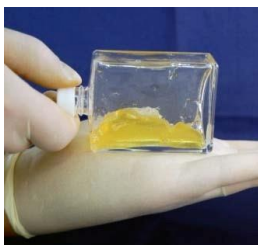
Eksperimentiniai tyrimai atlikti Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijoje. Siekiant eksperimentiškai nustatyti skirtingų dyzelino mėginių (D1, D2, D3) biologinį užterštumą naudotos šios priemonės: Skaitmenis fotoaparatas/mikroskopas EXTECH MC200, infraraudonųjų spindulių termometras, degalų testavimo rinkinys MIKROCOUNT FUEL, biocidas GROTAMAR 71, graduota pipetė.

Degalų testavimas su MIKROCOUNT FUEL rinkiniu vyksta tokia tvarka (2 pav.).

1. Paimamas degalų mėginys



5. Želė sukrečiama



2. Pipetė išimama iš maišelio



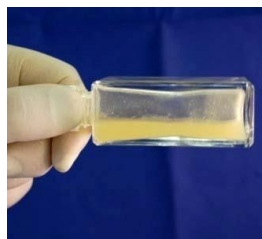
6. Želė su degalais sumaišoma



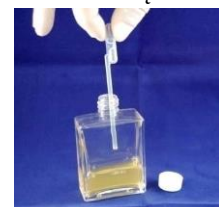
3. Pipetė užpildoma degalais



7. Patalpinama taip, kad susiformuotų plokščias želė sluoksnis



4. Degalų mėginys išleidžiamas į flakoną



8. Inkubuojama prie 25 °C 1-4 dienas

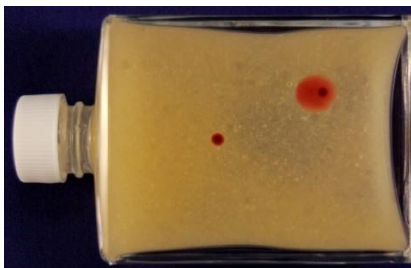


2 pav. Degalų testavimas su MIKROCOUNT rinkiniu

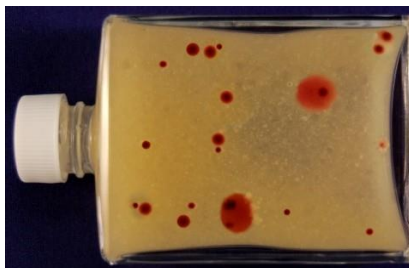
Šaltinis: Schülke & Mayr GmbH

Rezultatų vertinimas (3 pav.): Jeigu po 1 – 4 parų matomos ne daugiau kaip dvi dėmės – mažas užterštumas ir rekomenduojama prevencinė GROTAMAR 71 priedo koncentracija (50 – 200 ppm.). Jeigu matoma nuo 3 iki 25 dėmių, užterštumas vidutinis. Rekomendacija: vidutinė GROTAMAR 71 priedo koncentracija (200 – 500 ppm.). Jeigu matoma daugiau kaip 25 dėmės – didelis užterštumas. Rekomendacija: talpos apžiūra ir jei reikalinga talpos valymas, po to smūginė GROTAMAR 71 priedo koncentracija (800 – 1000 ppm.).

A



B



C



3 pav. Užterštumo pavyzdžiai: A – mažas užterštumas, B – vidutinis užterštumas, C – didelis užterštumas

Šaltinis: Schülke & Mayr GmbH

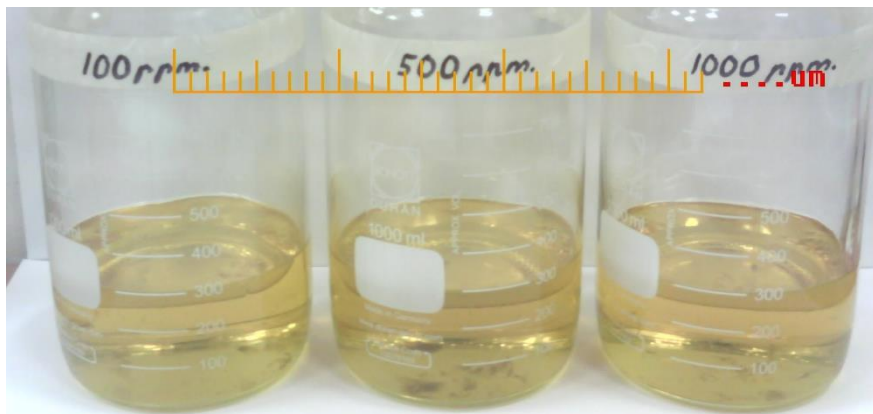
Biocido poveikio greitis priklauso nuo jo koncentracijos degaluose. 1000 ppm: priedas suveikia per 12 val. 500 ppm – per 12 – 18 val. 200 ppm – per 24 – 30 val. 50 ppm – per 48 val.

Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Trys dyzelino mėginiai (D1, D2, D3) sumaišyti su agaru (mitybine terpe mikrobiologiniam užterštumui nustatyti) ir patalpinti 25 °C temperatūroje. Po dviejų parų ilgą laiką saugotame dyzeline su biodyzelino priedu (D3) pasirodė pirmieji mikrobiologinio užterštumo požymiai (6 pav. A). Kituose mėginiuose užterštumas nebuvo užfiksuotas.

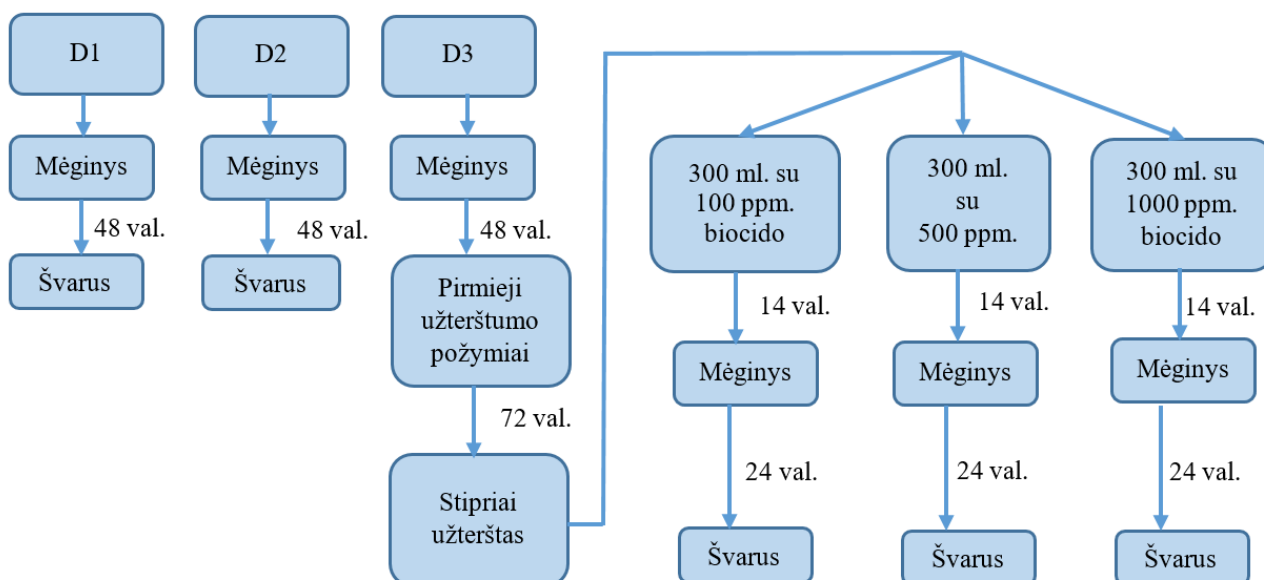
Po trijų parų apžiūrėjus tiriamą mėginį pastebėta, kad dyzelinas D3 stipriai užterštas (6 pav. B). Kituose mėginiuose užterštumas nebuvo užfiksuotas.

Kadangi biologinis užterštumas pastebėtas tik dyzelino mėginyje D3, tyrimas buvo tęsiamas su šiuo mėginiu toliau (tyrimo eiga, 5 pav.) Dyzelinas supiltas į tris talpas (4 pav.). Kiekvienoje talpoje po 300 ml. dyzelino. Siekiant nustatyti biocido GROTAMAR 71 poveikį esant skirtingai koncentracijai, į vieną dyzeliną talpą įpilta 100 ppm. GROTAMAR 71 priedo, į antrą – 500 ppm. ir į trečią – 1000 ppm. priedo.



4 pav. Ilgą laiką saugotas dyzelinas su biodyzelino priedu (D3) įpylus 100 ppm., 500 ppm. ir 1000 ppm. biocido GROTAMAR 71 priedo

Šaltinis: sudaryta autorių



5 pav. Tyrimo eiga

Šaltinis: sudaryta autorių

Po 14 val. nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3, paimti pirmieji mėginiai, sumaišyti su agaru tam, kad nustatyti mikrobiologinį užterštumą. Mėginiai paimti iš visų trijų dyzelino talpų, kuriose buvo supilta 100 ppm., 500 ppm. ir 1000 ppm. biocido GROTAMAR 71.

Praėjus 24 val. nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3, antrą kartą paimti mėginiai mikrobiologiniam užterštumui nustatyti iš talpų, kuriose buvo įpilta 100 ppm ir 500 ppm. biocido GROTAMAR 71.

Praėjus 24 val. nuo dyzelino D3 su 100 ppm, 500 ppm ir 1000 ppm. biocido GROTAMAR 71 sumaišymo su reagentu jokių mikrobiologinio užterštumo požymių, nė viename iš mėginių, nepastebėta.

Praėjus 48 val. nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3 paimtas mėginys mikrobiologiniam užterštumui nustatyti. Mėginys paimtas iš dyzelino, kuriame buvo įpilta 100 ppm. biocido.

Praėjus apie 48 val. nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3, nė viename iš mėginių mikrobiologinio užterštumo nepastebėta.

Praėjus apie trims paroms nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3, nė viename iš mėginių mikrobiologinio užterštumo nepastebėta.

Praėjus apie šešioms paroms nuo biocido įpylimo į dyzeliną D3, nė viename iš mėginių mikrobiologinio užterštumo nepastebėta (6 pav. C).

A

B

C



6 pav. Ilgą laiką saugoto dyzelino su biodyzelino priedu (D3) mėginys: A – po 2 mikrobiologinio užterštumo tyrimo parų, B – po 3 mikrobiologinio užterštumo tyrimo parų, C – be biologinio užterštumo
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

Atliktas eksperimentinis dyzelino mėginių biologinio užterštumo tyrimas leidžia įvertinti biocidinio priedo efektyvumą:

1. Ištyrus tris dyzelino mėginius (2017 metų vasarinis dyzelinas su biodyzelino priedu (D1); senas užterštas dyzelinas (D2); ilgą laiką saugotas dyzelinas su biodyzelino priedu (D3)), nustatyta, kad ilgą laiką saugotame dyzeline su biodyzelino priedu (D3) yra didelis mikrobiologinis užterštumas. Kituose mėginiuose biologinio užterštumo nėra.
2. 100 ppm. biocido dozė po 14 val. visiškai panaikino dyzelino D3 biologinį užterštumą.
3. Siekiant išvengti dyzelino su biodyzelino priedu biologinio užterštumo, reikalingas reguliarus biocido dozavimas.

Literatūra

1. Akbari, A.; Omidkhah, M.; Darian, J.T. (2014). Investigation of process variables and intensification effects of ultrasound applied in oxidative desulfurization of model diesel over MoO₃/Al₂O₃ catalyst. *Ultrason. Sonochem*, 21, 692–705.
2. Bautista, L.F.; Vargas, C.; Gonzalez, N.; Molina, M.C.; Simarro, R.; Salmerón, A.; Murillo, Y. (2016). Assessment of biocides and ultrasound treatment to avoid bacterial growth in diesel fuel. *Fuel Processing Technology*, 152, 56–63.
3. Carnaroglio, D.; Gaudino, E.C.; Mantegna, S.; Moreira, E.M.; Vicente de Castro, A.; Flores, E.M.M.; et al. (2014). Ultrasound assisted oxidative desulfurization/denitrification of liquid fuels with solid oxidants. *Energy Fuel*, 28, 1854–1859.
4. Duckhouse, H.; Mason, T.J.; Phull, S.S.; Lorimer, J.P. (2004). The effect of sonication on microbial disinfection using hypochlorite. *Ultrason. Sonochem*, 11, 173–176.
1. European Standard, EN 590:2014 *Automotive Fuels – Diesel – Requirements and Test Methods*. 2013.
2. European Standard, EN 14214:2013 *Liquid Petroleum Products – Fatty Acid Methyl Esters (FAME) for Use in Diesel Engines and Heating Applications – Requirements and Test Methods*. 2013.
5. Gaylarde, C.C.; Bento, F.M.; Kelley, J. (1999). Microbial contamination of stored hydrocarbon fuels and its control. *Rev. Microbiol*, 30, 1–10.
6. Jayasooriya, S.D.; Torley, P.J.; D'Arcy, B.R.; Bhandari, B.R. (2007). Effect of high power ultrasound and ageing on the physical properties of bovine semitendinosus and longissimus muscles. *Meat Sci*, 75, 628–639.
7. Klofutar, B.; Golob, J. (2007). Microorganisms in diesel and in biodiesel fuels. *Acta Chim. Slov*, 54, 744–748.
8. Kojima, Y.; Imazu, H.; Nishida, K. (2014). Physical and chemical characteristics of ultrasonically- prepared water-in-diesel fuel: effects of ultrasonic horn position and water content. *Ultrason. Sonochem*, 21, 722–728.
9. Muthukumar, N.; Maruthamuthu, S.; Palaniswamy, N. (2007). Role of cationic and nonionic surfactants on biocidal efficiency in diesel-water interface. *Colloids Surf. B Biointerfaces*, 57, 152–160.
10. Rodríguez-Rodríguez, C.; Rodríguez, E.; Blanco, R.; Cordero, I.; Segura, D. (2010). Fungal contamination of stored automobile-fuels in a tropical environment. *J. Environ. Sci.*, 22, 1595–1601.
11. Rodríguez-Rodríguez, C.E.; Rodríguez-Cavallini, E.; Blanco, R. (2009). Bacterial contamination of automotive fuels in a tropical region: the case of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 57, 489–504.
12. Sabonis, G. (2017). Unichem. *Presentation*.
13. Wang, T.; MacGregor, S.J.; Anderson, J G.; Woolsey, G.A. (2005). Pulsed ultra-violet inactivation spectrum of *Escherichia coli*. *Water Res.*, 39, 2921–2925.
14. Zhang, M.; Zhu, W.; Xun, S.; Xiong, J.; Ding, W.; Li, M. et al. (2015). Enhanced oxidative desulfurization of dibenzothiophene by functional Mo-containing mesoporous silica. *Chem. Eng. Technol.*, 38, 117–124.

EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF DIESEL BIOLOGICAL CONTAMINATION

Summary

The paper presents an experimental study of biological contamination of different diesel samples using a fuel test kit MIKROCOUNT. Determination of the biological contamination of diesel samples revealed the effectiveness of different concentrations of the GROTAMAR 71 biocidal additive in the elimination of biological contamination. Experimental investigations are carried out strictly in accordance with the specified conditions and requirements. A biocide dose of 100 ppm has been determined after 14 hours completely eliminated biological contamination.

Keywords: diesel, biodiesel, biological contamination, biocidal additive.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Stravinskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto techninis eksploatavimas, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Alfredas Rimkus.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Automobilių transporto inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Automobilių inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Vidaus degimo varikliai, transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 67385890, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Saulius Stravinskas.

Science degree and name: master, lector

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department lector.

Author's research interests: Technical exploitation of transport, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 66209649, s.stravinskas@vtdko.lt

Author name, surname: Alfredas Rimkus.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Technology and Design College, Automobile Transport Engineering department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 61571161, a.rimkus@vtdko.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Engineering department associated professor.

Author's research interests: Internal combustion engines, transport ecology, alternative energy.

Telephone and e-mail address: +370 67385890, jonas.matijosius@vgtu.lt

NUOSAVO AUTOTRANSPORTO DEPARTAMENTO VEIKLOS ORGANIZAVIMO VERTINIMAS VAIRUOTOJŲ KAITOS POŽIŪRIU

Evelina Zasčiurinskaitė, Saulius Lileikis
Lietuvos aukštoji jūrėivystės mokykla

Anotacija

Straipsnyje siekiama atskleisti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybes vairuotojų kaitos požiūriu. Tyrimo uždaviniai: įvertinti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo situaciją, atsižvelgiant į vairuotojų kaitą, ir išryškinti šio departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybes. Taikyti pagrindiniai tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, statistinė analizė, papildantis tyrimą interviu (ekspertų metodas), interpretacija, sintezė. Minėto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybė grindžiama konstruktyvizmo, kuris nurodo derinti skirtingus požiūrius – idėjų konstruktus, metodologine nuostata.

Reikšminiai žodžiai: transportavimas, ekspedijavimas, vairuotojai, organizavimas.

Įvadas

Klaipėdos valstybinis jūrų uostas (KVJU) 2016 metais perkrovė daugiau nei 40 mln. tonų krovinių, iš kurių 13,3 % sudaro konteineriniai kroviniai. Šios rūšies krovinius aptarnauja krovinių transportavimo ir ekspedijavimo įmonės.

Nuosavo autotransporto departamentas teikia krovinių gabenimo nuosavu autotransportu paslaugas KVJU nuo 1992 metų. Siekdamas kokybiškai aptarnauti klientus Nuosavo autotransporto departamentas organizuoja su tuo susijusius procesus, kuriems įtaką daro nuolatinė vairuotojų kaita. 2012–2017 metais bendrovėje pastebimas darbuotojų pokytis, kuris kasmet siekia nuo 3 % iki 19 %. Todėl departamentas, atsižvelgdamas į vairuotojų kaitą, savo veiklos organizavimo procesus turi nuolat stebėti ir kontroliuoti.

Tyrimo objektas – Nuosavo autotransporto departamento veikla.

Straipsnio tikslas – atskleisti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybes vairuotojų kaitos požiūriu.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo situaciją atsižvelgiant į vairuotojų kaitą.
2. Išryškinti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybes.

Pagrindiniai tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, statistinė analizė, papildantis tyrimą interviu (ekspertų metodas), interpretacija, sintezė.

Tyrimo instrumentas – interviu klausimynas. Remiantis šiuolaikinėmis veiklos organizavimo mokslinėmis koncepcijomis (Tamošiūnas, 2013; Gazarian, 2013; Čiarnienė ir kt., 2013; Galegher, 2014; Shin et al., 2014; Šimanskienė ir kt., 2015), galima teigti, jog krovinių gabenimo nuosavu autotransportu organizavimui labiausiai taikytinos šios teorijos: tikslų darnos sinergija, organizacinė kultūra, motyvacijos ugdymo teorijos, partisipatyvinė (visuotinio dalyvavimo) teorija, virtualios organizacijos teorija. Atsižvelgiant į vairuotojų-ekspeditorių kaitą, teorijų pagrindu sudaryta anketa iš 20 klausimų pagal tris kategorijas – organizavimo procesas, vairuotojų kaitos priežastys, įtaka veiklos organizavimui.

Tyrimo imtis – interviu metodu parinkti ekspertai – Nuosavo autotransporto departamento aukščiausiojo bei viduriniojo lygmens vadovai, pagal kurių atsakymus išryškintos departamento veiklos probleminės sritys bei numatytos veiklos organizavimo gerinimo galimybės. Apklausti trys Nuosavo autotransporto departamento darbuotojai 2017 m. lapkričio mėnesį. Tyrimas – homogeniškas, visi informantai yra to paties departamento darbuotojai. Kokybiniame tyrime nesiorientuojama į tyrimo dalyvių imties reprezentatyvumą. Informantų kaip geriausių savo srities ekspertų atsakymai laikytini pakankamu pagrindu šio tyrimo rezultatams papildyti.

Užtikrinti interviu metodu atlikto papildančio *tyrimo validumą* padėjo šie momentai: interviu klausimynas parengtas mokslo teorijų pagrindu ir adaptuotas departamento veiklos specifikai, parinkti ekspertai – ilgametę patirtį turintys vairuotojų-ekspeditorių veiklos organizavimo profesionalai, etikos laikymasis – informantų prašyta atsakyti į klausimus, nurodytas tyrimo tikslas, įsipareigota ekspertus supažindinti su tyrimo rezultatais, padėkota už dalyvavimą tyrime.

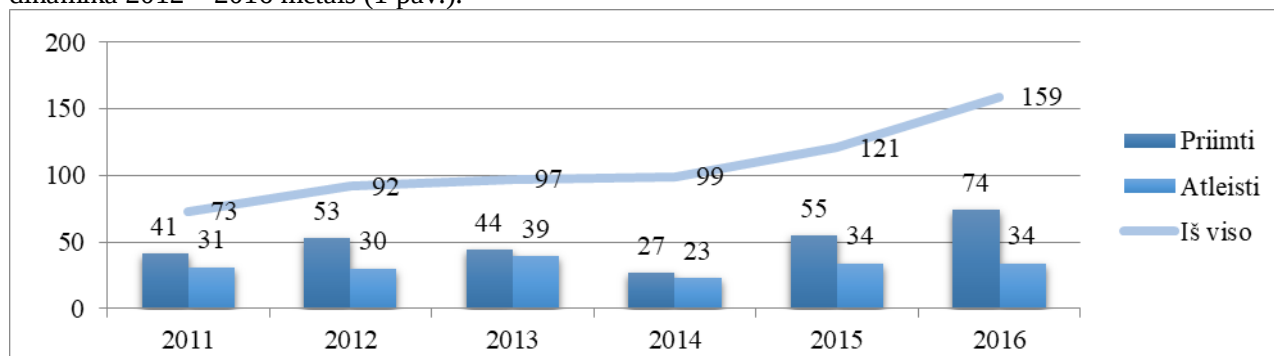
Tyrimo ribos. Gauti rezultatai gali būti taikomi tik Nuosavo autotransporto departamento vairuotojų-ekspeditorių veiklai.

Metodologinė nuostata – konstruktyvizmas, kuris nurodo derinti skirtingus požiūrius kaip idėjų konstruktus (Research Methodology, 2016). Šia nuostata grindžiama departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybė.

Straipsnio struktūra. Darbą sudaro du skyriai – Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo situacija atsižvelgiant į vairuotojų kaitą, ir Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybės.

Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo situacija atsižvelgiant į vairuotojų kaitą. Siekiant įvertinti Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimą vairuotojų kaitos požiūriu, pirmiausia tikslinga analizuoti vairuotojų-ekspeditorių skaičiaus dinamiką. Nuosavo autotransporto departamente krovinių gabenimo procesus organizuoja transporto vadybininkai, o tiesioginį krovinių gabenimo procesą vykdo jų kuriojami vairuotojai-ekspeditoriai. Departamente pastebima nuolatinė vairuotojų-ekspeditorių kaita, kuri daro įtaką organizuojant krovinių gabenimo procesus.

Paveiksle pateikta Nuosavo autotransporto departamente dirbančių vairuotojų-ekspeditorių skaičiaus dinamika 2012 – 2016 metais (1 pav.).

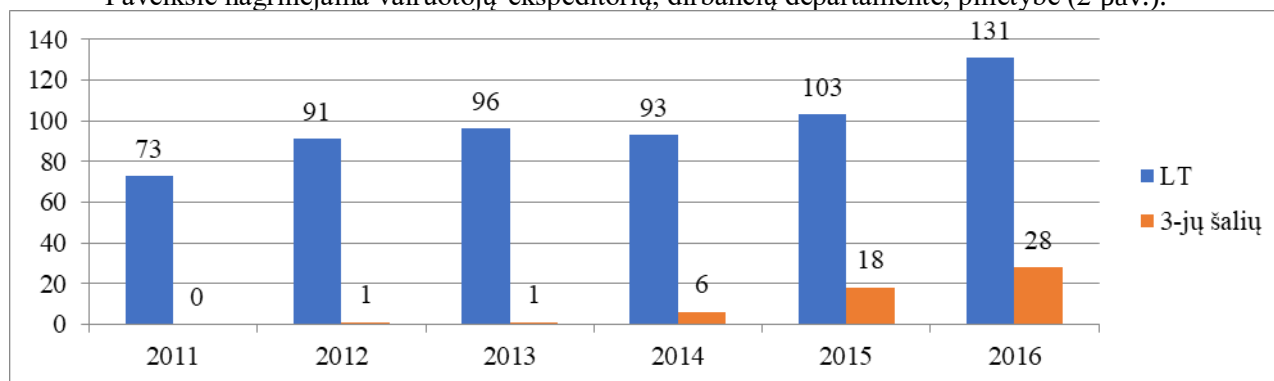


1 pav. Vairuotojų skaičiaus dinamika 2012–2016 m.

Šaltinis: Nuosavo autotransporto departamento veiklos ataskaita (2017)

Per analizuojamą laikotarpį Nuosavo autotransporto departamente vidutiniškai dirbo 106 vairuotojai-ekspeditoriai. Mažiausiai vairuotojų-ekspeditorių dirbo 2011 metais – 73, daugiausiai 2016 metais – 159. 2016 metais buvo priimta daugiausiai vairuotojų-ekspeditorių – 74. Viena iš priežasčių yra bendrovės nuosavo autotransporto parko papildymas 21 nauju vilkiku. Kiekvienais metais vidutiniškai bendrovė priima 49 vairuotojus ir atleidžia 31 vairuotoją.

Paveiksle nagrinėjama vairuotojų-ekspeditorių, dirbančių departamente, pilietybė (2 pav.).

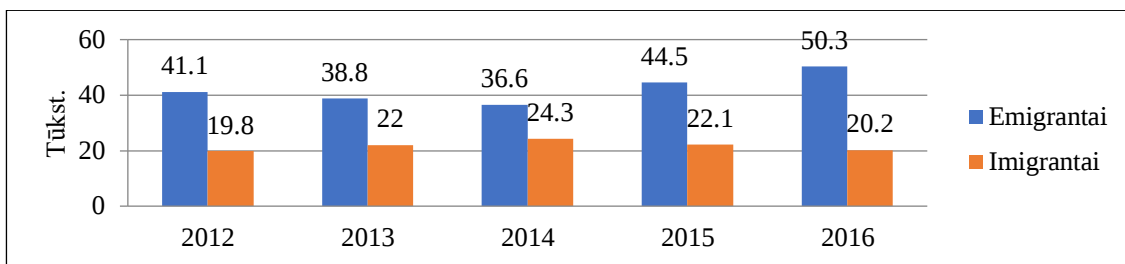


2 pav. Lietuvių ir trečiųjų šalių vairuotojų-ekspeditorių skaičiaus dinamika 2012–2016 m.

Šaltinis: Nuosavo autotransporto departamento veiklos ataskaita (2017)

Paveiksle pateikta lietuvių ir trečiųjų šalių vairuotojų-ekspeditorių skaičiaus dinamika 2012 – 2016 metais. 2011 metais bendrovėje nedirbo trečiųjų šalių asmenys, 2012 – 2013 metais bendrovėje dirbo tik 1 trečiųjų šalių vairuotojas-ekspeditorius, o nuo 2014 metų trečiųjų šalių asmenų darbuotojų skaičius bendrovėje nuolat didėjo: 2014 metais dirbo 6 vairuotojai-ekspeditoriai iš trečiųjų šalių, 2015 – 18, 2016 – 28.

Viena iš priežasčių yra didėjanti Lietuvos gyventojų migracija (3 pav.).



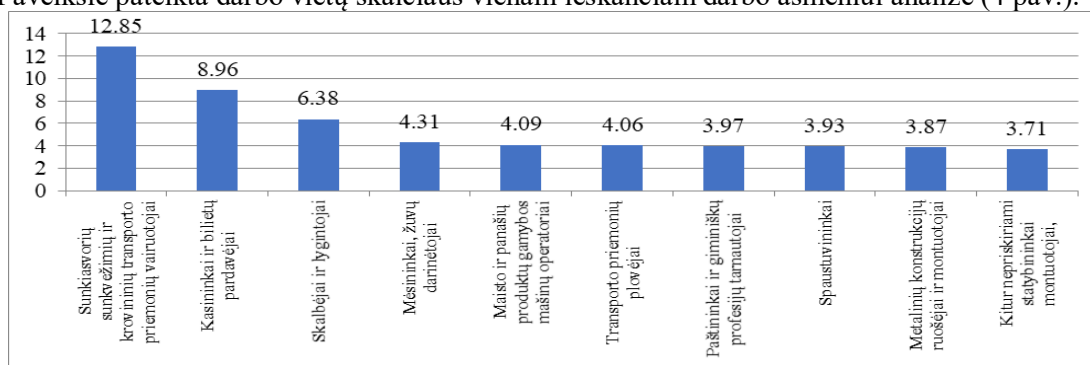
3 pav. Lietuvos gyventojų tarptautinė migracija

Šaltinis: Lietuvos statistikos departamentas: statistinių rodiklių analizė (2017)

Pagal 3 paveikslą pateiktus duomenis galima daryti išvadą, jog nuo 2014 metų emigracijos lygis Lietuvoje nuolat didėjo. Nuo 2014 iki 2016 metų emigrantų skaičius padidėjo 27 %, tai reiškia, jog kasmet vidutiniškai iš šalies išvyksta 42 tūkstančiai gyventojų, o į šalį atvyksta perpus mažiau – vidutiniškai 21 tūkstantis žmonių.

Taip sparčiai didėjant emigrantų skaičiui Lietuvoje lieka vis mažiau potencialių klientų bei kvalifikuotos darbo jėgos. Departamento vidutinis vairuotojų-ekspeditorių amžius yra 30 – 35 metai, o tai, remiantis statistikos duomenimis, 2016 metais sudarė 9,4 % visų išvykusių asmenų.

Kvalifikuotos darbo jėgos krovinio transporto vairuotojų sektoriuje trūkumas pastebimas visoje šalyje. Paveiksle pateikta darbo vietų skaičiaus viename ieškančiame darbo asmeniui analizė (4 pav.).



4 pav. Darbo vietų skaičius viename ieškančiame darbo

Šaltinis: Lietuvos darbo birža: laisvų darbo vietų analizė (2017)

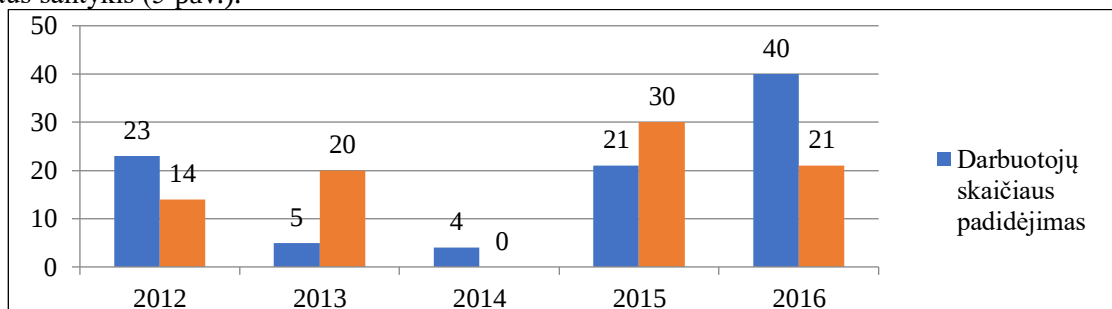
Vienam žmogui, ieškančiame krovinio transporto vairuotojo darbo, šiuo metu yra 12,85 laisvų darbo pasiūlymų – tai yra daugiausiai pasiūlymų iš 10 profesijų, kurių darbuotojų trūksta Lietuvoje.

Kita iš vairuotojų-ekspeditorių trūkumo priežasčių yra bendrovės keliamų reikalavimų neatitikimas.

Nuosavo autotransporto departamentas vairuotojams-ekspeditoriams kelia šiuos reikalavimus:

- krovinių gabenimo patirtis;
- B, C, E kategorijų vairuotojo pažymėjimas;
- užsienio kalbų mokėjimas (anglų, rusų kalba);
- darbo ir poilsio režimo žinojimas;
- pareigingumas, atsakingumas, sąžiningumas;
- pavojingų krovinių vežimo pažymėjimas (ADR) būtų privalumas.

Dar viena iš priežasčių, kodėl Nuosavo autotransporto departamente trūksta vairuotojų-ekspeditorių, tai didelis departamento plėtros tempas. Paveiksle demonstruojamas naujų darbuotojų ir įsigytų vilkikų skaičiaus santykis (5 pav.).



5 pav. Naujų darbuotojų ir įsigytų vilkikų skaičiaus santykis

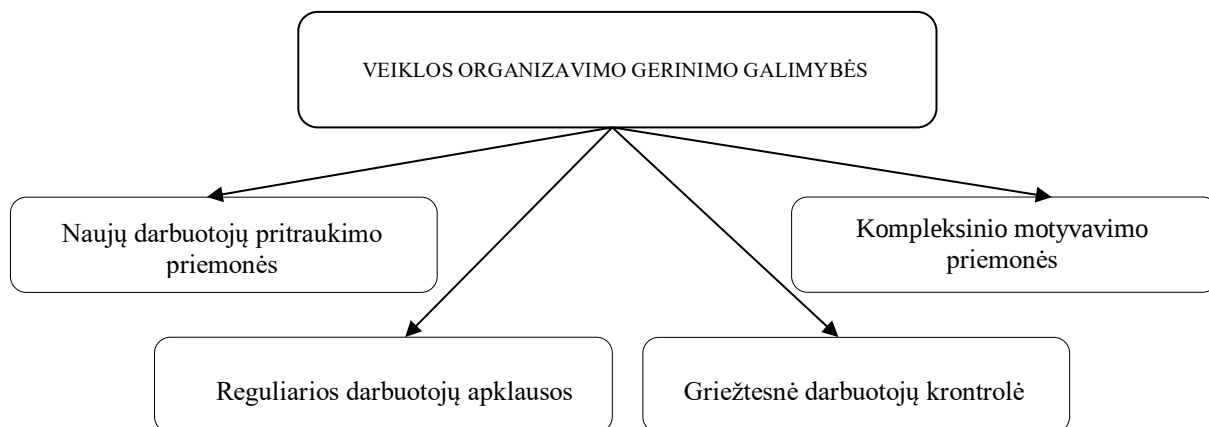
Kasmet Nuosavo autotransporto departamentas vykdo plėtrą ir įsigyja naujus vilkikus. Daugiausia vilkikų buvo įsigyta 2016 metais – 40, mažiausiai 2014 metais – 0. Vidutiniškai per metus departamentas įsigijo po 17 vilkikų. Apskaičiuota, jog 1-nam vilkikui optimaliai aptarnauti reikia 3 vairuotojų-ekspeditorių. Deja, šis optimalus skaičius departamente nėra pasiektas, tačiau, nepaisant to, kasmet vis tiek pildomas autoparkas naujais vilkikais. Todėl, remiantis 5 paveikslu pateiktais duomenimis, galima teigti, jog departamento plėtra vykdoma didesniu tempu nei turima žmogiškųjų išteklių.

Siekiant tirti vairuotojų-ekspeditorių kaitos priežastis departamente, vairuotojų-ekspeditorių kaitos įtaką krovinių gabenimo organizavimo procesams bei numatyti departamento veiklos gerinimo galimybes pasirinktas pradžioje minėtas tyrimą papildantis interviu (ekspertų metodas). Duomenų turinio analizės raiška lentelėse straipsnyje neteikiama dėl nedidelės jo apimties, todėl nurodomi tik svarbiausi rezultatai.

Nustatytos šios pagrindinės vairuotojų-ekspeditorių kaitos priežastys: greitas departamento plėtros tempas (kasmet vidutiniškai įsigyjama 17 vilkikų); tarptautinė emigracija (vidutiniškai per metus iš šalies išvyksta apie 47 tūkst. gyventojų) bei kitur siūlomas konkurencingas darbo užmokestis.

Be to, nustatytos departamento veiklos probleminės sritys: netinkamas vairuotojų-ekspeditorių elgesys (viešosios tvarkos pažeidimai, darbo sutarties pažeidimai, darbo saugos reikalavimų pažeidimai, transporto vadybininko nurodymų nesilaikymas, vėlavimai); nekokybiškas darbo atlikimas; informacijos neatitikimas. Visi išvardinti veiksniai daro neigiamą įtaką departamento reputacijai.

Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybės. Atsižvelgiant į išvardintas problemas, sudarytas departamento veiklos organizavimo gerinimo galimybių modelis (6 pav.).



6 pav. Nuosavo autotransporto veiklos organizavimo gerinimo galimybės

Atsižvelgiant į informantų nuomonę ir siekiant tobulinti veiklos organizavimo procesus, departamentas turėtų:

- vykdyti reguliarias darbuotojų apklausas siekdamas identifikuoti jų kaitos priežastis, problemas, su kuriomis jie susiduria atlikdami darbus;
- sužinoti ir atsižvelgti į jų lūkesčius, kaip to reikalauja metodologinis konstruktyvizmo principas;
- didinti darbuotojų motyvaciją pasitelkdamas kompleksinio motyvavimo priemones;
- naudoti naujų darbuotojų pritraukimo priemones, kad būtų pasiektas optimalus vairuotojų-ekspeditorių skaičius departamente;
- vykdyti griežtesnę vairuotojų-ekspeditorių kontrolę krovinių gabenimo metu, kad būtų geriau užtikrinama suteikiamų paslaugų kokybė, išvengiama vairuotojų-ekspeditorių netinkamo elgesio apraiškų.

Nuosavo autotransporto departamente trūksta vairuotojų-ekspeditorių. Todėl, siekiant pritraukti naujus darbuotojus, kad departamente būtų pasiektas ekspertų nurodytas optimalus vairuotojų-ekspeditorių skaičius (1 vilkikui 3 vairuotojai-ekspeditoriai), tikslinga naudoti darbuotojų pritraukimo priemones. Pagrindinės darbuotojų pritraukimo priemonės yra šios: geresnės darbo sąlygos lyginant su konkurentais (darbo laikas, darbo ir poilsio režimas, poilsio bazių naujumas) bei geresnės darbo priemonės (vilkikų naujumas, darbo aprangos naujumas, informacinių priemonių naujumas).

Kita iš priemonių gali būti žmonių skatinimas pasirinkti šią profesiją. Tai galima daryti suteikiant jiems galimybę nemokamai įgyti vairuotojo-ekspeditoriaus profesiją mainais už jų lojalumą (įsipareigoti vykdyti veiklą departamente atitinkamą laiką). Taikant šį metodą būtų pasiekta abipusė nauda – asmuo turėtų galimybę nemokamai įgyti profesiją, o investicijos į būsimą darbuotoją, didelė tikimybė, – atsipirktų.

Nuosavo autotransporto departamente pastebima vairuotojų-ekspeditorių kaita, kuri kasmet siekia nuo 2 % iki 20 %. Todėl, siekiant mažinti vairuotojų-ekspeditorių kaitą departamente ir išlaikyti esamus darbuotojus, tikslinga vykdyti reguliarias darbuotojų apklausas.

Apklausa padeda identifikuoti darbuotojų išvėliojamas problemas, su kuriomis susiduriama vykstant krovinio gabenimo procesus, nuostatas, poreikius, interesus, lūkesčius, motyvaciją, pasiūlymus. Atsižvelgiant į apklausos rezultatus galima koreguoti departamento veiklos procesus siekiant mažinti darbuotojų kaitą.

Darbuotojų kaitos mažinimui siektina didinti jų motyvaciją. Kadangi organizacijoje dirba skirtingos asmenybės, visus darbuotojus motyvuoti taikant vieną bendrą motyvacijos sistemą nėra efektyvu, nes skirtingus asmenis motyvuoja skirtingi veiksniai. Todėl aktualu kurti kompleksinę motyvavimo sistemą, kuri apjungtų materialias ir nematerialias motyvavimo priemones į darnią visumą ir padėtų patenkinti darbuotojų poreikius bei leistų efektyviai siekti organizacijos tikslų (tikslų sinergija).

Kompleksinė motyvavimo sistema susideda iš materialių motyvavimo priemonių (jos gali būti piniginės – premijos, didesnis darbo užmokestis, telefono ar automobilio išlaidų kompensavimas, nepiniginės – tarnybinis automobilis, nuolaidos, abonementai, išvykos, renginiai) ir psichologinių (darbuotojų įtraukimas į sprendimų priėmimą, užduočių delegavimas, karjeros tikimybė, saviraiškos galimybės, pasitikėjimas, sprendimų priėmimo laisvė, geros darbo sąlygos, padėkos raštai).

Departamento reputacijai neigiamą įtaką daro vairuotojų-ekspeditorių netinkamas elgesys (nekokybiškas darbų atlikimas, transporto vadybininko nurodymų nepaisymas, viešosios tvarkos nesilaikymas, darbo instrukcijų pažeidimai, vėlavimai). Dėl šių priežasčių klientas gali atsisakyti tokio vairuotojo-ekspeditoriaus ir departamento teikiamų paslaugų. Krovos kompanijos gali uždrausti tokiems vairuotojams vykti į jų teritoriją ir reikalauti kito vairuotojo. Todėl transporto vadybininkai susiduria su papildomais keblumais organizuodami krovinio gabenimo procesus.

Siekiant išvengti, kiek įmanoma, vairuotojų-ekspeditorių netinkamo elgesio apraiškų, transporto vadybininkai turėtų taikyti griežtesnę jų darbo kontrolę – nuolat sekti vilkiko esamą vietą, darbo laiką, tikimybę pristatyti krovinį laiku, įpareigoti darbuotojus nuolat siųsti atnaujintą informaciją. Taip būtų sumažinama darbuotojų netinkamo elgesio apraiškų tikimybė, nes problema būtų pradedama spręsti arba išsprendžiama pradinėje jos stadijoje. Be to, būtų didesnė tikimybė sumažinti vairuotojų-ekspeditorių prastovas – tinkamai panaudoti darbo ir privalomo ilgojo bei trumpojo poilsio valandų režimą.

Nuolat keičiantis vis atnaujinta informacija galimai būtų sumažinama klaidingos informacijos perdavimo galimybė (atvykimo bei išvykimo į/iš paskirties punkto laikas, krovinio numeris, krovinio būklė, eismo sąlygos, galimi vėlavimai į paskirties tašką, poilsio ir darbo laiko režimas). Siekiant mažinti Nuosavo autotransporto departamento vairuotojų-ekspeditorių kaitą, reikia analizuoti kaitos priežastis ir, remiantis gautais rezultatais, koreguoti departamento veiklą, didinti darbuotojų motyvaciją, taikyti naujų darbuotojų pritraukimo priemones.

Išvados

1. Įvertinus Nuosavo autotransporto departamento veiklos organizavimą vairuotojų kaitos požiūriu, taikant grandininį pakeitimų, statistinės analizės bei ekspertų metodus, nustatytos šios probleminės veiklos organizavimo sritys: didelė vairuotojų-ekspeditorių kaita (2 – 20 %), vairuotojų-ekspeditorių trūkumas, netinkamas vairuotojų-ekspeditorių elgesys vykstant veiklos procesus, nekokybiškas darbo atlikimas, informacijos neatitikimas.

2. Siekiant pritraukti naujų darbuotojų siūloma naudoti darbuotojų pritraukimo priemones (siūlyti konkurencingas darbo sąlygas bei priemones, darbo užmokestį, skatinti pasirinkti šią profesiją), didinti darbuotojų motyvaciją kuriant kompleksinę motyvavimo sistemą, vykdyti reguliarias vairuotojų-ekspeditorių apklausas, siekiant identifikuoti darbuotojų lūkesčius, nuostatas, poreikius bei pasiūlymus, taikyti griežtesnę darbuotojų darbo kontrolę siekiant sumažinti darbuotojų netinkamo elgesio apraiškas. Modelio taikymas gali padėti sumažinti vairuotojų-ekspeditorių kaitą departamente bei pagerinti suteikiamų paslaugų kokybę.

Literatūra

1. *Nuosavo autotransporto departamento veiklos ataskaita.* (2017). Klaipėda: NAD.
2. Čiarnienė, R. ir kt. (2013). *Organizacijų vadybos pagrindai.* Kaunas: Technologija.
3. Gazarian, A. (2013). *Vadovas ir organizacija.* Kaunas: UAB „Dakra“.
4. Galegher, J. et al. (2014). *Intellectual Teamwork. Social and Technological Foundations of Cooperative Work.* New York: Psychology Press.
5. *Lietuvos Respublikos darbo birža: laisvų darbo vietų analizė.* (2017) [žiūrėta 2017-10-05]. Prieiga internete: www.lb.lt
6. *Lietuvos statistikos departamentas: statistinių rodiklių analizė.* (2017) [žiūrėta 2017-10-05]. Prieiga internete: www.stat.gov.lt

7. Research Methodology. (2016). *Constructivism Research Philosophy* [žiūrėta 2017-11-07]. Prieiga internete: <http://research-methodology.net>
8. Shin, S. K., Kook, W. (2014). Can Knowledge be More Accessible in a Virtual Network? Collective Dynamics of Knowledge Transfer in a Virtual Knowledge Organization Network. *Decision Support Systems*, 59, p. 180-189.
9. Šimanskienė, L., Gargasas, A., Ramanauskas, K. (2015). *Organizacinės kultūros vaidmuo organizacijos veikloje. Management Theory and Studies for Rural Business and Infrastructure Development*, 2, p. 310-320.
10. Tamošiūnas, A. (2013). *Vadybos funkcijos ir priemonės. Vilnius: Technika.*

ROAD HAULAGE DEPARTMENT ACTIVITY REGARDING DRIVER CHANGE: ORGANIZATIONAL ASSESSMENT

Summary

Road haulage department provides cargo transportation by road transport in Eastern, Western, Central Europe and CIS countries. The transport managers that are working at the department are organizing cargo transportation processes in line of drivers' change, which ranges from 2% to 20% annually. The object of the research is the activity of Road haulage department. Research aim is to project development possibilities for Road haulage department activity in terms of driver change improvement. The research objectives: to analyze the connection of goods transportation by road transport and modern organization theories; to assess organisation of Road haulage department activity in terms of driver change; to model the possibilities for improving the organization Road haulage department. The research methods: analysis of scientific literature, statistical analysis, interview (expert method), interpretation and synthesis. After the evaluation of the results, department's problematic areas were identified: the change and shortage of drivers-forwarders, improper behavior of drivers-forwarders in cargo transportation processes, low quality of work and misleading information. In order to improve the department's activities in problem areas there is activity organizing improvement model, which proposes the use of new employee recruitment methods, ordinary staff surveys, more strict employee monitoring and the use of complex motivation methods. The application of the model can help to reduce the change of drivers-forwarders in the department and increase the quality of provided services.

Key words: transportation, forwarding, driver, organization.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Evelina Zasčiurinskaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: profesinis bakalaūras

Darbo vieta ir pozicija: Nuosavo autotransporto departamento vadybininkė-asistentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: įmonės veiklos organizavimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 46 397255, e.zasciurinskaite@lajm.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Saulius Lileikis

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos aukštosios jūrėivystės mokyklos, Uosto ekonomikos ir vadybos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: jūrinė edukacija ir vadyba

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 08106, s.lileikis@lajm.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Evelina Zasciurinskaite

Science degree and name: Professional bachelor

Workplace and position: Road haulage department manager-assistant

Author's research interests: organization of the company's activity

Telephone and e-mail address: +370 46 397255, e.zasciurinskaite@lajm.lt

Author name, surname: Saulius Lileikis

Science degree and name: PHD, assoc. prof.

Workplace and position: Lithuanian Maritime Academy, Port Economics and Management Department associate professor

Author's research interests: maritime education and management

Telephone and e-mail address: +370 652 08106, s.lileikis@lajm.lt

KAMPO MATŲ KALIBRAVIMO PAKLAIDŲ PRIKLAUSOMYBĖS NUO KALIBRAVIMO OBJEKTO PARAMETRŲ TYRIMAS

Arūnas Čepaitis, Artūras Kilikevičius, Rimantas Lazdinas, Edgaras Urbonas, Lina Baltuonytė,
Juozas Jakubka, Darius Vainorius, Jonas Matijošius
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija. Bus nagrinėjamas faktorių įtakojančių rastrinių skalių brūkšnių padėties detektavimo tikslumą identifikavimas. Atliktas rastrinių elementų padėties detektavimo modeliavimas. Pateiktos pagrindinės schemos. Atliktas eksperimentinis paklaidų tyrimas kalibruojamojo objekto – limbo mikroprofilio įtaka jo pagrindiniams parametrams: tikslumui ir pralaidumo vienodumui. Atliktas tikslumo ir pralaidumo vienodumo parametrų palyginimas su šablonu ir iš jo padarytu limbu. Apibendrinta visų matavimų rezultatų analizė.

Reikšminiai žodžiai: Komparatorius, šablonas, rastrinis diskas, mikroprofilis, tikslumas, pralaidumo vienodumas.

Įvadas

Pagrindinis tyrime sprendžiamas uždavinys – analitiniu ir eksperimentiniu būdu rastrinio disko (limbo) rastrinių elementų padėties detektavimo nustatymas ir didžiausio neapibrėžties šaltinio įtakos tikslumui ir pralaidumo vienodumui nustatymas. Kampo matų tikslumo tyrimuose padaryta didelė pažanga, tačiau precizinės mechatroninės sistemos dažnai yra per daug sudėtingos ir skirtingos, todėl sunku ar beveik neįmanoma perkelti ir pritaikyti joms šių tyrimų pasiekimus tiesiogiai, tokių mechatroninių sistemų kūrimas ir tobulinimas turi remtis tyrimais specifinėje darbo aplinkoje. Kalibravimo neapibrėžties sandara yra individuali kampo komparatoriaus charakteristika, nustatoma atlikus išsamų jos sandų tyrimą konkrečiose matavimo sąlygose.

Vienas pagrindinių mechatroninių sistemų projektavimo kriterijų (Bansevičius et al. 2005) yra paklaidų biudžetas (sandara), kuris apsprendžia, kokio dydžio paklaidos (ar neapibrėžtys) gali būti toleruojamos kiekvienoje sistemos kūrimo, gamybos ar eksploatavimo stadijoje. Paklaidas siekiama ne minimizuoti, o padaryti jas valdomomis ir kontroliuoti jų poveikį – t.y. ištirti dominuojančias paklaidas, jų valdymo (kompensavimo) galimybes, o taip pat įvertinti šių paklaidų įtaką kalibravimo paklaidų (neapibrėžties) biudžetui.

Tyrimams naudojamas įrenginys

Tyrime naudotas įrenginys - kampinis komparatorius (1 pav.), skirtas kampo matų ir kampinių poslinkių matavimo sistemų paklaidoms kalibruoti. Komparatoriaus struktūra atsižvelgiant į dvigubą jo paskirtį - kampinių skalių (limbų) ir kampinių poslinkių matavimo keitiklių kalibravimą, susidaro iš pagrindinių kompleksinių dalių:

Bazinė komparatoriaus dalis. Ją sudaro precizinis mechatroninis sukimosi judesio įrenginys, kalibruojamosios skalės brūkšnių detektavimo įrenginys, jo santykinio posūkio skalės atžvilgiu matavimo sistema.

Skaičiavimo valdymo kompleksas. Tai kalibravimo proceso valdymo sistema, limbo brūkšnių padėties detektavimo sistema, duomenų apdorojimo ir pateikimo sistema su atitinkama programine ir matematine įranga.

Neatsiejama komparavimo komplekso dalis yra preciziniams matavimams skirta laboratorija su virpesių izoliacijos ir norminės temperatūros palaikymo sistemomis (Kilikevičius 2009).

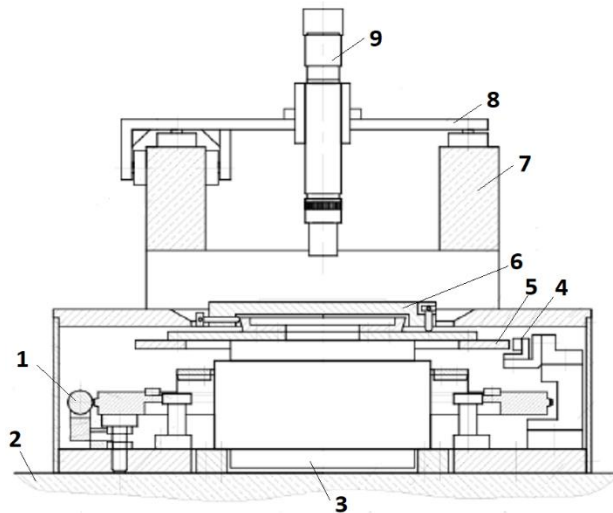
Rastrinių elementų padėties detektavimas

Rastrinio disko brūkšnio detektavimo tikslumas priklauso nuo apšvietimo būdo, vaizdo jutiklio, optinės perdavimo funkcijos, vaizdo defokusavimo, duomenų apdorojimo algoritmo.

Pagrindiniais linijos detektavimo neapibrėžties šaltiniais yra (Lazdinas 2011):

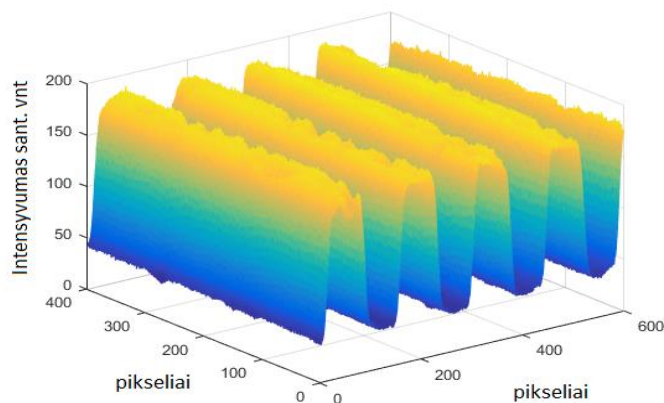
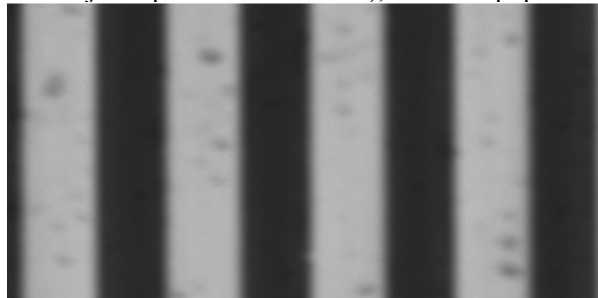
- brūkšnio krašto padėties nustatymo skyra;
- brūkšnio krašto padėties nustatymo kartinėjimas;
- brūkšnio krašto geometrijos (lygiagretumo, šiurkštumo) įtaka;
- matavimo linijos nustatymo įtaka;
- mikroskopo židinio kaitumo įtaka (defokusavimas);
- apšviečiančios spinduliuotės bangos ilgio įtaka;
- apšviečiančios spinduliuotės poliarizavimo įtaka;
- apšviečiančios spinduliuotės koherentiškumo įtaka;
- mikroskopo didinimas (arba kito linijos pajautimo įtaiso jautris);

- brūkšnio padėties pajautimo schemos netiesiškumas;
- mikroskopo optinės ašies nustatymas;
- brūkšnio krašto padėties nustatymo algoritmo, brūkšnio profilio asimetrijos, linijos formos įtaka;
- skalės matavimo priešinga kryptimi įtaka.



1 pav. Kampinio komparatoriaus schema: 1 – servovariklis; 2 – granitinė plyta; 3 – precizinis aerostatinis suklys; 4 – nuskaitymo galvutė; 5 – etaloninis limbas; 6 – matavimo objekto staliukas; 7 – granitinės kreipiančiosios; 8 – mikroskopo kariatėlė; 9 – mikroskopas su kamera (Vekteris et al. 2012)

Vaizdo duomenys, pagal kuriuos indikuojama brūkšnio padėtis, iš esmės priklauso nuo rastrinio disko apšvietimo, jo tolygumo ir fokuso gylio (Lazdinas 2011). Todėl buvo tirtas rastrinio disko segmento, esančio mikroskopo regos zonoje, apšvietimo intensyvumo nevienodumas brūkšnio detektavimo metu, apšvietimo intensyvumo išlyginimo galimybė ir galimybė tokiu būdu padidinti brūkšnio padėties detektavimo tikslumą. Apšvietimo intensyvumo išlyginimas atliekamas aproksimuojant apšvietimo reikšmes parametrine funkcija arba sumuojant apšvietimo intensyvumą išlyginančias reikšmes kiekvienam pikseliui (CMOS matrix sensitive element). Abu būdai yra realizuojami tik nufotografavus ir įkėlus paveikslą į kompiuterį. Tai pasyvios kompensacijos metodas, realizuojamas programiniu būdu (Bručas et al. 2008). Jo privalumai: tai lankstumas (galima lengvai perkonfigūruoti naujam apšvietimo šaltiniui), nereikia papildomų prietaisų, nedidelė kaina.



2 pav. Kameros lauke matomas rastrinio takelio fragmentas ir jo trimatis vaizdas.

Toks vaizdas (2 pav.) susidaro nufotografavus rastrą per 20x kartų padidinimo objektyvą 10 us ekspozicija. Pagrindinė optinių iškraipymų priežastis yra cilindrinė optika. Dėl to plokščias objekto vaizdas pereidamas optiką turi būti fokusuojamas į sferinį paviršių. Deja šiuo metu tik laboratorijose yra pagaminami foto sensoriai ant kreivų paviršių. Prekyboje visi skaitmeninių kamerų sensoriai yra plokšti ir dėl to panaudojus cilindrinę optiką, gauname „statinės“ formos objekto vaizdo iškraipymą kameros sensoriaus lauke.

Brūkšnių kontūrams nustatyti yra naudojama daug metodų, iš kurių būtų sunku išskirti efektyviausią. Kiekvienas metodas turi savitumų, nuo kurių priklauso kontūro kokybė ir jo detektavimo tikslumas (Giniotis 2005). Pateiktas metodas orientuotas pirmiausia į tikslumo gavimą, o po to į greitaveiką ir sudėtingumą. Be to brūkšninių matų matavimuose dažnai naudojama brūkšnių profilio kreivė ir iš jos yra randamas vienas kontūro taškas, kuris vidutinė kontūro reikšmė - kitaip brūkšnio kraštas.

Statiniu matavimo metodu yra gaunamos geros kokybės, sufokusuotos, ilgo išlaikymo, mažai triukšmingos rastrinio takelio fragmentų nuotraukos. Kalibruojant limbus dinaminiu metodu nuotraukų kokybė yra prastesnė nei statiniu metodu. Dėl objekto išfokusavimo, judesio, trumpos ekspozicijos, stipraus apšvietimo ir kitų veiksnių, nuotraukose yra prarandama dalis informacijos, brūkšnio kontūro zonoje intensyvumas kinta palaipsniui. Todėl brūkšnių profilio kreivė yra gaunama ne stačiakampė, kaip yra idealiu atveju, o beveik sinusinės funkcijos formos. Tą gali sąlygoti brūkšnio krašto defektai bei brūkšnio pasvirimas.

Periodinė stačiakampių impulsų seka matematiškai aprašoma formule:

$$f(x) = \begin{cases} -1 & , \text{ kai } -\pi \leq x \leq 0 \\ 1 & , \text{ kai } 0 \leq x \leq \pi \end{cases} \quad (1)$$

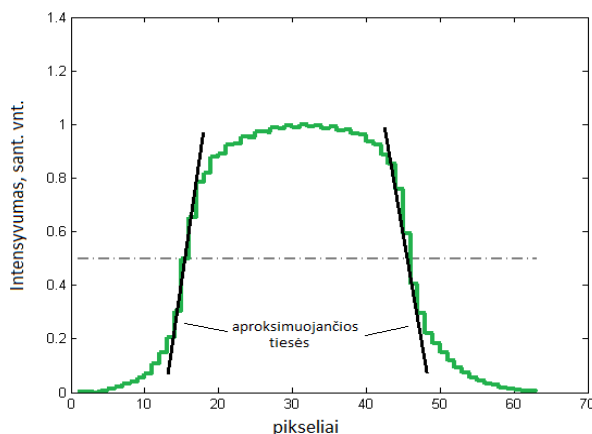
Matematinėje analizėje dažniau naudojama Furjė eilutė paskleista išraiška:

$$x_{square}(t) = \frac{4}{\pi} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{\sin((2k-1)2\pi ft)}{(2k-1)} \quad (2)$$

Tačiau realūs signalai (brūkšnio profilis) yra sinusinės funkcijos formos (3 pav.). :

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} [a_n \cos(nx) + b_n \sin(nx)] = 2 \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{n} \sin(nx), \text{ kai } x - \pi \notin 2\pi Z \quad (3)$$

Iš nuotraukų pasinaudojant Furjė eilutę apskaičiuojamos reikšmės. Nustatant brūkšnio kraštą naudojami keli pirmieji Furjė eilutės 7 nariai. Furjė eilutė galima įvertinti iškarto kelių brūkšnių pozicijas iš rastrinio elemento brūkšninės skalės, tai sumažina kalibruojamos limbo tikslumo įverčių išsibarstymą, tačiau ir suvidurkina dominančio brūkšnio poziciją kitų brūkšnių atžvilgiu (Lazdinas 2011).



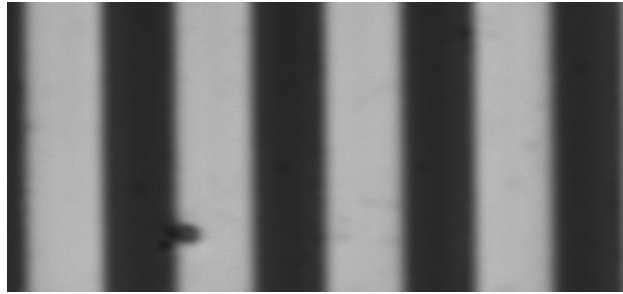
3 pav. Normuotas laiptuotas brūkšnio profilio reikšmių grafikas ir vidurio komparavimo linija

Tyrimų rezultatai

Tyrimo limbo šablonas ir pats limbas buvo matuoti po 5 kartus, sukanč šabloną ir limbą nuo tos pačios žinomos vietos, kad būtų galima gautus rezultatus palyginti. Sukant limbą ir šabloną kas 0.9° laipsnių buvo padaroma nuotrauka ir išsaugoma duomenų

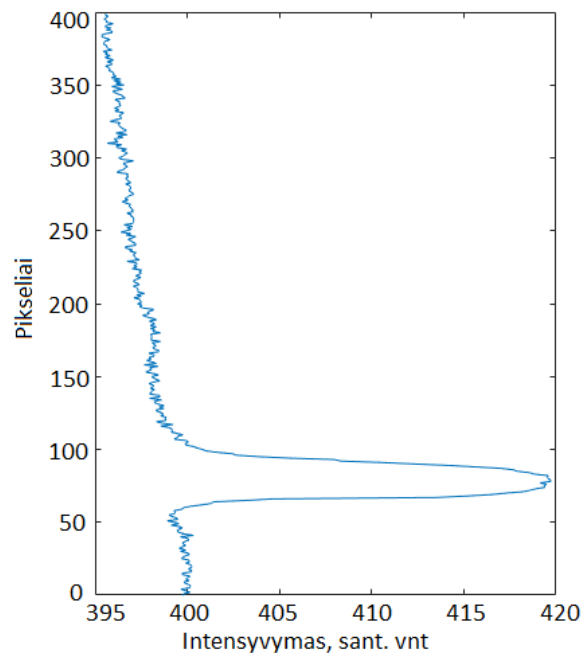
Tyrimo limbo šablonas ir pats limbas buvo matuoti po 5 kartus, sukanč šabloną ir limbą nuo tos pačios žinomos vietos, kad būtų galima gautus rezultatus palyginti. Sukant limbą ir šabloną kas 0.9° laipsnių buvo padaroma nuotrauka ir išsaugoma duomenų bazėje. Duomenys buvo statistiškai įvertinti, buvo skaičiuojamas vidutinis kvadratinis nuokrypis. Šablono mikroprofilio nelygumai gauti minimalūs, kadangi šablonas deginamas lazeriu tai jo rastrinių brūkšnių kraštai yra taisyklingos ir gražios formos. Limbas gaminamas

fotolitografijos metodu, todėl atliekant ryškinimo operaciją, rastrinių brūkšnių kraštai netolygiai išsiryškina, gaunami įvairūs mikroprofilio nelygumai (4 pav.), kurie daro įtaką matuojamiesiems parametrams – tikslumui ir pralaidumo vienodumui.



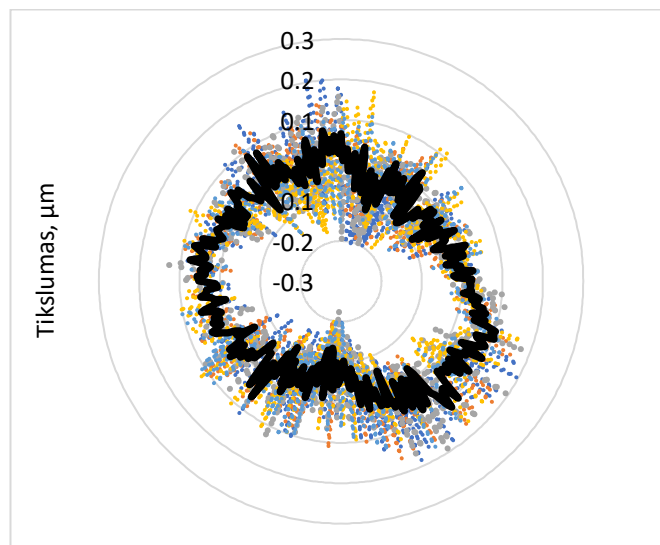
4 pav. Mikroprofilio nelygumai. Chromo taško defektas ant rastrinio takelio

Gautas nuotraukas įkėlus į apskaičiavimo programinę ir matematinę įrangą Matlab, matosi kaip šis chromo taškas daro įtaką rezultatų duomenims (5 pav.).

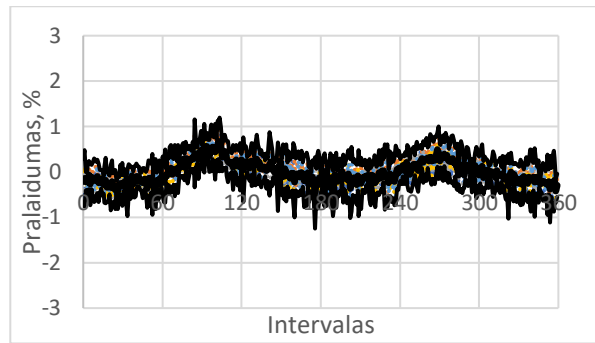


5 pav. Mikroprofilio įtaka matavimo rezultatams

Pamatavus šabloną 5 kartus buvo gauti tokie tikslumo matavimo rezultatai (6 pav.) ir tokie pralaidumo rezultatai (7 pav.).

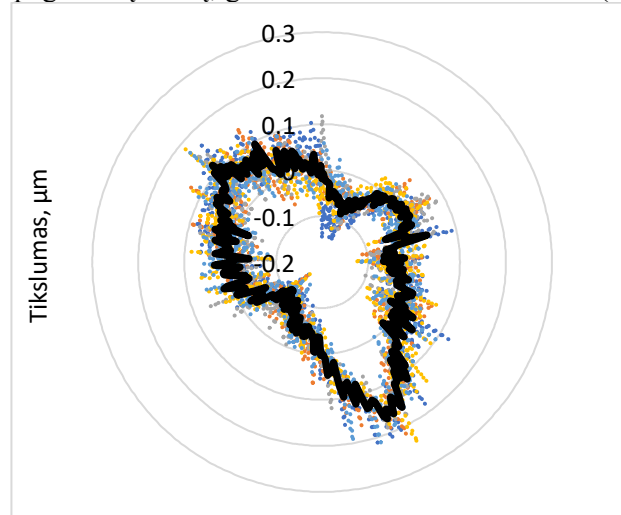


6 pav. Šablono tikslumo rezultatai

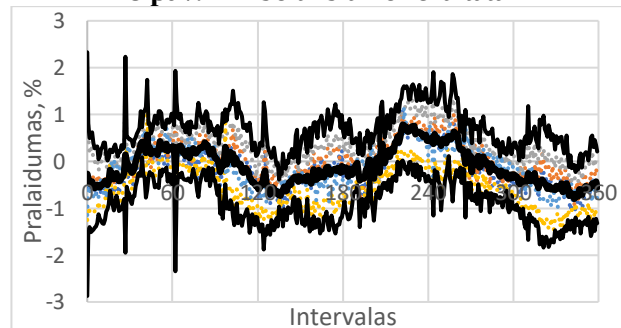


7 pav. Šablono pralaidumo vienodumo rezultatai

Pamatavus iš šablono pagamintą limbą, gauti tokie matavimo rezultatai (8 ir 9 pav.)



8 pav. Limbo tikslumo rezultatai



9 pav. Limbo pralaidumo vienodumo rezultatai

Iš matavimo rezultatų galima spręsti, kad mikroprofilis labiausiai daro įtaką pralaidumo vienodumo matavimo rezultatams, nes palyginus grafikus galima pamatyti padidėjusį pralaidumo netolygumo procentą, taip pat atsiradusių didelių šuolių, kurių atsiradimą ir lemia panašūs defektai kaip 4 paveikslėlyje esantys chromo likučiai.

Išvados

1. Dangos atspindžio koeficientas (šablono – 35, o limbo 61) įtakoja tikslumo matavimo tikslumą. Norint didinti mažo atspindžio rastrinių elementų tikslumo matavimą reikia tobulinti optinę matavimo sistemą ir brūkšnių vidurio nustatymo metodiką.

2. Pralaidumo parametras yra įtakojamas rastrinių brūkšnių mikroprofilio. Mikroprofilis yra suformuojamas fotolitografijos proceso metu. Fotolitografijos proceso metu gaminant seriją gaminių galima pralaidumo korekcija.

3. Nustatant brūkšnių vidurio padėtį kiekvienos nuotraukos eilutėje, brūkšnio krašto defektus galima defektuoti skaičiuojant vidutinį kvadratinį nuokrypį ir filtruojant reikšmes $\pm 2\sigma$ intervale. Šis metodas pagerina brūkšnių vidurio nustatymo tikslumą.

Literatūra

1. Bansevicius, R.; Giniotis, V. 2005. Mechatronic correctional devices for precision engineering. International conference "Mechatronic systems and materials MSM 2005". Abstracts. 20-23 October 2005, pp. 133-134. ISBN 9986-05-900-3.
2. Bručas, D. 2008. Modified circular scale testing and calibration method Bručas, D.; Giniotis, V. // The 7th International conference "Environmental engineering".
3. Giniotis, V. 2005. Padėties ir poslinkių matavimas. (Position and Displacement Measurement, in Lithuanian). ISBN 9986-05-890-2.
4. Kilikevičius A. 2009. Ilgio matavimo mechatroninio komparatoriaus dinaminų paklaidų tyrimas. ISBN 978-9955-28-436-9.
5. Lazdinas R. 2011. Precizinių brūkšnių ilgio matų kalibravimo paklaidų tyrimas įterptinės metrologijos sąlygomis. ISBN 978-609-457-052-0
6. Vekteris V.; Kasparaitis A. 2012. Matavimų teorija ir praktika. ISBN 978-609-457-213-5
7. Vekteris, V.; Jurevičius, M.; Kilikevičius, A. 2009. Matavimų teorija ir praktika. ISBN 9789955283973

INVESTIGATION OF THE PARAMETERS OF THE CALIBRATION OBJECT OF THE PECULIARITY OF CAMPAIGN MATERIALS

Summary

The identification of the accuracy of the detection of the position of the dashes affecting the factors affecting the factors will be considered. A simulation of the position detection of raster elements was performed. Basic schematics provided. An experimental error study was performed on the influence of the calibration object - the limb microprofile on its basic parameters: accuracy and uniformity of permeability. Comparison of accuracy and bandwidth uniformity parameters with the template and the limb from it. A summary of the results of all measurements is summarized.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Arūnas Čepaitis.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 647 39584, arunas.cepaitis@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Kilikevičius.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rimantas Lazdinas.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 698 44698, rimantas.lazdinas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Edgaras Urbonas.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, edgaras.urbonas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Baltuonytė.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, lina.baltuonyte@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Juozas Jakubka.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, juozas.jakubka@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslų laipsnis ir vardas: doktorantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.
Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Arūnas Čepaitis.
Science degree and name: Master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department student.
Author's research interests: Mechanical process, environmental.
Telephone and e-mail address: 8 647 39584, arunas.cepaitis@vgtu.lt

Author name, surname: Artūras Kilikevičius.
Science degree and name: doctor, associated professor
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department associated professor.
Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.
Telephone and e-mail address: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Rimantas Lazdinas.
Science degree and name: doctor, associated professor
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department associated professor.
Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.
Telephone and e-mail address: 8 698 44698, rimantas.lazdinas@vgtu.lt

Author name, surname: Edgaras Urbonas.
Science degree and name: Master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department student.
Author's research interests: Mechanical process, environmental.
Telephone and e-mail address: 8 650 20894, edgaras.urbonas@vgtu.lt

Author name, surname: Lina Baltuonytė.
Science degree and name: Master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department student.
Author's research interests: Mechanical process, environmental.
Telephone and e-mail address: 8 650 20894, lina.baltuonyte@vgtu.lt

Author name, surname: Juozas Jakubka.
Science degree and name: Master student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department student.
Author's research interests: Mechanical process, environmental.
Telephone and e-mail address: 8 650 20894, juozas.jakubka@vgtu.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.
Science degree and name: PhD student.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineering department student.
Author's research interests: Mechanical process, environmental.
Telephone and e-mail address: 8 650 20894, darius.vainorius@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.
Science degree and name: doctor, associated professor.
Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Engineering department associated professor.
Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.
Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

OPTINIŲ STALŲ SLOPINIMO SISTEMOS DINAMINIŲ SAVYBIŲ TYRIMAS

**Redas Šmigelskas, Artūras Kilikevičius, Edgaras Urbonas, Lina Baltuonytė, Juozas Jakubka,
Darius Vainorius, Jonas Matijošius**
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Straipsnyje aprašytas optinio stalo slopinimo sistemos tyrimas. Tyrimo tikslas – nustatyti optinio stalo slopinimo sistemos taką stalo stabilumui. Atlikti optinio stalo teorinius tyrimus SolidWorks aplinkoje (modalinė analizė) bei slopinimo sistemos tyrimus Matlab Simulink aplinkoje. Taip pat atlikti optinio stalo eksperimentinius tyrimus.

Reikšminiai žodžiai: optinis stalas, slopinimo sistema, modalinė analizė.

Įvadas

Vykdam tyrimus dažnai pasitaiko atvejų, kai reikia atlikti eksperimentus aplinkoje be vibracijų. Tačiau, vibracijų šaltiniai, kaip oro kondicionieriai, šilumos pompos ir kelių ar geležinkelių transporto sistemos, ženkliai prisideda prie neišvengiamo vibracinio foninio triukšmo, kuris veikia aplinkinius objektus. Optinės sistemos susideda iš daugybės komponentų, kurie turi būti individualiai pritvirtinti, sulygiuoti preciziškai ir standžiai, nes yra ypač jautrūs vibracijoms, dėl to jų efektyvumas smarkiai sumažėja.

Metrologinės rangos precizikos ir rezoliucijos reikalavimai tampa vis griežtesni su kiekviena technologine pažanga. Todėl metrologinės sistemos tapo dar jautresnės išoriniams trikdžiams, kaip temperatūrų kaita ir vibracijos.

Vibracijų slopinimas iš esmės gali būti pasyvus ir aktyvus (taip pat egzistuoja įvairių tarpinių variantų). Pasyvus slopinimas yra bene vienas seniausių. Štai, pavyzdžiui, D. Kamesh, R. Pandiyan (2011) tyrė reakcijos rato pasyvių vibracijų izoliavimą naudojant žemo dažnio lanksčią erdvinę platformą. Cho S.W., Jung H.J., Lee I.W. (2005) tyrė išmaniąją pasyviąją sistemą pagrįstą magnetorheologiniu slopintuvu. Aktyvios sistemos tampa vis populiareesnės kylant matvimų ir pramonės standartams. Aktyvus vibracijų izoliavimas plačiai taikomas vairiuose preciziškuose tyrimuose. Štai, pavyzdžiui, L. Benassi, S. J. Elliott, P. Gardonio (2003) aprašė aktyvų vibracijų izoliavimą naudojant inercinę pavarą su vietinės jėgos gržtamojo ryšio kontrole. Hoque M.E., Takasaki M., Ishino Y. (2006) straipsnis pateikė 3 laisvės laipsnių aktyvią vibracijų izoliavimo sistemą, naudojančią nulinės galios magnetinę pakabą.

Daug pastangų telkta ties korio struktūrų tyrimų efektyviais skaitinio modeliavimo metodais, vibracijų ypatybių, avarinio tinkamumo, žalos, nesekmės ir poveikio atsako. Tyrėjai Adams ir Maheri (Adams 1993) ištyrė kompozitinio korio sijų slopinimą esant pastovioms lankstuminėms vibracijoms, naudojant metodą išvestą monolitinėms sijoms.

Vibracijos parametrų teorinė analizė ir eksperimentinių rezultatų analizė leidžia vertinti korio sistemų patikimumą. Išsami vibracijų teorinių metodų analizė buvo apibrėžta Cveticanin, Mester ir Biro (Cveticanin et al 2014), Siljak, Subasi (Siljak et al 2014) ir Wicher, Więckowski (Wicher et al 2010).

Šiame straipsnyje nustatomas optinio stalo sistemos stabilumas atliekant teorinius ir eksperimentinius tyrimus, kurie leis palyginti rezultatus ir prieiti išvadų apie toliau apibrėžtos slopinimo sistemos veikimą, stalo elgseną ir pan.

Tiriamas objektas ir matavimo rangas

Tyrimo objektas yra optinis stalas su supaprastinta slopinimo sistema. Tyrimo tikslas – ištirti optinio stalo slopinimo sistemos taką stalo stabilumui tiek teoriškai tiek eksperimentiškai. Kad optinio stalo slopinimo sistemą būtų galima ištirti teoriniu būdu, tam reikia pirmiausia sudaryti dinaminį modelį, tai yra aprašomos viso tiriamo objekto veikiančios jėgos, padėtis erdvėje ir pan. Jau turint dinaminį modelį aprašomas matematinis. Dinaminis modelis padeda puikiai vizualizuoti esamą problemą ir todėl palengvina reiškinį aprašymą formulėmis. Matematinio būdu formulėmis išreikštas optinio stalo judėjimas atitinkamomis kryptimis panaudojamas grafiškai vizualizuoti stalo judėjimą. Kadangi stalas yra pastatytas ant guminių padukų (žr. 1 pav.), juos galima laikyti vibracijų slopinimo sistema, todėl tai reikia vertinti.



1 pav. Guminis padukas

Toliau užsidavus atitinkamas padukų slopinimo ir standumo reikšmes Matlab Simulink programiniu paketu. Simuliuojamas šių padukų poveikis, kaip slopinimo sistemos. Padukai taip pat atlieka atraminę funkciją. Tokių padukų yra 4, kiekviename stalo kampe. Pavaizduotas tiriamas optinis stolas (žr. 2 pav.). Optinio stalo matmenys 600x800x50 mm. Čia stalo kojos atlieka tik pakeliamąją atraminę funkciją, o minėtieji padukai yra sandūroje tarp stalviršio ir kojų.

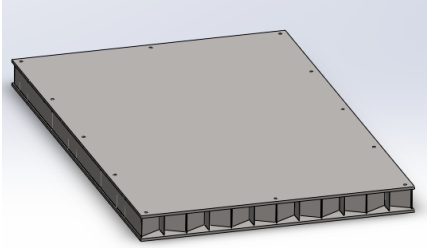


2 pav. Tiriamas optinis stolas

Atliekama optinio stalo modalinė analizė SolidWorks programiniu paketu. Modeliui taip pat turi būti parinkta medžiaga. Paprastumo dėlei dangčiams parinkta ta pati medžiaga kaip ir koriui (žr. 1 lentelė.).

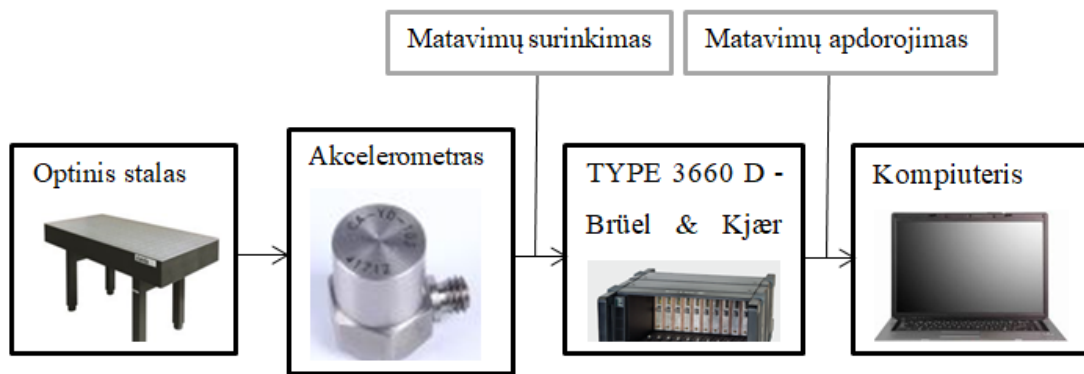
1 lentelė

Modeliui parinktos medžiagos

Modelis	Medžiagos savybės
	Viršutinis, apatinis dangčiai ir korys Medžiaga: X6Cr13 Tamprumo modulis: $2,2e+011 \text{ N/m}^2$ Puasono koeficientas: 0,28 N/A Tempimo stiprumo riba: 400000000 N/m^2 Takumo riba: 230000000 N/m^2 Tankis: 7700 kg/m^3 Šilumos plėtimosi koeficientas: $1,1e-005 /k$

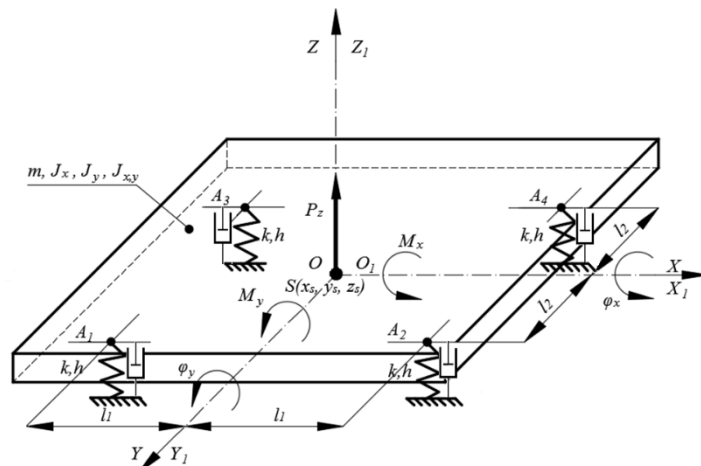
Eksperimentinis tyrimas praktikoje vykdomas simuliuojant optinio stalo virpesius ir stebint ties kokiais dažniais stolas pasiekia rezonansą ir kokią gauna formą (PULSE aplinkoje).

Kadangi turimi tik keli pagreičio matavimo principu veikiantys jutikliai, o matuojamųjų taškų yra 25, tada savųjų dažnių matavimas bus atliekamas per keletą etapų, kol bus išmatuoti pagreičiai kiekviename taške, kiekvieną kartą žadinant ta pačia jėga naudojant modalin plaktuką (angl. Modal hammer). Akcelerometrų matavimams apdoroti naudojamas TYPE 3660-D - Brüel & Kjær duomenų kaupimo ir apdorojimo ranga. Tyrimo stendo blokinė schema pateikta žemiau esančiame 3 paveiksle.



3 pav. Tyrimo stendo blokinė schema

Toliau apdoroti rezultatai PULSE programiniame pakete realizuojami erdvin kiekvieno matuojamo taško pagreičio kitimo vaizdą. Pagal pateiktus duomenis surandami sistemos savieji dažniai bei pateikiami deformuoto stalo atvejai esant atitinkamai modai. Dinaminis ir matematinis optinio stalo slopinimo sistemos modeliai. Tam, kad optinio stalo slopinimo sistemą būtų galima ištirti teoriniu būdu, tam reikia pirmiausia sudaryti dinaminį modelį, tai yra aprašomos viso tiriamą objektą veikiančios jėgos, padėtis erdvėje ir pan. Jau turint dinaminį modelį aprašomas matematinis. Dinaminis modelis padeda puikiai vizualizuoti esamą problemą ir todėl palengvina reiškinių aprašymą formulėmis. Matematinis būdu formulėmis išreikštas optinio stalo judėjimas atitinkamomis kryptimis panaudojamas grafiškai vizualizuoti stalo judėjimą. Bendras stalo (žr. 4 pav.), kai jį galima laikyti kietu kūnu, dinaminio modelio atvejis.



4 pav. Optinio stalo slopinimo sistemos dinaminis modelis

Tokiu atveju stalo padėtis virpesių metu būtų apibūdinama šešiomis apibendrintosiomis Lagranžo koordinatėmis $x, y, z, \varphi_x, \varphi_y, \varphi_z$.

Tai yra bendras stalo, kai jį galima laikyti kietu kūnu, dinaminio modelio atvejis. Uždaviniui supaprastinti laikome, kad stalo atramos deformuojasi tik vertikalia kryptimi (jų vienodi standumo ir pasipriešinimo koeficientai k, h).

Tolesnių išvedimų patogumui išorinę, per pamato atramas sukeltą žadinimo jėgą P_z perkeliame į koordinatinės sistemos O_1, X_1, Y_1, Z_1 pradžią O_1 , pridėdami dar perkeliant atsirandančius sukimo jėgų momentus M_x ir M_y . Stalo poslinkiai pagal apibendrintąsias koordinates x, y ir φ_z nevertinami. Lieka jėga P_z , veikianti ašies Z_1 kryptimi, ir jėgų momentai M_x ir M_y .

Turėdami pagal čia pateiktus duomenis sudarytą stalo dinaminį modelį pereiname prie jos virpesių lygčių sudarymo. Taikome antrojo tipo Lagranžo lygtis, kurios čia nagrinėjamam atvejui bus tokios išraiškos:

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{x}_i} \right) - \frac{\partial T}{\partial x_i} + \frac{\partial \Phi}{\partial \dot{x}_i} + \frac{\partial \Pi}{\partial x_i} = F_i \quad (i=1,2,3); \quad (1)$$

čia: T , Π – kūno kinetinė ir potencinė energijos, ϕ – disipacinė funkcija, x_i – i -toji apibendrintoji koordinatė ($x_1 = z$, $x_2 = \phi_x$, $x_3 = \phi_y$); F_i – apibendrintoji jėga, veikianti pagal i – tąją koordinatę ($F_1 = P_z$, $F_2 = M_x$, $F_3 = M_y$).

Norint atlikti dinaminės sistemos slopinimo simuliaciją reikia tą patį dinaminį modelį gauti naudojantis, šiuo atveju, *Matlab* programiniu paketu. Simuliacija atliekama *Matlab Simulink* papildiniu.

Koordinatei z atitinkančios lygties analizinė išraiška:

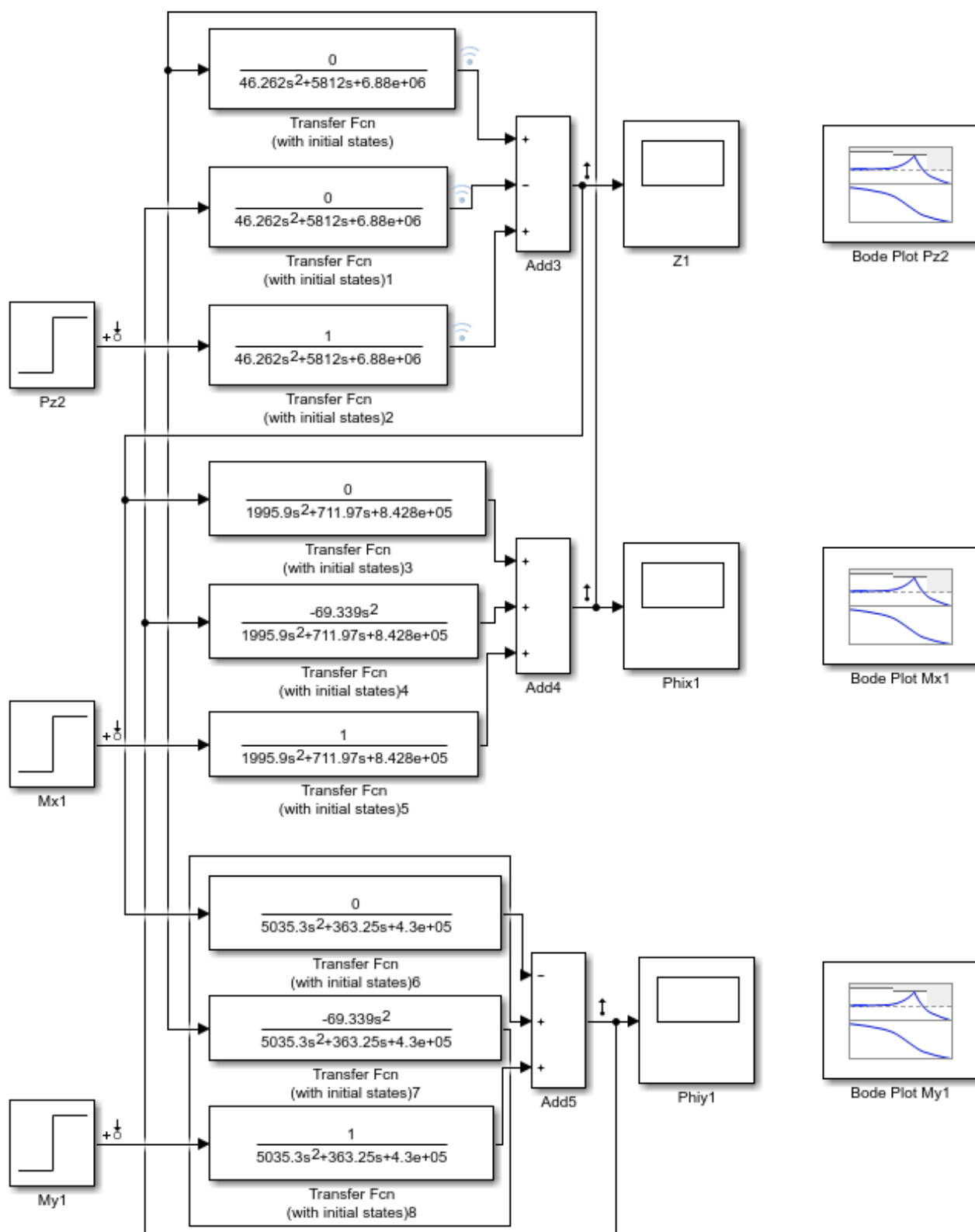
$$z = \frac{mp^2(y_s \phi_x - x_s \phi_y) + P_z}{mp^2 + 4hp + 4k} \quad (2)$$

Koordinatėms ϕ_x , ϕ_y , atitinkančios lygtys:

$$\phi_x = \frac{p^2(my_s z + J_{xy} \phi_y) + M_x}{J_x p^2 + 4hl_2^2 p + 4kl_2^2} \quad (3)$$

$$\phi_y = \frac{p^2(J_{xy} \phi_x - mx_s z) + M_y}{J_y p^2 + 4hl_1^2 p + 4kl_1^2} \quad (4)$$

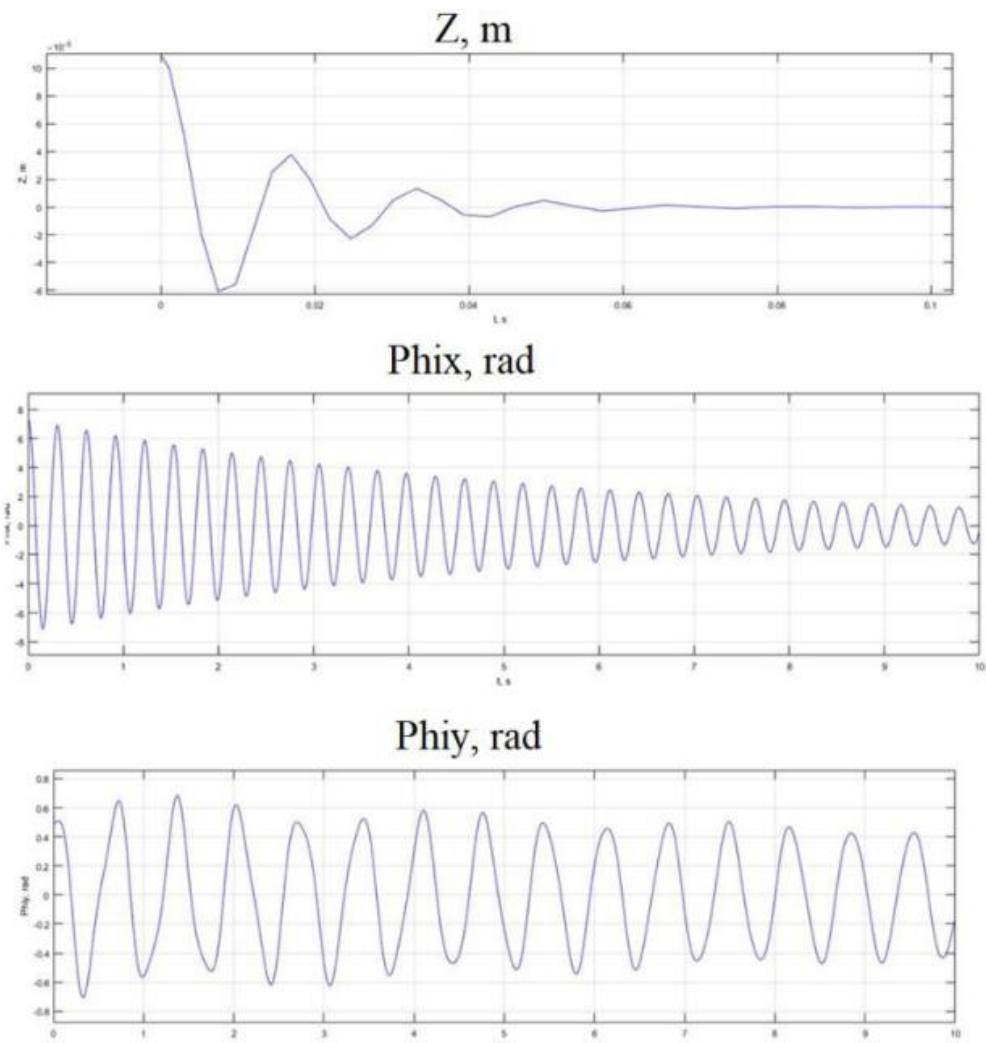
Modeliavimui atlikti taip pat reikia workspace skiltyje turėti visus anksčiau atliktus veiksmus. Paleidus simulink modelį kompiliuoti suvestos reikšmės iš m (skripto programos reikšmės) programos sukeltos Simulink modelį ir sutraukiamos, todėl dabar modelis atrodo taip:



5 pav. Nagrinėjamosios mechaninės stacionariosios sistemos modelio Simulink diagrama po duomenų vedimo

Tyrimo rezultatai

Slopinimo sistemos (padų) rezultatai:

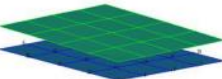
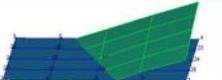
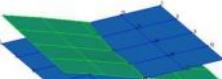
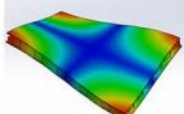
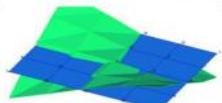
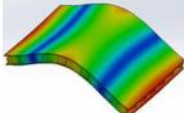
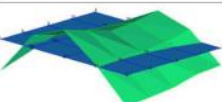
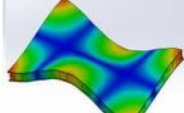
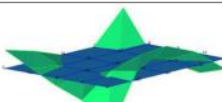
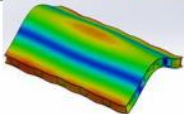
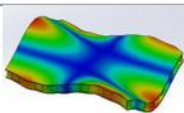


6 pav. Simulink modelio poslinkių grafikai

6 pay. pateiktuose grafikuose matome, kad modelis jautriausiai reguoja svyravimus X (B) ir Y (C) kryptimis. Šie grafikai iš esmės skiriasi. Ypatingai dėmes atkreipia tai, kad B grafiko svyravimų amplitudė bei dažnis žymiai didesnis nei C, tai paaiškinti galima tuo, jog stulpas Y kryptimi yra ilgesnis, todėl čia svyravimai nedideli ir žemo dažnio. Z kryptimi, tai yra vertikaliai Z ašiai, svyravimai greitai užgęsta.

Jau atlikti teoriniai skaičiavimai ir eksperimentiniai tyrimai surašomi 2 lentelę palyginimui.

Teorinių ir eksperimentinių rezultatų suvestinė

Modos Nr.	Teoriniai rezultatai		Eksperimentiniai rezultatai		Palyginimas
	Dažnis, Hz	Forma	Dažnis, Hz	Forma	
1	61,61	—	55		Pirmoji moda eksperimentiniu atveju yra 10,72 % didesnė nei teoriniu. Stalas kol kas nesideformuoja, deformuojasi tik padai. Judėjimas vyksta Z kryptimi.
2	—	—	76		Eksperimentiniai rezultatai rodo, kad ties 76 Hz dažniu stalas pradeda deformuotis, ir deformuojasi skersai.
3	—	—	96		Čia padidėjus dažniui kiek daugiau nei dvigubai stalas pradeda deformuotis išilgai.
4	247		292		Modų formos panašios. Deformuojasi stalo kampai. Dažnis gerokai skiriasi. Nesutapimas ~ 15,4 %.
5	365		426		Modų formos panašios. Deformuojasi skersai. Taip pat stipriai skiriasi dažniai. Nesutapimas ~ 14 %
6	594		498		Modų formos taip pat vienodos. Stalas deformuojasi per kraštus skersai. Nesutapimas ~ 19 %
7	623		668		Čia formos skiriasi. Teorinė deformuojasi išilgai, o eksperimentinė išilgai per kraštus.. Dažnių nesutapimas ~ 7 %
8	808		—	—	Eksperimento moda negauta. Šiuo atveju teorinė moda deformuojasi išilgai per kraštus.

2 lentelė rodo, kad tarp teorinių ir eksperimentinių tyrimų rezultatų yra nesutapimas. Tai galima paaiškinti tuo, kad teoriškai sprendžiama sistema nevertina daugybe kitų faktorių takojančių rezultatus, tai gali būti skirtingos padų savybės, vibracijos iš aplinkos. Taip pat tiriant padų dinamines savybes, stalas laikomas visiškai idealiai standžiu. Žinoma nereikėtų pamiršti, kad taką daro ir matavimo sistemos paklaidos.

Išvados

Atlikti teoriniai skaičiuojamieji tyrimai SolidWorks programiniu paketu ir Matlab programinio paketo plėtiniu Simulink, kurių tikslas buvo nustatyti tiriamos sistemos dinaminis parametrus kaip kieto ir kaip besideformuojančio kūno. Atlikti teoriniai tyrimai parodė tokius rezonansinius dažnius: 61,61; 247; 365; 594; 623; 808; 945; 1115; 1288; 1468.

Atlikus teorinių ir eksperimentinių rezultatų palyginimą nustatyta, kad nesutapimai svyruoja nuo 10,7 % (pirma modų pora) iki 19 % (šešta modų pora).

Atlikti tyrimai parodo optinio stalo slopinimo sistemos dinamines charakteristikas, t. y. rezonansinius dažnius ir modų formas. Eksploatacijos metu reiktų vengti darbinių režimų, kurie galėtų sukelti artimus dažnius rezonansiniams ir taip padidinti sistemos stabilumą.

Literatūra

1. Adams RD, Maheri MR. Dynamic Shear Properties of Structural Honeycomb Materials. Composites Science and Technology. 1993. 47(1): 15–23, [http://dx.doi.org/10.1016/02663538\(93\)90091-T](http://dx.doi.org/10.1016/02663538(93)90091-T).

2. Benassi, L.; Elliott, S. J.; Gardonio, P. (2003). Active vibration isolation using an inertial actuator with local force feedback control, *Journal of Sound and Vibration*: tomas 276, p. 157-179.
3. Cho, S.W.; Jung, H.J.; Lee, I.W. 2005. Smart passive system based on magnetorheological damper, *Smart Materials and Structures*.
4. Cveticanin L., Mester G., Biro I. Parameter Influence on the Harmonically Excited Duffing Oscillator. *Acta polytechnica Hungarica*. 2014.11(5): 145–160.
5. Kamesh, D.; Pandiyan, R. 2011. Passive vibration isolation of reaction wheel disturbances using a low frequency flexible space platform, *Journal of Sound and Vibration*: p. 1310-1330.
6. Hoque M.E.; Takasaki M.; Ishino Y. (2006). Development of a three-axis active vibration isolator using zero-power control, *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*: tomas 11, p. 462-470.
7. Siljak H, Subasi A. Fourier spectrum related properties of vibration signals in accelerated motor aging applicable for age determination. *Eksplotacija i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2014. 16 (4): 616–621.
8. Wicher J, Więckowski D. Influence of vibrations of the child seat on the comfort of child's ride in a car. *Eksplotacja I Niezawodnosc –Maintenance and Reliability*. 2010. 4(48): 102-110.

THE RESEARCH OF DAMPERING SYSTEMS OF OPTICAL TABLES

Summary

This paper describes the examination of dampening systems of optical table. The aim of the research was to determine the impact of optical table dampening system to table stability. Theoretical examination has been made using SOLIDWORKS (modal analysis) and MATLAB SIMULINK. Furthermore, practical experiments were held.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Redas Šmigelskas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, redas.smigelskas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Kilikevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Edgaras Urbonas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, edgaras.urbonas@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Baltuonytė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, lina.baltuonyte@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Juozas Jakubka.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, [juozas.jakubka@vgtu.lt](mailto:juzas.jakubka@vgtu.lt)

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Vainorius.

Mokslo laipsnis ir vardas: doktorantas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaniniai procesai, aplinkosauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 650 20894, darius.vainorius@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jonas Matijošius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Transporto inžinerijos fakulteto Automobilių transporto katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Transporto ekologija, alternatyvioji energetika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Redas Šmigelskas.

Science degree and name: Master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department student.

Author's research interests: Mechanical process, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, redas.smigelskas@vgtu.lt

Author name, surname: Artūras Kilikevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 677 55819, arturas.kilikevicius@vgtu.lt

Author name, surname: Edgaras Urbonas.

Science degree and name: Master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department student.

Author's research interests: Mechanical process, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, edgaras.urbonas@vgtu.lt

Author name, surname: Lina Baltuonytė.

Science degree and name: Master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department student.

Author's research interests: Mechanical process, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, lina.baltuonyte@vgtu.lt

Author name, surname: Juozas Jakubka.

Science degree and name: Master student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department student.

Author's research interests: Mechanical process, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, juozas.jakubka@vgtu.lt

Author name, surname: Darius Vainorius.

Science degree and name: PhD student.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanical faculty Mechanic and Material Engineerig department student.

Author's research interests: Mechanical process, environmental.

Telephone and e-mail address: 8 650 20894, darius.vainorius@vgtu.lt

Author name, surname: Jonas Matijošius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Transport Engineering faculty Automobile Engineering department associated professor.

Author's research interests: Transport ecology, alternative energetics.

Telephone and e-mail address: 8 684 04169, jonas.matijosius@vgtu.lt

PASTATŲ KONSTRUKCIJŲ KOMPLEKSNIO APŠILTINIMO METODAI IR JŲ SSGG (SWOT) ANALIZĖ LIETUVOJE

Jevgenija Rutė^{1,2}, Jurgita Drizgaitė¹

¹Klaipėdos valstybinė kolegija, ²Klaipėdos universitetas

Anotacija

Paskutiniu metu dažnai kyla klausimas dėl pastatų šiltinimo: laikantis reikalavimų, pastatai šiltinami itin storu šiluminės izoliacijos sluoksniu, tačiau dažnai neskiriamas pakankamas dėmesys pastato sandarumui. Taip pat dažnai kyla problemiškas klausimas, kokius optimalius šiltinimo sprendimus ir technologijas priimti, kad sutaupyti šilumos patalpose. Straipsnyje atliktas pastato apšiltinamųjų komponentų, tokių kaip pamatų, sienų, stogo, langų bei durų mokslinės literatūros bei internetinių šaltinių apibendrinimas, aptarti tradiciniai, bei naujai siūlomi pastatų šiltinimo metodai bei medžiagos. Mokslinės, normatyvinės literatūros bei internetinių šaltinių apibendrinimas parodė, kad dauguma mokslininkų analizuoja pavienius konstrukcinių elementų šiltinimo sprendinius, tačiau nevertina to kompleksiskai. Nustatyta, kad nuo panaudotų statyboje medžiagų tipo ir darbų kokybės priklauso pastato energinio naudingumo efektyvumas. Taip pat svarbus ir specialistų profesionalumas bei patirtis. Kadangi kiekvienas pastatas turi skirtingus konstrukcinius sprendimus, architektūrą bei paskirtį, tam kad įvertinti faktorius ir reiškinius įtakančius pastatų energetinį pilnavertiškumą, šio straipsnio autoriai atliko pastato šiltinimo sistemos komponentų kompleksinę SSGG (SWOT) analizę. Jos pagalba, buvo išanalizuoti vidiniai faktoriai, kurie gali daryti įtaką apšiltinto pastato konstrukcijų eksploatavimui, t. y. įvertinsime kiekvienos nagrinėjamos šiltinimo sistemos privalumus ir trūkumus. Taip pat analizuojami išoriniai faktoriai, t. y. galimybės ir grėsmės, įtakančios šių sistemų parinkimą. Rezultatai padės suprasti, patobulinti bei pašalinti trūkumus pastato šiltinimo sprendimuose.

Reikšminiai žodžiai: *Pamatų šiltinimas, sienų šiltinimas, stogo šiltinimas, SSGG (SWOT) analizė.*

Įvadas

Prasidėjus XXI a. bei tobulėjant technologijoms pastatai taip pat negali atsilikti. Jiems keliama reikalavimai didėja beveik kasmet. Statant naujus pastatus ar renovuojant senesnius kyla opi problema – kaip pasiekti iškeltus reikalavimus, dar labiau nepakenkiant pastatui bei jo gyventojams. Nuo 2020 m. sausio 1 d. pastatų energinio naudingumo klasė turės būti ne žemesnė kaip A++. Tačiau jau dabar susiduriama su daugybe problemų – laikantis reikalavimų sienos šiltinamos itin storu šiltinimo sluoksniu, tačiau dėl netinkamai atliktų darbų nėra užtikrinamas norminis pastato sandarumas. Didelės investicijos skiriamos izoliacinėms medžiagoms, tačiau dėl nepakankamo sandarumo rezultatas neužtikrina išsikeldo tikslo. Dėl netinkamai įrengtų šiltinimo sistemų patalpose atsiranda kenksminga drėgmė ir pelėsis. Kas gali padėti sutaupyti šilumą patalpose ir kokios medžiagos bei pastatų šiltinimo technologijos turėtų būti naudojamos? Svarbu paminėti, jog šiluma ne visuomet priklauso vien nuo pastato sienų, pamatų ar stogo šiltinimo storio. Tai gali priklausyti ir nuo įvairių šilumą spinduliuojančių prietaisų, specialių šildytuvų, šildomų grindų ar net kondicionierių. Taigi, pastato šiltinimo parinkimą reikia vertinti kompleksiskai bei įvertinti išorinius faktorius (Kokias pastatų šiltinimo... 2013).

Mokslininkai Kaklauskas ir kt. (2012), sukūrė „pasyviojo“ namo kiekybinės ir kokybinės analizės modelį. Pagrindinis šio modelio tikslas buvo ištirti įvairių veiksnių įtaką „pasyviajam“ namui per jo gyvavimo ciklą. Anot autorių, norint spartesnės energiška efektyvių namų plėtotės, būtina įvertinti įvairius socialinius – kultūrinius veiksniai atskirose šalyse (Kaklauskas et al. 2012). Matome, kad nedaug mokslininkų analizuoja kompleksiskai konstrukcinių elementų šiltinimo sprendinius. Dažniausiai priimami tipiniai sprendimai, kurie ne visuomet pasiteisina ir pasiekiamas norimas rezultatas. Nėra vieno pastato apšiltinimo sprendimo, kuris tiktų visiems (Norkaitis ir Kalibatas 2013).

Problema – kompleksinio pastatų šiltinimo sprendimų vertinimo nebuvimas.

Tyrimo objektas – pastato konstrukcijų šiltinimo sprendimų kompleksinis vertinimas.

Darbo tikslas – apžvelgti ir išanalizuoti pastato išorinių atitvarų šiltinimo metodiką.

Tyrimo uždaviniai: apžvelgti įvairias pastatų konstrukcijų šiltinimo metodikas; palyginti pastatų šiltinimui naudojamas medžiagas; atlikti pastato išorinių atitvarų šiltinimo sprendimų SSGG analizę.

Tyrimo metodai – mokslinės, normatyvinės literatūros, internetinių šaltinių apibendrinimas, lyginimas, SSGG analizė

Pamatų šiltinimo ypatumai. Per požeminę pastato dalį yra netenkama 15–20 procentų bendros šilumos. Apšiltinus pamatus, sienos yra apsaugomos nuo peršalimo, taip pat dėl jo nesusidaro kondensatas, o tai padeda išvengti drėgmės ir pelėsio. Anot knygos „Šiltas namas“ autorių Pikučio R. ir Prikšaičio M. „Namuose be rūšių pagrindiniai pastato požeminės dalies šilumos nuostoliai atsiranda per cokolinę pastato dalį ir per grindis, esančias ant grunto, o pastatuose su rūšiais – per cokolinę pastato dalį, rūšio sienas ir rūšio

grindis. Šilumos judėjimas taip pat vyksta ir per rūsio perdenginį, kadangi paprastai pirmo aukšto patalpų temperatūra aukštesnė negu rūsio“ (Pikutis ir Prikšaitis 1995). Taigi, šiltinant pamatus reikia įvertinti sienų ir pirmo aukšto jungimo mazgus. Kitu atveju nebus užtikrintas tinkamas pastato sandarumas. Taip pat svarbu, kad pamatų ir sienos, pamatų ir pirmo aukšto grindų mazgai būtų įrengti kokybiškai. Izoliaciniai sluoksniai tarp šių mazgų tarpusavyje turi sudaryti vientisą jungtį. Jeigu to nebus, tada, kad ir koku storiu bus apšiltinti pamatai, susidarys šilumos tiltas bei bus prarandama šiluma, padidės šilumos nuostoliai bei kondensato atsiradimo tikimybė, ko pasekoje gali atsirasti pelėsis.

Pamatų konstrukciniai sprendimai gali būti labai įvairūs. Jie priklauso nuo pamato bei sienų konstrukcijos, pastato konstrukcinės schemos, grunto sklype savybių. Mažiausi šilumos nuostoliai susidaro plokštuminių pamatų konstrukcijoje. Pasirinkus plokštuminių pamatų konstrukcinį sprendimą, šilumos nuostoliai sumažinami maksimaliai, tuo pačiu jie yra sandariausi.

Sienų apšiltinimas. Norint pasiekti A+ energinės klasės reikalavimus, neužtenka vien tik apšiltinti namą. Reikia atsižvelgti į apšiltinimo sandarumą, būtina išvengti šilumos tiltų. Fasadų apšiltinime populiarios medžiagos yra putų polistirolas bei akmens vata. Šių medžiagų šiluminė varža ir šiltinimo sistema beveik tokios pat. Tačiau akmens vatos sistema atspari temperatūros poveikiams, aukštas vandens garų laidumo koeficientas, kuris lengvai leidžia prasiskverbti vandens garams. Putų polistirolas dauguma savybių skiriasi nuo akmens vatos. Jo vandens garų perdavimo koeficientas atvirkščiai nuo vatos yra labai žemas. Akmens vata yra paklausiau naudojama pastatams su lenktomis sienomis. Kadangi vatos apšiltinimo sistemos yra daug kartų pranašesnės už putų polistireno, todėl jos yra daug brangesnės. Šiuo laikotarpiu didėjant reikalavimams visi norime gauti pačią didžiausią naudą šiltinant pastatą, todėl labai populiari patapo putų poliuretanai ir ekovata. Putų poliuretanai, tai izoliacinė medžiaga, pasižyminti geromis šiluminėmis savybėmis, panaudojimo įvairiapusiškumu. Jos naudojamos ir sienų apšiltinimui, jomis izoliuojamas oro tarpas. Privalumas tame, kad maksimaliai užpildomas visas tūris, nes ši medžiaga plečiasi taip užpildydama visus įtrūkimus ir sunkiai prieinamas ertmės. Taip pat patikimai sukimba su kitomis medžiagomis. Ekovata, tai termoizoliacinė medžiaga iš celiuliozės. Šiltinant pastatus ekovata, ji visiškai užpildo mažiausius tarpelius. Tai suteikia galimybę gauti geriausią šilumos kokybę iš visų. Ekovata yra purškiama ir dažniausiai iš vidaus. Ši šiltinimo medžiaga yra priklausoma nuo drėgmės, kaip pavyzdžiui padidėjus ekovatos drėgmei nuo 0 iki 5 proc. Šiluminis laidumas padidėja nuo 0,040 iki 0,066 W/(mK) (Ruzgys 2015).

Pastato apšiltinimo metodas pasirenkamas pagal pastato konstrukciją, konstrukcines medžiagas ir keliamus tikslus. Išorinis pastato apšiltinimas yra geriausias būdas panaikinti šiluminius tiltelius sienose ir perdangų sujungimus. Išorinis sienų apšiltinimas apsaugo esamas sienas nuo peršalimo. Sienos apsaugomos nuo atmosferos poveikio ir kitų išorės veiksnių. Sėkmingas pastato apšiltinimo priemonių pasirinkimas priklauso nuo trijų stadijų Brauers et al. (2012): įvertinamas esamas pastato apšiltinimas; sudaromos alternatyvos pastato apšiltinimui; taikoma daugiatikslių vertinimo analizė ir išrenkama geriausia alternatyva.

Pastato išorinės sienos šiltinimas iš vidinės pusės, šiluminiu ir drėgnumo efektyvumu, yra mažiau efektyvus. Sienos konstrukcija, kuri apšiltinta iš vidinės pusės, patiria didelius temperatūrinius svyravimus. Taip nutinka dėl išorinio klimato poveikio. Toks šiltinimo būdas įtakoja, kad eksploatacinės sienos savybės pradeda blogėti. Norint išvengti sienoje drėgmės, nerekomenduojama pastato vidinėje sienos pusėje įrengti šiluminės izoliacijos storesnės nei 5 cm. (Golic et al. 2011).

Langų ir durų apšiltinimas. Kalbant apie langus jų keitimas per pastarąjį dešimtmetį matomas gan ryškiai. Jie keičiami tiek individualiuose namuose tiek daugiabučiuose tiek visuomeniniuose pastatuose. Langų yra pačių įvairiausių: pagamintų iš PVC, medžio, aliuminio ar jų kombinacijų, dažniausiai 3-8 kamerų, 2-3 stiklo paketų su paprastu oro tarpu ar kitomis medžiagomis tarp paketų. Didelis dėmesys turėtų būti skiriamas būtent kaip langas yra įdedamas. UAB „Soudal“ atliko tyrimą ir patikrino termovizoriumi vos prieš kelerius metus įdėto lango šonai tiesiog švytėjo raudona spalva – tai šiluma išeinanti iš pastato. Tai tik vieno pastato langai, tačiau ši problema vyrauja daugelyje pastatų. Visa problema tame, kad tuo metu nebuvo populiariu montuoti garo ir hidroizoliacinių plėvelių, o langai tiesiog būdavo apipurškiami poliuretano putomis ir ant viršaus uždedama apdaila. Poliuretano putų kraštas apipjaunamas norint išlyginti jį su siena ir taip atveriamos poros. Per jas garai iš vidaus pusės skverbiasi į šaltesnę laukinę zoną, kondensuojasi ir esant neigiamai temperatūrai užšąla. Susidaręs ledas plečiasi ir sukelia plyšius. Per plyšius vyksta šiluminiai mainai, atsiranda drėgmė ir plėsis. Viso to galime išvengti pradėjus montuoti hidroizoliacines ir garo plėveles.

Norint padidinti sandarumą langas neretai išstumiamas ir montuojamas apšiltinimo sluoksnyje. Nerekomenduojama dėti didelių langų šiaurinėje pusėje, tuo tarpu pietinėje pusėje įrengti langai gali įšildyti patalpą. Jeigu norime dėti langą su didesnių kamerų skaičiumi, reikėtų rinktis aukštesnių techninių parametų langą.

Stogo apšiltinimas. Statant visą pastatą, šiltinant stogą, palėpę visos detalės yra labai svarbios. Netinkamai parinktos šilumos izoliacinės medžiagos, netinkamai įrengti garo ir vėjo izoliaciniai sluoksniai dažnai tampa palėpės ir stogo medinių konstrukcijų puvinio priežastimi. Reikalavimus šlaitinių stogų įrengimui reglamentuoja Statybos techninis reglamentas STR 2.05.02:2008 "Statinių konstrukcijos. Stogai" ir ST 2190.01:1997 "Palėpių projektavimo taisyklės". Ypač ne mažą įtaką stogo varžai ar šilumos nuostolių atsiradimui turi įrengimo kokybė, t.y. montavimo konstrukcijoje būdas. Didžiausia ir dažniausia daromų problemų renovuojant ir statant stogus – taupyti pinigus, renkantis prastas ir nekokybiškas medžiagas – ventiliacijos kaminėlius, sandariklius. Montuojant šilumos izoliacinius gaminius reikia tinkamai pasirinkti atstumą tarp karkaso elementų centrų, nes plokštės privalo būti didesnės negu tarpas tarp karkaso (maždaug 1-2cm). Izoliacinės plokštės būtina kokybiškai ir sandariai pritvirtinti prie karkaso elementų ir užpildyti visą ertmę tarp jų. Taip pat stogo gegnių, grebėstų, lentų paklotų ir kitų medinių konstrukcijų masinis drėgnis turi būti ne didesnis negu 20% ir ne mažesnis kaip 8%. Beje, reikia nepamiršti medinės konstrukcijas apdoroti antiseptikais ir antipireniais.

Panaudojant šiltinimui poliuretano putas leidžia išvengti gaminio montavimo klaidų. Poliuretano putų šiltinimas atliekamas vientisu ir besiūliu metodu, šis metodas neleidžia susidaryti tarpams, plyšiams ir angoms. Vientisos struktūros šiltinimas poliuretano putomis užtikrina aukštą termo ir garso izoliacijos lygį. Be viso šito šios putos atlieka hidroizoliacines funkcijas. Dėl to, kad šios putos yra skystos konsistencijos jomis lengvai galima padengti bet kokios formos sunkiai pasiekiamus paviršius, neprarandant termoizoliacinių savybių. Didžiojoje Britanijoje atliktais tyrimais nustatyta, kad tinkamai neapšiltintas dviejų aukštų individualus namas per palėpę netenka ketvirtadali visos name prarandamos šilumos. Lietuvoje, kur klimatas šaltesnis, šie nuostoliai gali būti didesni (gali siekti iki 30-35%). Todėl stogai (palėpės) šiltinami storesnėmis, šilumą izoliuojančiomis medžiagomis.

Pastato apšiltintų konstrukcijų SSGG analizė. Tam, kad įvertinti faktorius ir reiškinius įtakančius pastatų energetinį pilnavertiškumą, šiame darbe bus taikoma SSGG (SWOT) analizė. Jos pagalba, pirma išanalizuosime vidinius faktorius, kurie gali daryti įtaką apšiltintam pastato konstrukcijos eksploatavimui, t.y. įvertinsime stiprybes ir silpnybes kiekvienai nagrinėjamai pastato konstrukcijai susijusiai su apšiltinimu. Vėliau išanalizuosime išorinius faktorius, t.y. galimybes ir grėsmes tai pačiai konstrukcijai.

Stiprybės faktoriai parodys kokias savybes turi apšiltinta konstrukcija, kokios jos stipriosios pusės. Silpnybės – visą tai, ką galima tobulinti, gerinti. Galimybės padės suprasti, suvokti kokie galimi pokyčiai, kokios toje srityje yra naujos tendencijos, kurias įmanoma pritaikyti. Gal tai nauji normatyviniai dokumentai, kurie ne iki galo pritaikyti konstrukcijoms. Grėsmės – faktoriai, kurie supa pastatą ir gali sukelti problemų dabar ar ateityje, tai faktoriai, kurių reikia vengti arba atsižvelgti į juos.

Pamatų šiltinimo SSGG analizė. Dėl temperatūros skirtumų tarp metų sezonų (vasaros ir žiemos) gruntiniai vandenys tai užšąla, tai atitirpsta, sukeldami statinio pagrindą stipriai veikiančias apkrovas. Ilgainiui, dėl tokių aplinkos poveikių atsiranda pamatų įtrūkimai. Taip pat neapšiltinti namo pamatai leidžia laisvai judėti šilumai iš pastato vidaus, todėl atsiranda dideli šilumos nuostoliai. Apšiltinti namo pamatai arba rūšio sienos gali išsaugoti apie 15-20 proc. šiluminės energijos.

Svarbiausia, kad termoizoliacija būtų išdėstyta taip, kad ji sudarytų vientisą, šiltą pastato apvaskalą. Reikia turėti galvoje pamato, sienų ir pirmo aukšto jungimo mazgus, kitu atveju nebus gautas tinkamas pastato sandarumas. Pamatų apšiltinimo SSGG analizė pateikta (1 lentelėje).

1 lentelė

Pamatų apšiltinimo SSGG analizė

Stiprybės	Apkrovų laikymas; Šiltas ir komfortabilus pastatas; Ilgaamžiškumas ir eksploatacijos kokybė.	Galimybės	Sudaryti vientisą, šiltą pastato apvaskalą; Laikytis to pačio šiltinimo principu, kaip ir visam pastatui; Tinkamų medžiagų parinkimas; Šiltinti pamatus ne vertikaliai, o horizontaliai (būdinga Skandinavijoje)
Silpnybės	Jautrus aplinkos poveikiui; Dideli šilumos nuostoliai.	Grėsmės	Šilumos tiltų susidarymai; Pelėsio ir grybelio atsiradimas

Šaltinis: Sudaryta autorių

Naudojamos yra kokybiškos ir patvarios medžiagos, kurios turi žemą šiluminį laidumą, atsparumą drėgmei bei agresyviems aplinkos poveikiams. Viena iš geriausiai tinkamų medžiagų yra kietas poliuretanai, kuris neformuojant siūlių yra purškiamas tiesiai ant pamatų. Kadangi ši medžiaga yra papildomai netvirtinama,

nesusidaro šalčio tiltai. Taip pat naudojamas ekstruzinis polistirenas. Jis pasižymi uždara poru struktūra, kuri suformuoja vientisą sluoksnį, kuris atstumia vandenį. Paprasčiausia hidroizoliacija yra bituminė mastika. Ją galima naudoti cokolio hidroizoliavimui ir požemei pamatų daliai. Bituminė astikos sluoksnis puikiai saugo pastatą nuo pelėsių. Ne ką blogiau būtų rinktis EPDM membraną, kuri ilgaamžiška, išlieka lanksti žemose temperatūrose iki -45 laipsnių ir gali būti ištempta daugiau nei 300 procentų taip prisitaikydama prie pastato judėjimo, kuris tikrai neišvengiamas naujoje statyboje.

Net ir storiausias izoliacinės medžiagos sluoksnis leidžia šalčiui be kliūčių skverbtis į pastato vidų, jeigu pamatas yra netinkamai apšiltintas. Dėl šios priežasties gali rasti sienos bei susidaryti rastos taškas, kuris kelia didžiulę grėsmę pelėsio ir grybelio atsiradimui. Taip pat vertėtų iškart pasirinkti tinkamą pamato hidroizoliaciją, nes prasta hidroizoliacinė medžiaga gresia drėgme, rūsiuose besikaupiančiu pelėsiu (Namus puola... 2014).

Sienų šiltinimo SSGG analizė. Sienų šiltinimo reikalavimai beveik kasmet darosi vis aukštesni. Norint įvykdyti šiuos reikalavimus privalome ieškoti naujų galimybių, todėl kiekvienas statybinių medžiagų gamintojas ieško vis naujesnių ir geresnių technologijų. Siekiama atrasti medžiagą, kurios sluoksnis ant sienos būtų dedamas kuo plonesnis, bet tuo pačiu, kad šiluminė varža būtų didelė. Taisyklingai suprojektuotas ir pastatytas namas pagal visus reikalavimus gali sumažinti išlaidas skirtas šildymui. Sienų apšiltinimo SSGG analizė pateikta (2 lentelė).

2 lentelė

Sienų apšiltinimo SSGG analizė

Stiprybės	Naujų technologijų taikymas; Šildymui sunaudojama mažiau energijos; Vidaus klimatas sveikesnis ir atitinka reikalavimus; Pastato sandarumas.	Galimybės	Siekimas didelės energinės klasės; Taupomi riboti iškastiniai ištekliai.
Silpnybės	Statybininkų ribota patirtis; Sudėtingas pastato planavimas; Storos sienos; Pastato "kvėpavimas".	Grėsmės	Didėjantys reikalavimai pastatų statybai; Paklausų medžiagų kainos; Montavimas; Didelės būstų kainos.

Šaltinis: Sudaryta autorių

Ekovatos gamintojai labai aiškiai pabrėžia savo gaminių didžiausius plusus. Žmogaus sveikata ir poveikis aplinkai ne mažiau svarbūs nei energinės pastato savybės. Mineralinė vata yra natūrali, ji mažiau dulka, yra bekvapė, gerina patalpų oro kokybę ir yra be kitų sveikatai kenksmingų medžiagų. Tą patį galime pasakyti ir apie putplasčio gaminius. Šias medžiagas montuojantiems darbininkams nebūtinos jokios asmeninės apsaugos priemonės, nes šie gaminiai yra netoksiški ir nedirgina (ST 2124555837.01:2013). Žinoma, kad šios medžiagos dabar yra labai paklausios todėl ir jų kainos yra didelės. Kiekvienas žmogus statydamas savo būstą, dažnai nepagalvojęs renkasi pigesnes medžiagas, kurios priimtinesnės jo "piniginei" nei namo sandarumui.

3 lentelė

Langų ir durų apšiltinimo SSGG analizė

Stiprybės	Selektyvinis stiklas atspindi šiluminius spindulius ir išleidžia į lauką apie 3 k. mažiau šilumos; Dauguma šiuolaikinių langų ir durų pasiekia ir net viršija reikalaujama šilumos perdavimo koef. U	Galimybės	Spalvoti stiklo paketai; Holografiniai stiklų paketai; Garsą sulaikantys stiklo paketai; Saulės kontrolės stiklo paketai; Saugūs stiklo paketai; Vis didesnis kamerų skaičius; Įvairių medžiagų langai bei durys;
Silpnybės	Netinkamai įmontuoti langai – itin dažna problema, dėl kurios prarandama nemažai šilumos; Selektyviniai bei kiti nepaprasti stiklo paketai brangesni už įprastus;	Grėsmės	Kylant šilumos reikalavimams durims, dažnai jos storėja dėl šiltinimo sluoksnio ir tampa sunkesnės;

Šaltinis: Sudaryta autorių

Dažnai kalbant apie pastatą ir jo sandarumą mums kyla klausimas – kuo mes kvėpuosime, jei namas bus sandarus ir "nekvėpuos"? Šį klausimą nagrinėjo (Karvauskas 2014), "Kvėpuojanti medžiaga" statyboje apibūdina ne medžiagų pralaidumą orui, bet jos laidumą vandens garams. Kiekviena šiltinimo medžiaga turi praleisti vandens garus, kad apšiltintos ir drėgnos konstrukcijos nesupūtų, nepelytų, o galėtų lengvai išdžiūti

per šiltinimo medžiagos sluoksnį. Visi žinome jog kuo šiltinimo medžiaga sandaresne, tuo ji labiau išsaugo šilumą, nes neišleidžia iš patalpų šilto oro. Bet vandens garai judantys iš patalpų vidaus į lauką, turi ne kauptis atitvaruose, bet lengvai iš jų pasišalinti.

“Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas” knygos autorių (Ustinovičius ir kt. 2012) teigimu naujesnių technologijų realizavimo statybininkams trūksta patirties, o tai įtakoja darbų kokybę ir kainą. Dėl reikiamų brangesnių ir geresnių medžiagų, didesnio jų kiekio, kyla mažai energijos sunaudojančio pastato statybos kaina. Šiems pastatams reikiamų statybinių medžiagų kiekis yra žymiai didesnis, o storos sienos kai kuriais atvejais gali apriboti dizaino laisvę bei išnaudoti daug vertingo ploto. Taip pat storos sienos gali tapti drėgmės bei pelėsio patalpoje susidarymo priežastimi.

Langų ir durų šiltinimo SSGG analizė. Šiuolaikiniai langai ir durys turi atitikti ganėtinai aukštus jiems keliamus reikalavimus, o ir pirkėjams nebeužtenka paprastų skaidrių langų. Tačiau esant paklausai atsiranda ir pasiūla – imta gaminti įvairių medžiagų langai, spalvoti stiklo paketai, gyvenantiems triukšmingose vietovėse – garsą sulaikantys stiklo paketai. Langų ir durų apšiltinimo SSGG analizė pateikta 3 lentelėje.

4 lentelė

Stogo apšiltinimo SSGG analizė

Stiprybės	Efektyviai apšiltintas stogas sulaiko kur kas daugiau šilumos; Efektyvi plokščio stogo šilumos izoliacija yra įrengiama iš trijų ar keturių sluoksnių; Pati pigiausia konstrukcija neabejotinai yra plokščias stogas. Dar vienas šio stogo privalumas ant jo galima įrengti terasą	Galimybės	Efektyviau apšiltinti stogą; Panaudojant tinkamas ir kokybiškas medžiagas, galima išgauti didesnę šiluminę varžą, nedidinant gegnių, akmens vatos ar poliuretano putų, storio; Esant palėpėje didelei erdvei tarp lubų ir išorinės stogo konstrukcijos galima sumontuoti energetiškai efektyvų izoliacinį sluoksnį.
Silpnybės	Pasirinkta netinkama šilumos izoliavimo medžiaga. Didžiausia problema plokščio stogo yra susidaranti balos ir suneštas sniegas	Grėsmės	Neatlaikys stogo konstrukcija, didinant stogo mazgo sluoksnio storį; Apšiltinant su kokybiškomis ir patvariomis medžiagomis gali neatitikti stogo energingumo klasėje, kuri dabar labai sparčiai kinta.

Šaltinis: Sudaryta autorių pagal Aidukas, Ž. 2012. *Praktiškas stogas*.

Norint pajavairinti pastatus sukurti holografiniai stiklai; saugūs ir grūdinti stiklo paketai vietoms, kurios turi atlaikyti smūgius. Sukurti šilumą taupantys selektyviniai stiklo paketai, kurių paviršius padengtas akimi beveik nematoma metalų ir metalų oksidų sluoksniu, dėl kurio šiluma iš kambario atsispindi atgal į kambarį. Toks stiklas išleidžia į lauką apie 3 kartus mažiau šilumos nei įprastas stiklo paketas ir taip per šildymo sezoną sutaupoma apie 222 kWh arba 25m³ gamtinių dujų (Langai... 2012).

Žinoma, selektyvinis stiklas yra kur kas brangesnis negu paprastas, tačiau investicijos atsiperka. Svarbu tinkamai montuoti langus, kadangi tinkamai įdėti langai garantuoja iki 50 % būsto šilumos (Ką reikia žinoti... 2014).

Stogo šiltinimo SSGG analizė. Svarbiausia stoge yra efektyviai apšiltinti su kokybiškomis ir patvariomis medžiagomis. Pasirinkti tinkama stogo tipą ir apgalvoti apie dangą, kuri būtų dedama ant stogo. Su tinkamomis, patvariomis ir kokybiškomis medžiagomis, galima išgauti didesnę šiluminę varžą, nedidinant gegnių, akmens vatos ar poliuretano putų sluoksnio, storį. Stogo apšiltinimo SSGG analizė pateikta 4 lenelyje.

Apšiltinant net ir su kokybiškomis ir patvariomis medžiagomis gali atsirasti problemų. Gali neatitikti stogo energingumo klasėje, kuri dabar labai sparčiai kinta. Esant palėpėje didelei erdvei tarp lubų ir išorinės stogo konstrukcijos galima sumontuoti energetiškai efektyvų izoliacinį sluoksnį, kuris taip pat padidintų šilumą. Tačiau, ta pačią šiluminę varžą galima išgauti net ir su standartinėmis apšiltinimo medžiagomis, pvz. akmens vata, bet tam reiktų padidinti šilumą izoliuojančios medžiagos storį, o tai pakenktų visai stogo konstrukcijai, kyla grėsmių, kad tada stogo konstrukcija neatlaikys tokio krūvio, ypač jeigu gegnės bus plonesnės negu apšiltinimo sluoksnis. Nuo stogo dangos taip pat priklauso ar visame name bus šilta, ar nebus per daug šalta, ar nebus per daug tvanku.

5 lentelė

Pastato konstrukcijų kompleksinė SSGG (SWOT) analizė

	Stiprybės						Silpnybės					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6	W1	W2	W3	W4	W5	W5

Grėsmės	Ribotos finansinės galimybės	T1	4	5	5	4	5	5	5	4	4	5	5	5
	Žemas garantijos lygis	T2	4	5	5	5	4	4	4	5	5	5	4	4
	Neefektyvus požiūris į valdymą	T3	4	4	4	5	5	5	4	4	4	5	4	4
Galimybės	Normatyvinės bazės vystymasis	Q1	5	5	5	4	4	4	4	4	4	5	5	4
	Kvalifikuotos darbo lygis	Q2	5	5	5	4	5	4	4	5	5	4	4	4
	Lengvatų įsisteikimas nuomojamam plotui arba žemės mokesčiams	Q3	4	4	5	5	4	5	5	5	4	4	4	4
	Subsidijų taikymas siekiant atlyginti dalį išlaidų už paskolas	Q4	4	4	5	5	4	5	4	5	4	4	5	4
Didelis statybinių įmonių pasirinkimas						S1	Inovatyvių sprendinių taikymas							W1
Aukštos kvalifikacijos darbuotojų buvimas						S2	Mažos investicinės galimybės							W2
Aukštos kokybės statybinių medžiagų naudojimas						S3	Skirtingų medžiagų skirtingas ilgaamžiškumo rodikliai							W3
Aukštas darbo potencialas						S4	Skirtingi šilumos rodiklių poreikiai							W4
Platus statybinių objektų pasirinkimas						S5	Skirtingi kokybės poreikiai							W5
Darni regioninė plėtra						S6	Nepakankamas informatyvumas							W6

Šaltinis: Sudaryta autorių

Išorinių veiksnių poveikio bei vidinės aplinkos suderinamumo efektyvumas vertinamas balais nuo 1 iki 5. Svarbumas silpnųjų ir stipriųjų, galimybių ir grėsmių vertinami pagal dalykų svarbumą, t.y. kiekvienos alternatyvos santykinis reikšmingumas lygus vienetui. Toliau apskaičiuojami kiekvieno iš kriterijų reikšmingumo rodikliai (5 lentelė). Kriterijų reikšmės apskaičiuojamos visam tyrimo objektui. Kriterijų reikšmingumai ir kokybinių kriterijų reikšmės dažniausiai apskaičiuojamos remiantis ekspertiniais metodais. Visų kriterijų santykinės reikšmės perskaiciuojamos tokiu būdu, kad jų suma būtų lygi vienetui. Sekančių etapų skirtoje tarp stipriųjų ir silpnųjų, galimybių ir grėsmių ekspertai apskaičiuojamos kriterijus apibūdinančių minimizuojančių ir maksimizuojančių įvertintų normalizuotų rodiklių sumos. Šie koeficientai gali svyruoti nuo -1 iki +1. Jei koeficientas yra 0, nėra ryšio. Ryšys stipriųjų su galimybių ir silpnųjų su grėsmėmis ne visada yra neigiamas. Ryšys silpnųjų su galimybėmis ir stipriųjų su grėsmėmis ne visada yra teigiamas. Kriterijų realizavimo ir potencialo apskaičiuojami:

$$R_i^0 = v_i \left\{ \sum_j (f_j k_{ji}^{so}) + \sum_l (g_l k_{li}^{wo}) \right\} \quad R_i^t = u_i \left\{ \sum_j (f_j k_{ji}^{st}) + \sum_l (g_l k_{li}^{wt}) \right\} \quad (1),$$

$$P_i^s = f_i \left\{ \sum_j (v_j k_{ji}^{so}) + \sum_l (u_l k_{li}^{st}) \right\} \quad P_i^w = -g_i \left\{ \sum_j (v_j k_{ji}^{wo}) + \sum_l (u_l k_{li}^{wt}) \right\} \quad (2),$$

Išvados

1. Nuo panaudotų statyboje medžiagų tipo ir kokybės priklauso koks bus pastato apšiltinimo efektyvumas. Ne bet kuri šiltinimo medžiaga gali būti tinkama bet kuriam namui. Reikėtų tartis su specialistais, išmanančiais šio darbo subtilybes. Taip pat svarbus ir specialistų profesionalumas bei patirtis.

2. Stiprybės faktoriai visų nagrinėtų pastato apšiltinamų elementų, pasižymi naujumu, sandarumu, apkrovos laikymu.

3. Silpnumo faktoriai visų pastato apšiltinamų elementų pasižymi jautriu aplinkos poveikiu, šilumos nuostoliais, sudėtingas kompleksinis projektavimas, netinkamai parenkamos šilumos izoliavimo medžiagos, padidėja konstrukcijų gabaritiniai matmenys.

4. Galimybių faktoriai pasižymi gausybe įvairiomis naujomis tendencijomis, medžiagų gausa, tačiau tik ne didelė dalis jų yra įgyvendinama, vienu atveju, tai lemia padidėję kaštai, kitų – patirties trūkumas.

5. Grėsmės faktorius visų pastato apšiltinamų elementuose butu galima sumažinti iki minimumo, atsiradus efektyvioms ir nebrangioms šiltinimo medžiagoms rinkoje.

Literatūra

1. Aidukas, Ž. (2012). Praktiškas stogas. [revised 2018-04-30]. Prieiga per internetą: <http://www.statyk.eu/statyba/item/256-praktis%C5%A1kas-stogas.html>

2. Brauers, W. K. M., Kracka, M., Zavadskas, E. K. (2012). Lithuanian case study of masonry buildings from the Soviet period, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(3): 444–456.
3. Golic, K., Kosoric, V., Furundzic, A. K. (2011). General model of solar water heating system integration in residential building refurbishment – Potential energy savings and environmental impact, *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 15(3): 1533–1544.
4. Ką reikia žinoti apie langus. (2014). [revised 2018-04-20]. Prieiga per internetą: <http://www.statybajums.lt/temos/langai-montavimas/ka-reikia-zinoti-apie-langus>
5. Kaklauskas, A., Rute, J., Zavadskas, E. K., Daniunas, A., Pruskus, V., Bivainis, J., Gudauskas, R., Plakys, V. (2012). Passive House model for quantitative and qualitative analyses and its intelligent system. *Energy and Buildings* doi:10.1016/j.enbuild.2012.03.008, Lausanne: Elsevier Science. ISSN 0378-7788. 2012, Vol. 50, p. 7-18.
6. Karvauskas, R. (2014). Pastato sandarumas ir kvėpavimas [interaktyvus]. Meistrais į namus. [revised 2015-04-20]. Prieiga per internetą: <http://www.sandarusnamas.lt/sandarumas-ir-kvepavimas/>
7. Kokias pastatų šiltinimo technologijas geriausia rinktis? (2013). [žiūrėta 2018-04-24]. Prieiga per internetą: <http://www.statybaaplus.lt/lt/straipsniai/Technologijos/9>
8. Langai. Pagrindiniai parametrai. (2012). [revised 2018-04-28]. Prieiga per internetą: <http://www.plastikiniailangaitau.lt/langai-pagrindiniai-parametrai.html>
9. Namus puola pelėsis? Pasirūpinkite tinkama pamatų „apraga“ (2014). UAB "Saint-Gobain statybos gaminiai" [revised 2018 04 29], <http://www.weber.lt/paslaugos/straipsniai.html>
10. Norkaitis, J., Kalibatas, D. (2013). Visuomeninių pastatų modernizacijos iššūkiai. 16-osios Lietuvos jaunųjų mokslininkų konferencijos „Mokslas – Lietuvos ateitis“ teminė konferencija. 2013 m. kovo 20–22 d. Vilnius. ISSN 2029-7149 online, ISBN 978-609-457-536-5.
11. Pikutis, R., Prikšaitis, M. (1995). Šiltas namas: tradicinės naujos mažaaukščių pastatų konstrukcijos. Vilnius: Technika, 1995. ISBN: 9986051657; iliustr. 257 p.
12. Ruzgys, A. (2015). Modernizavime naudojamos šiltinimo medžiagos ir jų montavimo defektai. [interaktyvus]. Statybinės medžiagos, gaminiai ir darbai. [revised 2018-04-24]. Prieiga per internetą: <http://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/368/1/0/1/article/17325/modernizavime-naudojamos-siltinimo-medziagos-ir-ju-montavimo-defektai>
13. ST 2190.01:1997 "Palėpių projektavimo taisyklės".
14. ST 2124555837.01:2013 *Statybos taisyklės*. Atitvarų šiltinimas polistireniniu putplasčiu"
15. STR 2.05.02:2008 "Statinių konstrukcijos. Stogai".
16. UAB „Soudal“ (2014). Kaip užsandarinti angokraščius? [interaktyvus]. Žemės ūkio pastatų statyba ir įrengimas. [revised 2018-04-21]. Prieiga per internetą: <http://www.agroziniuos.lt/portal/categories/217/1/0/1/article/11730/kaip-uzsandarinti-angokrascius>
17. Ustinovičius, L., Ambrasas, G., Alchimovienė, J., Ignatavičius, Č., Vilotienė, T. (2012). Statinių eksploatavimas ir atnaujinimas. Technika. ISSN 9786094573507, 232 p.

INTEGRATED BUILDING INSULATION METHODS AND THEIR SWOT ANALYSIS IN LITHUANIA

SUMMARY

The article takes a general look at scientific literature and online resources discussing such building structures that can be insulated as foundations, walls, roofs, windows and doors, and discusses conventional and novel building insulation methods and materials. The overview of scientific literature, norms and online resources reveals that most scientists analyse insulation of each structural element individually and in Lithuania, only a few scientists take an integrated look at building insulation solutions. It appears that the type and quality of materials used in construction determines the efficiency of building insulation. Not all insulation materials are suitable for all houses. It is advisable to consult with specialists well-versed in ins and outs of insulation. Professionalism and experience of such specialists are also important.

The analysis of foundation insulation methods shows that high quality of nodes of foundations and ground floor flooring is very important. The insulation layers between such nodes must be interconnected. A most reliable way to insulate foundations is when the insulation of the foundations and that of the wall is in contact and internal foundation insulation materials are in contact with flooring insulation materials. To seal a building better, windows are often installed in the insulation layer. Large windows facing north are not recommended, but windows facing south can heat up indoor air. Doors are usually installed much the same as windows. It is important to reinforce thin-framed doors with bars while foam is applied and is drying. The most popular wall insulation materials are polystyrene foam and stone wool, which both have very similar thermal resistance and insulation system. But the performance of stone-wool systems is better. The system can withstand temperature variations and has high water vapour permeability coefficient, which means water vapour can easily pass through. A recent addition to wall insulation is polyurethane foam and ecowool. This material fills the entire volume to maximum extent, because it expands and fills in all cracks and recesses that are difficult to reach. Its adhesion to other materials is also reliable. Before applying thermal insulation materials, a suitable distance between the centres of framework elements must be selected, because panels must be larger than the gap in the framework.

Since each building has different structural solutions, architectural features and purpose, the authors of this article performed an integrated SWOT analysis of building structures that can be insulated to assess factors and phenomena that

affect energy performance of buildings. First, we examined internal factors that can affect maintenance of an insulated building structure, which means we assessed the strengths and weaknesses of each researched building structure that can be insulated. We determined that the load-carrying capacity of all insulated structures is appropriate, most materials look new, but all building insulation elements make sensitive effect on the environment and it is difficult to make an integrated selection of suitable thermal insulation materials. Due to strict designing norms structures are bulky. Next, we analysed the external factors, i.e. the opportunities and threats applicable to the same structure. This analysis shows possible changes and trends for an insulated building structure. It also highlights factors that should be considered in the future. The SWOT analysis reveals that diverse new trends open up ample opportunities for all insulated building elements, but the trends have barely penetrated the market and the reason is lack of experience or large costs.

Key words: foundation insulation, walls insulation, roofs insulation, SWOT analysis.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jevgenija Rutė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinė kolegija; Klaipėdos Universiteto, Jūros technologijų ir gamtos mokslų fakultetas, Jūrų inžinerijos katedra. Lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: pastatų energinis efektyvumas, šilumos nuostolius pastatuose.

Telefonas ir el.pašto adresas: +370 (686) 13987, jevgenija.rute@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Jurgita Drizgaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinė kolegija,

Autoriaus mokslinių interesų sritys: pastatų konstrukcijos

Telefonas ir el.pašto adresas: +370 (616) 42400, juritadr@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jevgenija Rutė

Science degree and name: doctor, lector

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer. Klaipėda University, Faculty of marine technology and natural science. Lecture of Marine Engineering Department.

Author's research interest: passive house, energy efficiency of buildings, of heat losses in buildings.

Telephone and e-mail address: +370 (686) 13987, jevgenija.rute@gmail.com

Author name, surname: Jurgita Drizgaitė

Science degree and name: master

Workplace and position: Klaipėda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies, Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.

Author's research interest: building construction.

Telephone and e-mail address: +370 (616) 42400, juritadr@gmail.com

APLINKOS SĄLYGŲ ĮTAKOS, ARCHITEKTŪRINĖS TEKSTILĖS FIZIKINIŲ SAVYBIŲ KITIMUI, TYRIMAS

Guoda Majauskaitė¹, Virginija Sacevičienė¹, Ernestas Ivanauskas²

¹Kauno Technologijos Universitetas, Architektūros ir statybos institutas, ²Kauno Technologijos Universitetas, Statybinių medžiagų ir konstrukcijų tyrimų centras

Anotacija

Įvairių mobilių statinių gamybai naudojama architektūrinė tekstilė-inovatyvi polimerinė medžiaga, savo patvarumu bei patikimumu nenusileidžianti tradicinėms statybinėms medžiagoms. Laikoma, kad tekstilinė architektūra gali praplėsti tradicinį projektavimą, iš esmės sukuriant naują lanksčių erdvių architektūrą.

Tyrimo metu buvo naudotos dvi skirtingos bandymo aplinkos, kurių poveikis nustatytas, tiriant dengtų medžiagų spalvos ir mechaninių charakteristikų kitimą. Buvo nustatyta, kad didžiausią įtaką turėjo sendinimas 80 °C temperatūroje, nors mechaninių savybių kitimas nebuvo ženklus, bet žekliai pasikeitė tiriamų medžiagų spalva.

Reikšminiai žodžiai: architektūrinė tekstilė, aplinkos poveikis, stipris, spalva, CO₂ poveikis.

Įvadas

Polimerinės daugiasluoksnės medžiagos pakeitė tradicines medžiagas daugelyje gyvenimo sričių. Nors polimerinių medžiagų produktai yra lengvesni, stipresni ir atsparesni įvairiems aplinkos veiksniams, tačiau jie turi būdingą polimerinio senėjimo trūkumą. Vienos medžiagos tampa trapios, kitos atvirkščiai yra per plastiškos ir kartais netgi minkštos. Tai tik įrodo didelius mechaninių savybių pokyčius. Šių medžiagų mechaninės savybės gali būti atsparios temperatūros ar įvairios drėgmės įtakai. Todėl svarbiau įvertinti ne momentinius ar trumpalaikius, o ilgalaikius galimus medžiagų savybių pokyčius. Tentinės medžiagos yra atsparios aplinkos poveikiams. Miuncheno olimpinio stadiono stogas buvo dengtas tentine medžiaga, kurios mechaninės savybės buvo tirtos po 37 eksploatacijos metų. Eksploatacijos metu tiriamoji medžiaga patyrė temperatūrų pokyčius nuo - 20°C iki + 40 °C, bei didžiausią kritulių kiekį per metus, kuris siekė 1212 l, tuo tarpu tirtas stipris tempiant sumažėjo vos apie 8 % (Benert, 2016). Natūralus gaminių sendinimas – yra laikui imlus procesas, todėl norint prognozuoti gaminių elgseną eksploatacijos metu rekomenduojama atlikti dirbtinio sendinimo bandymus.

Dirbtinio sendinimo metodai yra labai skirtingi: sendinimas veikiant aukštesnei aplinkos temperatūrai, sendinimas veikiant rentgeno spinduliams, sendinimas naudojant skirtingas temperatūras, drėgmę ir UV spinduliuotę, ar įvairius cheminius tirpalus ir pan. (Gish 1995, Pena et al 2011, Joao et al. 2016, Ducoulombier et al. 2016, Krimi et al. 2016, Real et al. 2001, Ito et al. 2001, triki et al. 2012, Yang et al. 2017). Veikiant UV spinduliuote daugiau kaip 2000 val. buvo nustatytas apie 30-40 % tempimo stiprio sumažėjimas, o atlikus EDS analizę, buvo nustatyta, kad Cl elemento kiekis medžiagoje sumažėjo apie 50% (Joao et al. 2016). UV spinduliuotė veikia ir tiriamų medžiagų spalvą. UV spinduliuotei pasiekus 100 KJm⁻², baltumo indeksas gali sumažėti iki 50 % (Yang et al. 2017). Gamtoje be spinduliuotės paviršius veikia ir drėgmė, kuri gali būti tam tikros cheminės sudėties ir koncentracijos. Naudojant dvi skirtingas chemines medžiagas hidrolizei (NaOH ir H₂SO₄) buvo nustatyta, kad tiriamų medžiagų masės netektis po 35 dienų siekė apie 45 % nuostolių. Vidutiniškai rūgščioje terpėje 35 dienas sendinant PVC dengtą PES pluoštą, buvo nustatytas medžiagos suirimas (Ducoulombier et al. 2016).

Nors architektūrinės tekstilės eksploataavimo ribos apibrėžiamos nuo -30 °C iki +70 °C, bet pirmieji tiriamos medžiagos mechaniniai pokyčiai pastebimi jau ir + 50 °C (Krimi et al. 2016). Dažniausiai architektūrinės tekstilės mechaninių savybių kitimo nustatymui naudojamas terminis senėjimas. Šis metodas pagrįstas tuo, kad tiriamą medžiagą patalpinama į aplinką, kurioje sukuriamas tam tikros temperatūros mikro klimatas. Tiriama bandiniai tokiomis sąlygomis išlaikomi bandymo metodikoje numatytą laiką. Ištraukus bandinius iš tiriamos aplinkos, bandiniai kondicionuojami ir po tam tikro laiko nustatomos jų fizikinės-mechaninės savybės (LST 1296, 2000). Ženklausiai architektūrinės tekstilės pokyčiai pastebėti aukštesnės temperatūros poveikyje. Buvo nustatyta, kad mažinant poveikio temperatūrą, tempimo stipris didėja, tačiau tai šiek tiek veikia medžiagos trapumą (Hassan et al. 2006). Pasiekus 135 °C temperatūrą chloro molekulės pradeda skilti, o PVC

produktas esant temperatūrai virš 70 °C pradeda mechaniškai deformuotis, minkštėti. Temperatūros poveikyje pakinta ir tiriamų medžiagų masė (iki 40 %) (Pena et al 2011). Nors mechaninės savybės yra mažiau jautrios temperatūros poveikiams ir nežymiai kinta net ir po ilgesnio sendinimo laiko, bet buvo pastebėta, kad 80 °C temperatūroje 1000 val. išlaikytų bandinių net iki 30 ΔE vienetų pakinta tiriamos medžiagos spalva (Real et al. 2001).

Atliekant tyrimą buvo siekiama išsiaiškinti kaip keičiasi architektūrinės tekstilės mechaninės savybės ir spalva.

Naudotos medžiagos ir tyrimo metodai

Tyrimams buvo pasirinktos statybų pramonėje naudojamos šešios skirtingos architektūrinės tekstilės medžiagos, kurių struktūros charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Eil. Nr.	Medžiagos kodas	Pluoštinė sudėtis	Paviršinis tankis, g/m ²	Storis, mm	Vardinis tempimo stipris, N/mm		Spalva
					Išilgine kryptimi	Skersine kryptimi	
1	T1	PVC	630	0,50	210	190	Skaidri
2	T2	PES, PVC	630	0,50	2600	2500	Balta
3	T3	PES, PVC	900	0,70	4200	4100	Balta
4	T4	PES, PVC	750	0,50	3000	2800	Balta
5	T5	PES, PVC	900	0,70	4250	3900	Mėlyna
6	T6	PES, PVC	650	0,50	2800	2500	Balta

Tyrimams pasirinktos dvi skirtingos dirbtinio sendinimo aplinkos:

- 1) 500 val. laikoma 18°C temperatūros, 1% CO₂ ir 55 % drėgmės aplinkoje, kuri pasiekama klimatinėje kameroje FDM CB SERIES (1pav., c)
- 2) 500 val. laikoma 80°C temperatūros ventiliuojamoje elektros krosnyje SNOL 58/350 (1pav., a)



a



b



c



d

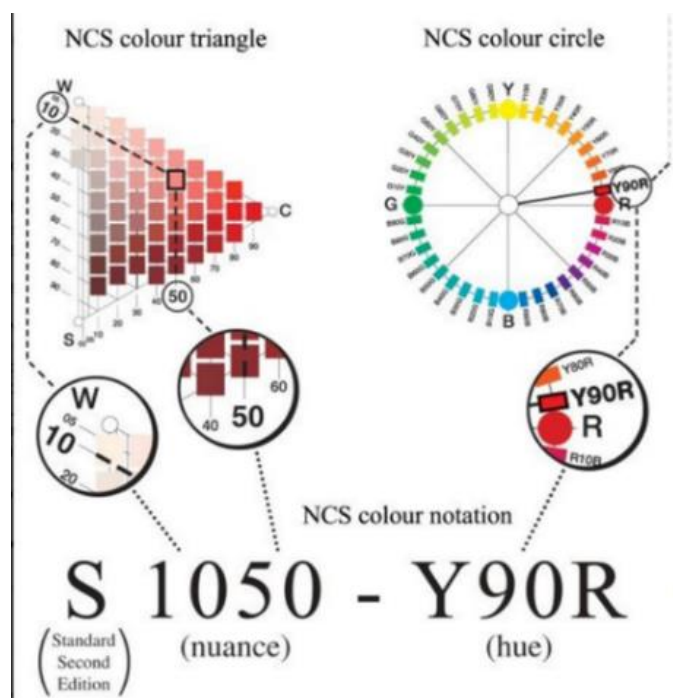
1pav. Tyrimams naudoti įrengimai ir priemonės: a) termo kamera SNOL 58/350; b) universali bandymų mašina ZWICK BTI-FB050 TN; c) klimatinė kamera FDM CB SERIES; d) spalvos nustatymo prietaisas NCS COLOR SCAN 2.0

Šaltinis: sudarytas autorių

Tyrimų metu numatyta matuoti tiriamų medžiagų paviršiaus spalvą ir didžiausią jėgą ir deformaciją iki nutrūkimo.

Paviršiaus spalvos matavimas – atliktas naudojant Capsure spalvos matavimo prietaisą (1 pav. d). Šiuo prietaisu išmatuotos spalvos skirstomos pagal kodus, kurių sandara iliustruoja 2 pav. Pirmieji du kodo skaičiai iliustruoja spalvos tamsumą, sekantys du spalvos ryškumą, ženklai po brūkšnelio rodo spalvą.

Mechaniniai - vienašio tempimo bandymai atlikti universalia kompiuterizuota tempimo mašina ZWICK BTI-FB050 TN (1pav., b) pagal standartą LST EN 12311-2:2013. Tempimo bandymas atliktas, kai skersės judėjimo greitis $v = 100 \text{ mm/min}$, bandinio darbo zonos ilgis 100 mm ir plotis 50 mm.



2pav. Spalvos kodų nustatymo metodika

Šaltinis: <http://www.colorshopping.dk/default.asp?Action=Details&Item=618>

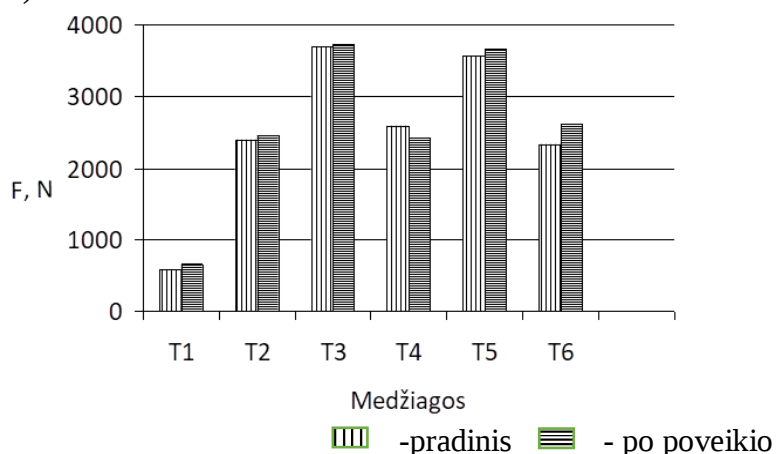
Tyrimo rezultatai

Tyrimo metu architektūrinė tekstilė buvo laikoma skirtingose aplinkos sąlygose, kurios apibūdinamos skyriuje **Naudotos medžiagos ir tyrimo metodai**. Pirmosios aplinkos poveikiai neturėjo įtakos tirtų medžiagų spalvai ir mechaninėms savybėms. Tuo tarpu antroje aplinkoje išlaikytų bandinių buvo pastebėti spalvos pokyčiai. Pokyčiai labiausiai pastebimi baltos spalvos bandiniuose. Medžiagų spalvų pokyčiai įvertinti spalvų kodais pagal NCS spalvų paletę, spalvai nustatyti naudojamas NCS COLOR SCAN 2.0 prietaisas. Atsižvelgiant į tyrimo duomenis, matoma, jog tiriamos medžiagos jautrios 80°C temperatūrai, labiausiai matomi pakitimai skaidrioje ir baltos spalvos medžiagoje, kurios įgavo rausvą atspalvį. Bandiniai L1 bei L2 pakito labiausiai, šių medžiagų storis (0,5 mm) ir mažiausias paviršiaus tankis (630 g/m²) lyginant su kitomis medžiagomis. Bandinys L1 iš spalvos S1002 – G50Y pakito į S1010 – Y20R, L2 iš S0501 – G50Y pakito į S2020 – Y90R. L3 ir L4 bandiniai nepaisant baltos spalvos buvo atsparesni spalvos pokyčiams ir pakito mažiau žymiai, L4 iš S0502 G į S0907 bei S0907 -70R. Spalvota architektūrinė tekstilė dar atsparesnė spalvos pokyčiams, spalvų pakitimai labai nežymūs bandinys L5 vienoje pusėje spalvos nepakeitė, kitoje iš S4055 – R70B pakito į S6030 – R80B, bandinys L6 taip pat vienoje pusėje spalvos nepakeitė, o kitoje nežymiai pakito. Bandinys L1 bei L2 pakito žymiausiai, šių medžiagų storis (0,5 mm) ir paviršiaus tankis (630 g/m²) yra mažiausi lyginant su kitomis medžiagomis. Bandinys L1 iš spalvos S1002 – G50Y pakito į S1010 – Y20R, L2 iš S0501 – G50Y pakito į S2020 – Y90R. L3 ir L4 bandiniai nepaisant baltos spalvos buvo atsparesni spalvos pokyčiams ir pakito mažiau žymiai, L3 bandinys iš S0502 – Y pakito į S1010 – Y50R, L4 iš S0502 G į S0907 bei S0907 -70R. Spalvota architektūrinė tekstilė dar atsparesnė spalvos pokyčiams, spalvų pakitimai labai nežymūs bandinys L5 vienoje pusėje spalvos nepakeitė, kitoje iš S4055 – R70B pakito į S6030 – R80B, bandinys L6 taip pat vienoje pusėje spalvos nepakeitė, o kitoje nežymiai pakito. 1 lentelė Tirtų medžiagų (L1-L6) spalvų pokyčiai po terminio poveikio.

T1	S1010 - Y20R S1005 - Y20R S1005 - Y10R S1002 - G50Y PIRMINĖ SPALVA	Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo mažą tamsumą, kuris išliko, jo kodas 10, spalvos intensyvumas sustiprėjo nuo 02 iki 10, pati spalva pakito 7 žingsnių atstumu nuo G50Y iki Y20R (įgavo oranžinį atspalvį).
----	---	---

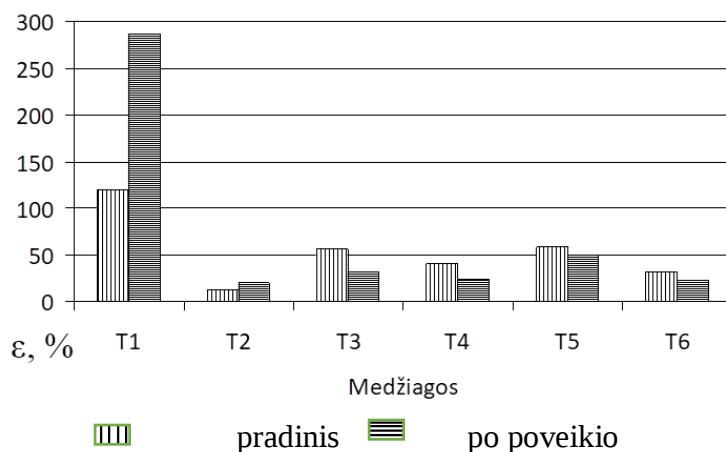
T2	S2020 - Y90R S1010 - Y70R S0907 - Y90R S0502 - G50Y PIRMINĖ SPALVA	Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo mažiausią tamsumą (kodas 05), kuris pakito, padidėjo iki 20, spalvos intensyvumas sustiprėjo nuo 02 iki 20, pati spalva pakito 14 žingsnių atstumu nuo G50Y iki Y90R (įgavo raudoną atspalvį).
T3	S1010 - Y50R S0907 - Y50R S0505 - Y50R S5070 - Y60R S0505 - Y60R S0502 - Y PIRMINĖ SPALVA	1Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo mažiausią tamsumą (kodas 05), kuris pakito, padidėjo iki 10, spalvos intensyvumas svyravo nuo 02, pakilo iki 70, tuomet nusileido iki 10, pati spalva pakito 5 žingsnių atstumu nuo Y iki Y50R (įgavo oranžinį atspalvį).
T4	S0907 - Y50R S0907 - Y70R S0603 - Y40R S0907 - Y70R S0603 - Y60R S0502 G PIRMINĖ SPALVA	Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo mažiausią tamsumą (kodas 05), kuris pakito, padidėjo iki 09, spalvos intensyvumas sustiprėjo nuo 02 iki 07, pati spalva kito nuo 17 žingsnių iki 15 žingsnių atstumu nuo G iki Y70R ir iki Y50R (įgavo oranžinį atspalvį).
T5	S6030 - R80B S5540 - R70B S4055 - R70B PIRMINĖ SPALVA	Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo 40 tamsumą, kuris pakito, padidėjo iki 60, spalvos intensyvumas sumažėjo nuo 55 iki 30, pati spalva pakito 1 žingsnio atstumu nuo R70B iki R80B (mėlynas atspalvis išliko).
T6	S1010 - Y60R S3005 - R50B S0907 - Y70R	Pradinė medžiagos spalva atspalvio zonoje turėjo 09 tamsumą, kuris pakito, padidėjo iki 10, spalvos intensyvumas sustiprėjo nuo 07 iki 10, pati spalva pakito 1 žingsnio atstumu nuo Y70R iki Y60R (oranžinis atspalvis išliko).

Atlikus tempimo bandymus po 500 val. 80 °C temperatūroje buvo nustatyta, kad didžiausia tempimo jėga pakito paklaidų ribose. Dauguma atvejų tempimo jėga padidėjo iki 5-8 % (3 pav.). Panašius tyrimo duomenis gavo ir kiti tyrėjai, kai medžiagų stiprumas tempiant nedaug pakito (Benert, 2016, Yang 2017).



3 pav. Architektūrinės tekstilės didžiausios tempimo jėgos priklausomybė nuo poveikio temperatūra (500 val. 80 °C)

Šaltinis: sudarytas autorių



4 pav. Architektūrinės tekstilės deformacijos priklausomybė nuo poveikio temperatūra (500 val. 80 °C)
Šaltinis: sudarytas autorių

Iš atliktų tyrimų matyti, kad po poveikio 500 val. 80 °C temperatūroje, didžiausia deformacija (apie 2 kartus) pasižymi PVC medžiaga be armuojančio PES pagrindo (T1). Buvo nustatyta, kad po sendinimo temperatūra, kitų tirtų medžiagų deformacija sumažėjo nuo 18 % iki 75 % (4 pav.). Tam įtakos galėjo turėti plastifikatorių pašalinimas sendinimo metu.

Išvados

1. Architektūrinė tekstilė yra jautri aukštos temperatūros (80 °C) poveikiui. Po 500 val. poveikio baltos spalvos tiriamos medžiagos ženkliai pakeičia spalvą.
2. Kambario temperatūros, drėgmės ir 1 % CO₂ dujų įtakos spalvos pokyčiui ir deformacinėms savybėms nėra arba laikytina nereikšminga.
3. Tiriamos medžiagos yra atsparios aplinkos poveikiams, todėl po 500 val. 80 °C temperatūros poveikio didelių pokyčių nenustatyta. Medžiagų didžiausios tempimo jėgos pokytis pakito paklaidų ribose iki 5 - 8 %.

Padėka. Studentų kompetencijos ugdymas per praktinę veiklą finansuojama pagal 2014-2020 metų Europos Sąjungos fondų investicinių veiksmų programos 9 prioriteto „Visuomenės, švietimas ir žmogiškųjų išteklių potencialo didinimas“ 09.3.3.-LMT-K-712 priemonės „Mokslininkų ir kitų tyrėjų, studentų mokslinės kompetencijos ugdymas per praktinę mokslinę veiklą“ Europos Sąjungos struktūrinių fondų. „Baltijos tentas“ įmonės atstovui Ramūnui Macui už tentinių medžiagų pavyzdžius tyrimams.

Literatūra

1. Bernert K. 2016. Elspe Grand Canopy: Mehler replaces Mehler after 37 years, *Procedia Engineering* 55: 205-210.
2. Ducoulombier L.; Dakhli Z.; Lafhaj Z. 2016. Durability of Textile Facing Materials for Construction of an Accelerated Aging Test by Hydrolysis, *Journal of Industrial Textiles* 45(6):1288-1307.
3. Gish B. D. 1995. A performance classification system for polymer-based roofing membrane materials. *Proceedings of the 11th Conference on roofing technology* 49-54.
4. Hassan A., Haworth B. 2006. Impact properties of acrylate rubber-modified PVC: Influence of temperature. *Journal of Materials Processing Technology*. 172: 341-345.
5. Ito M., Nagai K. 2007. Analysis of degradation mechanism of plasticized PVC under artificial aging conditions. *Polymer degradation and stability*, 92:260-270.
6. Joao L., S.; Carvalho R.; Figueiro R. 2016. A Study on the Durability properties of Textile membrane for Architectural Purposes, *Procedia Engineering* 155:230-237.
7. Krimi I., Ducoulombier L., Dakhli Z., Lafhaj Z. 2016. Durability of textile facing materials for construction: Operating accelerated ageing protocol results in basic medium for lifetime estimation in conditions of use, *Journal of Industrial Textiles* 46(3):929-949.
8. LST EN 12311 – 2:2013 Flexible sheets for waterproofing- Determination of tensile properties, 2013.
9. Pena B., Ferre L., Garsia-Valls R., Ferrando F., Gumi T. 2011. Study of the Mechanical Properties of PSf/Vanillin Films. Influence of Temperature Treatments. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 50:2073-2079.
10. Real P., L., Gardette J.-L. 2001. Aging and characterisation of PVC-based compounds utilised for exterior applications in the building construction field: thermal ageing. *Polymer Testing* 20:779-787.

11. Yang X., Jiang X., Hu J., Wang F., Hu C. 2017. Relationship between physical and mechanical properties of accelerated weathering and outdoor weathering of PVC-coated membranę material under tensile stress. *Journal of Industrial Textiles* 47(2):197-210.
12. Triki E., Arrieta C., Boukelli H., Khanh T. V. 2012. Tear Behaviour of Polyester –Based Coated textiles after thermo –oxidative Aging. *Polymer Composites* 33(6):1007-1017.
13. LST EN 1296: 2000 Lanksčios hidroizoliacinės juostos. Bituminės, plastikinės ir guminės stogų dangos. Ilgalaikis sendinimas padidintoje temperatūroje, 9 psl.

ANALYSIS OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS FOR PHYSICAL PROPERTIES OF ARCHITECTURAL TEXTILES

Summary

Architectural textiles-innovative polymer materials are used for the production of various mobile structures, which do not stand up to traditional building materials for its durability and reliability. Textile architecture is considered to expand traditional design, essentially creating a new architecture of flexible spaces.

During the study, two different test environments were used, the effect of which was determined by investigating the variation in the color changes and mechanical properties of the coated materials. It was found that aging at 80 °C had the greatest influence, although the mechanical properties were not significant, but the color of the materials studied was markedly different.

Keywords: architectural textiles, environmental effects, physical and mechanical properties..

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas ir pavardė: Guoda Majauskaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: bakalauras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: architektūra, statybos technologijos, medžiagų technologijos, pastatų konstrukcijos, urbanistika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 654 74997, guodamaj@gmail.com

Autoriaus vardas ir pavardė: Virginija Sacevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Architektūros ir Statybos institutas, mokslo darbuotoja

Autoriaus mokslinių interesų sritys: stogų dangos, medžiagotyra

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 614 49200, virginija.saceviciene@ktu.lt

Autoriaus vardas ir pavardė: Ernestas Ivanauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, Statybos ir architektūros fakultetas, Statybinių medžiagų ir konstrukcijų tyrimų centras, direktorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: medžiagų technologija, statybos inžinerija ir technologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 610 26652, ernestas.ivanauskas@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Guoda Majauskaitė.

Science degree and name: bachelor.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, student.

Author's research interests: architecture, building technologies, material technologies, building constructions, urbanism.

Phone and e-mail address: 8 654 74997, guodamaj@gmail.com

Author name, surname: Virginija Sacevičienė.

Science degree and name: doctor, assoc. prof.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture.

Author's research interests: roof materials, material research.

Phone and e-mail address: 8 614 49200, virginija.saceviciene@ktu.lt

Author name, surname: Ernestas Ivanauskas.

Science degree and name: doctor, assoc. Prof.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Civil Engineering and Architecture, director of Research Center for Building Materials and Construction

Author's research interests: building technologies, material technologies, building constructions.

Phone and e-mail address: 8 610 26652, ernestas.ivanauskas@ktu.lt

GEDIMINO KALNO ŠIAURĖS VAKARŲ ŠLAITŲ STABILUMO MODELIAVIMAS

Raimondas Šadzevičius, Žydrūnas Vyčius, Vitas Damulevičius

Aleksandro Stulginskio universitetas

Anotacija

Nuošliaužos pažeidžia ne tik natūralius gamtinius šlaitus, bet ir senųjų istorinių kultūros paveldo objektų – piliakalnių bei kitus šlaitus. Straipsnyje pateikiama Vilniaus piliavietės, vadinamos Gedimino kalnu šlaitų stabilumo modeliavimo analizė įvertinant geologines sąlygas, gruntinio vandens, išorinių apkrovų poveikius ir numatomų įrengti šlaite esančių rostverkų stabilumą didinančių priemonių įtaką. Šlaito stabilumo skaičiavimui naudotas kompiuterinis programinis kompleksas GEOSTUDIO SLOPE/W. Modeliuojant šlaitus sukurti šlaito stabilumo modeliai, analizuoti skirtingi šlaito stabilumo variantai esant/nesant užmirkimui ir įvertinant/neįvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės. Remiantis analizės rezultatais nustatyta, kad įrengus Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančius rostverkus laikantį polį (laikiną atramą) minimalus šlaito stabilumo koeficientas K nesant užmirkimui nesikeičia ($K=0,884$), o esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi minimalus šlaito stabilumo koeficientas K įrengus rostverkus laikantį polį (laikiną atramą) padidėja nuo $K=0,528$ iki $K=0,539$.

Reikšminiai žodžiai: Gedimino kalnas, šlaitai, stabilumas, modeliavimas.

Ivadas

Nuošliaužos pagal susidarymo priežastys skirstomos į tris grupes (Šimkus, 1984; Craig, 1995):

- 1) išorinis šlaito formos ir aukščio kitimas;
- 2) šlaito gruntų sudėties ir fizinių – mechaninių savybių pasikeitimas;
- 3) šlaito išorinių apkrovų kitimas.

Stabilūs šlaitai pradeda šliaužti, apkrovus juos papildomais krūviais: iškasto grunto krūvos, statybinių medžiagų rietuvės, sunkūs pastatai netoli šlaito briaunos ir kt. Dažnai nuošliaužas sukelia dinaminiai smūgiai: važiuojantieji traukiniai, sprogdinimo darbai, pneumatinių plaktų smūgiai ir kt.

Nuošliaužų susidarymui turi įtakos *gruntų geologinė sandara ir savybės* (plastiški silpni gruntai ir pan.), *geomorfologiniai procesai* (bangų ar ledo sukelta erozija šlaito papėdėje, sufozija ir pan.), *fiziniai veiksniai ir hidrogeologinės (bei hidrologinės) sąlygos* (intensyvūs trumpalaikiai lietūs, staigus atolaidis ir pan.), *antropogeniniai (technogeniniai) veiksniai* (šlaito apkrovimas, intensyvi statyba, dinaminiai smūgiai, vibracijos ir pan.).

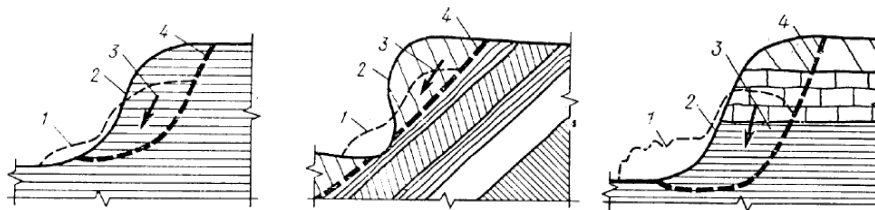
Kadangi nuošliaužos gali atsirasti ne tik dėl vienos kurios nors priežasties, bet ir dėl priežasčių komplekso, todėl ir jų klasifikacijų yra daug ir įvairių (Schwab et al., 2005; Cruden, 1991). Visų klasifikacijų pagrindą sudaro vienas, keli ar grupė būdingų požymių (Soeters et al., 1996).

Nuošliaužos skirstytinos pagal atsiradimo priežastis; ekonominę svarbą ir pavojingumą; pagal sandarą; irimo pobūdį; šliaužiančios grunto masės judėjimo tipą, būdą ar greitį ir pan. (Fomenko, 2014).

Nuošliaužų susidarymo procesą galima suskirstyti į tris stadijas (Šimkus, 1984). Pirmosios stadijos metu šlaito stabilumas laipsniškai mažėja, bet šlaitas dar nešliaužia. Jo viršuje gali susidaryti plyšiai, parodantys viršutinį nuošliaužos pakraštį. Tuo metu dar nesunku apsisaugoti nuo nuošliaužų skubiai imantis atitinkamų priemonių.

Antrosios stadijos metu tam tikra grunto masė pradeda šliaužti. Šliaužimo greitis gali kisti, kartais nuošliaužos gali sustoti, o vėliau vėl pradėti judėti. Esant šiai stadijai nebepakanka profilaktinių priemonių, o reikia taikyti konkrečias dirbtines inžinerines apsaugos priemones.

Trečiosios stadijos metu šlaitas nušliaužia. Tuo metu keičiasi ir formuojasi naujos šlaito stabilumo sąlygos (1 pav.).



1 pav. Nuošliaužos susidarymo schema:

1 – šlaito paviršius po nuošliaužos; 2 – šlaito padėtis iki nuošliaužos; 3 – pasistūmusi šlaito dalis – nuošliaužos kūnas; 4 – slysmo paviršius

Šaltinis: (Šimkus, 1984)

Potencialių nuošliaužų susidarymo prognozavimui taikomi įvairūs deterministiniai bei statistiniai (pvz. neapibrėžtumų teorija) ir tikimybiniai metodai, kurie įvertina kokybines ir kiekybines charakteristikas (Cederstrom, 2014; Fomenko, 2014; Sakellariou et al., 2005). Nuošliaužų paplitimui analizuoti panaudojamos geoinformacinės sistemos (GIS), geologiniai–hidrogeologiniai modeliai, iš kurių plačiausiai paplitę Arcview – Sinmap ir Shalstab moduliai (Shaw et al., 1999; Tarboton et al., 2005). Potencialiai pavojingų nuošliaužų stebėsenos ir prognozavimo sistemos nacionaliniu mastu yra sudarytos ir įdiegtos Kanadoje (<http://www.nrcan.gc.ca/hazards/landslides>), Jungtinėse Amerikos Valstijose (<https://landslides.usgs.gov/>), Europos Sąjungos (Malet, Maquaire, 2006) ir kitose šalyse. Lietuvoje sukurta Lietuvos karsto ir nuošliaužų informacinės duomenų bazė (Bucevičiūtė ir kt., 2003), informacija apie geologinius reiškinius pateikiama geologijos informacinėje sistemoje GEOLIS <http://www.lgt.lt/zemelap/>.

Šlaitų stabilumui tikrinti yra sukurta įvairių inžinerinių būdų, kurie gali būti skirstomi į dvi grupes. Pirmai grupei priklauso būdai, kuomet daroma prielaida, kad šlaito ir jo pagrindo gruntas yra vienalytis, o filtracinės tėkmės nėra. Skaičiavimai šiais būdais duoda tik apytikrius rezultatus. Antrai grupei priklauso būdai, kai nagrinėjami skirtingi šlaito ir jo pagrindo gruntai. Be to, čia įvertinama ir depresijos kreivės padėtis. Skaičiavimai antros grupės būdais yra sudėtingesni, bet labiau atitinka realią situaciją ir todėl yra taikomi praktikoje. Antros grupės šlaitų stabilumo skaičiavimo metodai (Felenijaus, Bišopo, Janbu, Spencerio, Morgensterno – Praisio, Lovo – Karafito, neapibrėžtos pusiausvyros ir kiti) skiriasi pagal pasirinktą šliaužimo paviršiaus formą ir matmenis, sunkio, trinties, sankibos ir filtracinio slėgio jėgų skaičiavimo metodiką, taip pat pagal procedūrinius veiksmus, todėl skiriasi ir skaičiavimų rezultatai. Praktikoje šlaito stabilumo skaičiavimai dažniausiai yra atliekami keliomis skirtingomis skaičiavimo metodikomis ir po to yra palyginami gauti rezultatai. Taip yra garantuojamas didesnis šlaito minimalaus leistino stabilumo koeficiento patikimumas ir tikslumas.

Šiuo metu šlaito minimalaus stabilumo koeficiento skaičiavimai dažniausiai atliekami įvairiomis kompiuterinėmis programomis (SCAD Office, GEOSTUDIO SLOPE/W, GEO5, Visual slope, Slope, Galena ir kt.)

Tyrimų aktualumas. Kasmet pasaulyje nuošliaužos nusineša daug gyvybių, padaro žymių ekonominių nuostolių, paskaičiuota, kad vien Jungtinėse Amerikos Valstijose dėl nuošliaužų kasmet žūsta daugiau nei 25 žmonės, padaroma 1–2 milijardas dolerių nuostolių. 1980 metais Jungtinėse Amerikos Valstijose Vašingtone įvyko Mount St. Helens 95–km ilgio nuošliauža, kuri buvo viena iš didžiausių istorijoje, nepaisant katastrofiško pastatų, statinių sugriovimų masto, žuvo tik 10 žmonių – dėka savalaikės evakuacijos.

Po 1920 metais Kinijoje (Ningxia provincijoje) įvykusio žemės drebėjimo susidarė 675 nuošliaužos, kurios nusinešė daugiausia žmonių gyvybių (iki 200000). Dėl intensyvių liūčių uragano Mitch metu 1998 m. susiformavusios nuošliaužos pražudė daug žmonių Kinijoje (3600), Nikaragvoje (2200), Pakistane (1500), viso uragano sukeltuose potvyniuose, nuošliaužose Hondure, Gvatemaloje, Nikaragvoje, El Salvadore žuvo apie 10000 žmonių (Turner et al., 1996).

Europoje (27 šalyse) 1995–2014 metais įvyko 476 nuošliaužos, kurių metu žuvo 1370 žmonių (Gaprindashvili et al., 2016).

Lietuvoje pastaraisiais metais didžiausia nuošliauža atsirado Vilniuje 2000 m. rugpjūčio 8 d. Dvarčios upelio slėnio šlaite. Ją sudarė iki 12,5 m storio technogeninis gruntas. Nuošliaužos tūris siekė 24 000 m³. Buvo sugriauti du bendrovės „Dvarčionių keramika“ sandėliai ir suardyti inžineriniai tinklai. Nuošliaužos padaryti nuostoliai įvertinti 5,7 mln. Lt. (Satkūnas ir kt., 2008).

Gedimino kalno šlaitai ne kartą yra slinkę (1396, 2000, 2004, 2008 metais (Satkūnas ir kt., 2008). 2016 metais šlaitai slinko kelis kartus: šiaurinis šlaitas – vasarį (Lietuvos nacionalinis muziejus, 2016) ir spalį (Alfa.lt, 2016), pietinis šlaitas gruodį (Ragickaitė, 2016). 2017 metais įvyko kelios nuošliaužos pietrytinėje pusėje (2017–03–07), (2017–07–01) (ELTA, 2017) (2017–10–12) (Delfi.lt, 2017).

Lapkričio 4 d. rytiniame Gedimino kalno šlaite įvyko technogeninio grunto ir velėnos sluoksnio nuošliauža.

Lapkričio 3 d. pietinio šlaito sandūroje su vakariniu šlaitu, veikusiai požeminio vandens iškrovos vietoje, įvyko apie 25 m³ technogeninio grunto su velėna nuošliauža (Grigaliūnaitė, 2017).

Kaip nurodo Mendelevičius (Mendelevicius, 2016) „Kalną tvarkė nuolat: LDK laikais, rusmečiu, lenkmečiu, sovietmečiu, Lietuvos nepriklausomybės laikais. J. Mendelevičiui, kartu su architektais S. Lasavicku, N. Kitkausku, G. Lauciumi, E. Biveinyte, G. Filipavičiene, G. Kirdeikiene ir kt. teko prisidėti tvarkant kalną 1976 m. 1980 m. vadovaujant G. Lauciui Paminklų konservavimo institute buvo suprojektuotas gynybinės sienos fragmentų atkūrimo projektas. projekte buvo numatytas kalno šlaitų viršutinės dalies užpylimas priemeliu (buvo supilta apie 10 tūkst. m³ grunto). Kad išvengtų nuošliaužų, buvo numatyta prispausti gruntą g/b koriai su inkaravimu mazguose į kalno natūralų gruntą. 1982–1985 metais tų pačių autorių buvo tvarkoma vakarinė atraminė sienutė (prie Valdovų rūmų). Įrengti iki 16 m ilgio 0,8 m skersmens

gręžtiniai plūktiniai poliai su inkarais ties kontraforsais. Skaičiuojamasis vakarinio šlaito pastovumo koeficientas padidėjo nuo 1,05 iki 1,3. Vėliau buvo atlikta dar daugybė GK stabilizuojančių darbų: kelio ir rytinio šlaito tvarkybos darbai (2004 m.), šiaurės ir vakarų šlaito tvirtinimo darbai 2 eilių rostverkais (2000 m.), smegduobių, įgriuvų likvidavimo darbai (2010 m.), lietaus vandens nuvedimo sistemos remonto darbai (2011 m.), medžių kirtimo darbai (2011 m.), GK funikulierius (2003 m.) ir kt. Galbūt ne visi šie sprendiniai ir jų įvykdymas buvo idealūs, tačiau GK jie buvo būtini“.

Tyrimo objektas – Piliakalnis (Pilies kalnas, Gedimino kalnas – toliau GK) įrengtas atskiroje kalvoje, Neries ir Vilnios kairiuosiuose krantuose, jų santakoje. Aikštelė ovali, pailga ŠR–PV kryptimi, 120×45m dydžio. Jos 8 m pločio pietinis kraštas viršuje 4 m aukštesnis, primena pylimą, nors yra natūralus darinys. Šiauriniame šlaite yra senojo kelio žymės. Kalno aukštis nuo papėdės yra 47–48 m., šlaitai – statūs (35 – 40). Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumas nagrinėtas 1973 m. ataskaitoje sudarytame X–X geologiniame pjūvyje.

Tyrimo tikslas – kompiuteriniais skaičiavimais atlikti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo analizę įvertinant geologines sąlygas, gruntinio vandens poveikį, apkrovos poveikį ir numatomų įrengti Gedimino kalno šiaurės šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonių įtaką.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito nuošliaužos formavimosi vietą.
2. Atlikti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo skaičiavimus įvertinant geologines sąlygas, gruntinio vandens poveikį, apkrovos poveikį ir numatomų įrengti Gedimino kalno šiaurės šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonių įtaką.
3. Remiantis kompiuteriniais skaičiavimais pagrįsti šlaito stabilumo didinimo priemonių reikalingumą.

Tyrimų metodika

Šlaitų stabilumo skaičiavimas – sudėtingas gruntų mechanikos uždavinys. Tiksliai teoriškai išsprendžiami tik kai kurie elementarūs uždaviniai, tokie kaip vienalytis izotropinio grunto šlaitas ant uolinio pagrindo, kai nėra filtracinės tėkmės, ir panašūs. Žinomi šlaitų skaičiavimo metodai skiriasi pagal pasirinktą šliaužimo paviršiaus formą ir matmenis, sunkio, trinties, sankibos ir filtracinio slėgio jėgų skaičiavimo technologiją, taip pat pagal kitus neesminius procedūrinius veiksmus, dėl kurių skaičiavimų rezultatai gerokai skiriasi. Geofiltracijos matematinio modelio sudarymo sudėtingumą lemia dar ir tai, kad pradiniai geofiltracijos parametrai nustatomi atsižvelgiant į hidrogeologines tiriamos teritorijos sąlygas, kurios išaiškinamos remiantis lauko (natūrinių) tyrimų duomenimis. Šių tyrimų patikimumas taip pat dažnai nėra pakankamas. Visi metodai šlaitų stabilumui skaičiuoti yra grindžiami tam tikromis prielaidomis ir supaprastinimais, šliaužimo paviršiui suteikiama vienokia ar kitokia forma, ignoruojamos mažesnė įtaką turinčios jėgos, t. y. užduodamos tam tikros pakraštinės sąlygos (Krahn, 2004:215; EM 1110–2–1902, 2003:29–30; FM 5–410, 2001:436).

Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito pastovumas skaičiuotas įvertinant kalno pagrindo bei masyvo skirtingumą bei gruntinio vandens padėtį. Šlaito elemento pastovumas išreiškiama nelygybe:

$$T = \rho \sin \alpha \leq N \operatorname{tg} \varphi + c l, \quad (1)$$

o visam galimam nuošliaužos masyvui:

$$\sum T = \sum \rho \sin \alpha \leq \sum N \operatorname{tg} \varphi + \sum c l, \quad (2)$$

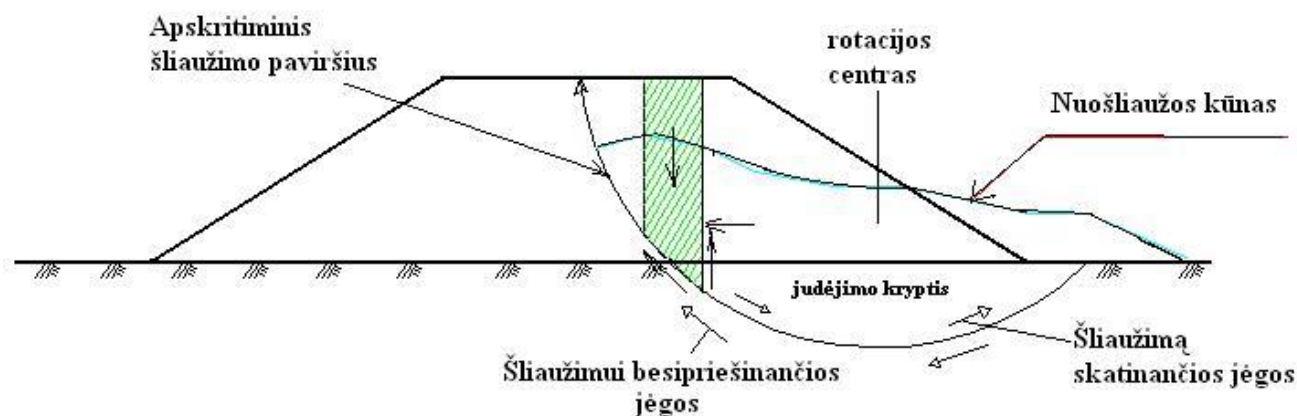
čia T – trinties jėga; ρ – šlaito elemento svoris; N – normalinė jėga; φ – grunto vidinės trinties kampas; c – gruntų tariamoji sankyba; l – grunto elemento šliaužimo paviršiaus ilgis.

Šlaito stabilumą galima vertinti pagal jo pastovumo koeficiento η dydį:

$$\eta = (\sum N \operatorname{tg} \varphi + \sum c l) / \sum T, \quad (3)$$

čia L – visas šliaužiančiojo paviršiaus ilgis.

Skaičiavimų metu yra nagrinėjamas plokščiasis uždavinys – šlaito 1 m pločio tarpas. Gruntų fizikinių–mechaninių charakteristikų (grunto savitasis sunkis γ , vidinės trinties kampo φ ir sankibos c) skaičiuojamosios reikšmės gaunamos atlikus geologinius tyrinėjimus, taip pat įvertinama filtracinės tėkmės įtaka. Vienas dažniausiai taikomų ir lengviausiai suprantamų šlaitų stabilumo skaičiavimo metodų yra fragmentų metodas (literatūroje šis metodas dar vadinamas Felenijaus, t. y. paprastuoju arba švedišku metodu). Priimama, kad šlaitai nušliaužia kreivais cilindriniais paviršiais (2 pav.), skaičiavimuose laikoma, kad šliaužianti šlaito dalis nesideformuoja.



2 pav. Nuošliaužos susidarymo proceso schema

Šaltinis: (Šadzevičius ir kt., 2012)

Šlaito stabilumas apibrėžiamas minimaliu stabilumo koeficientu K , kuris yra lygus dviejų jėgų grupių momentų apie šliaužimo centrą O santykiui. Pirmąją grupę sudaro palaikančios šlaitą jėgos, t. y. grunto vidaus trinties F ir sankabumo C jėgos. Jos vadinamos pasyviomis jėgomis. Antrosios grupės jėgos verčia šlaitą šliaužti, tai grunto svorio G ir filtracinio slėgio U jėgos. Jos vadinamos aktyviomis jėgomis.

$$K = \frac{M_{\text{pasyv}}}{M_{\text{aktyv}}}, \quad (4)$$

Jei jėgos yra lygios ($K=1$), nagrinėjama prizmelė yra pusiausviros būklėje ir jos jėgų daugiakampis yra uždaras. Kitais atvejais prizmelių šonai yra veikiami normalinių jėgų. Jei šlaito minimalus stabilumo koeficientas $K < 1$, tai prizmelės šonus veikiančių normalinių jėgų atstojamoji bus nukreipta šlaito šliaužimo kryptimi ir jei ji nebus kompensuojama, šlaitas bus nestabilus ir gali nušliaužti. Jei $K > 1$, tai prizmelės šonus veikiančių normalinių jėgų atstojamoji bus nukreipta priešinga šlaito šliaužimo kryptimi ir trukdys šlaito nušliaužimui. Kitos šlaitų stabilumo atsargos koeficiento reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Šlaito stabilumo atsargos koeficiento reikšmės

Stabilumo koeficientas K	Šlaito būvis
$<1,0$	Nesaugus
$1,0-1,25$	Abejotinas saugumas
$1,25-1,4$	Pakankamas
$>1,4$	Pakankamas užtvankoms

Šaltinis: EM 1110-2-1902: 26. Slope stability (2003).

Prieiga per internetą: < http://publications.usace.army.mil/publications/eng-manuals/EM_1110-2-1902_sec/toc.htm >

Modeliuojant šlaitus pagal GEOSTUDIO SLOPE/W kompiuterinę programą pirmiausia sukuriamas modelio geometrinis vaizdas, t. y. yra sudaromas Gedimino kalno modelis. Analizuojamo šlaito stabilumo modelio sudarymas pagal Geostudio Slope/W (www.geoslope.com) kompiuterinių programų kompleksą vyksta tokiais etapais (Šadzevičius ir kt., 2012):

- sudaromas geometrinis modelis – nubraižomas geologinis pjūvis, išskiriant jame skirtingus grunto sluoksnius, ir apibrėžiamos galimos nuošliaužų vietos ir galimi jų centrai;
- įvedami skirtingų geologinių sluoksnių geotechniniai parametrai;
- apibrėžiama gruntinio vandens padėtis ir jo parametrai;
- fiksuojami išoriniai poveikiai ar tvirtinimai – poliai, inkarai, įkalai, sienelės, geotekstilės sluoksniai ir pan. – bei jų parametrai;
- fiksuojamos apkrovos – taškinė apkrova, paskirstyta apkrova, įtempiai ir pan. – ir jų parametrai;
- apibrėžiamos galimo šliaužimo paviršiaus ir nuošliaužos centrų ribos ir parenkamas skaičiavimo metodas;
- skirtingais metodais įvertinamas pavojingiausio šlaito šliaužimo paviršius bei šlaitų stabilizavimo priemonių įtaka šlaito stabilumo koeficientui.

Modeliavimo metu buvo tyrinėjami šie Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumą įtakojantys veiksniai: geologinės sąlygos, gruntinio vandens poveikis, apkrovos poveikis ir numatomų įrengti (šlaite esančių rostverkų) stabilumo didinimo priemonių įtaka.

Tyrimų rezultatai

Daugeliu atvejų šliaužimo paviršiaus susidarymas priklauso ne tik nuo šlaitų sudarančių gruntų sudėties, šlaito formos ir aukščio, bet ir nuo klimatinės sąlygų, kurių įtaka šlaito pastovumui yra labai didelė ir dažnai gali būti net lemiamą. Lietuvos klimatinės sąlygos yra gana permainingos, iškritę krituliai yra gana nepastovūs, sausus orus dažnai keičia drėgnas oras, vyksta dažni užšalimo ir atšilimo ciklai. Reiškiny, kuomet dar ne visai atšilus žemė vėl užšąla, yra labai pavojingas šlaitams, nes vandens perėjimas iš skystosios agregatinės būsenos į kietąją padidina jo tūrį apie 10 %, o atšilus ir ištirpus ledui lieka tuštumos šlaite, kuriose kaupiasi vanduo, gruntas įmirksta, pradeda šliaužti (3 pav.)

GEOSTUDIO SLOPE/W programos pagalba buvo sukurtas Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito modelis. Sudarytame šlaito stabilumo modelyje įvertinamos numatomos įrengti šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės – kalno viršuje numatoma įrengti laikantįjį polių (laikiną atramą) ir nuo jo templėmis prišti šlaite esančius rostverkus. Šlaite ir kalno viršuje esančių konstrukcinių elementų – rostverkų, gynybinės sienos, polių, inkarų, akmens grindinio – laikančiosios jėgos ir apkrovos priimtos pagal „Lietuvos nacionalinis muziejus“ išaiškinimus. Geologinių sluoksnių matmenys buvo imami iš 1973 m. ataskaitoje pateikto geologinio pjūvio X–X, o sluoksnių geologiniai rodikliai pagal pateiktus ataskaitose ir suderintus su užsakovu „Lietuvos nacionalinis muziejus“. Geologinių sluoksnių, kurių fizinės – mechaninės savybės nenurodytos, parametrai priimti pagal analogiškus grunto sluoksnius. Nesant išsamių duomenų apie dabartines Gedimino kalno hidrogeologinės sąlygas, nagrinėtas potencialiai nepalankiausias variantas - esant pilnai užmirkusiems visiems gruntams.



3 pav. Nuošliauža Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite

Šaltinis: sudaryta autorių

Suderinus su darbo iniciatoriaus „Lietuvos nacionalinis muziejus“ atstovais buvo modeliuoti 4 skirtingi Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo variantai:

1) potencialiai pavojingas atvejis – esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi neįvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės;

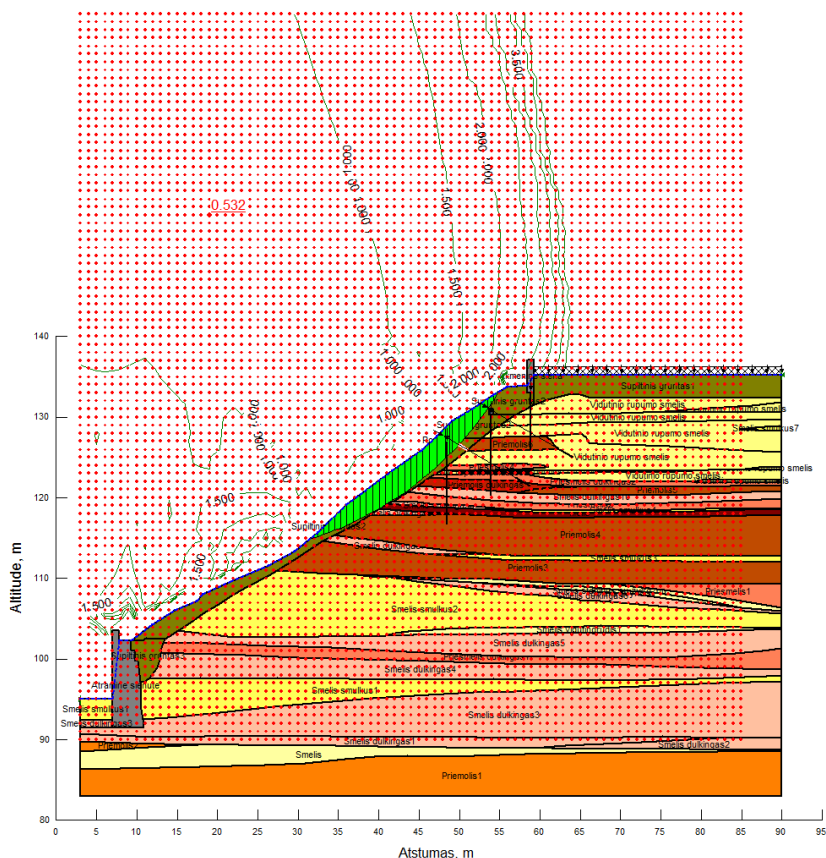
2) potencialiai pavojingas atvejis – esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi įvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės – kalno viršuje numatoma įrengti laikantįjį polių (laikiną atramą) ir nuo jo templėmis prišti šlaite esančius rostverkus;

3) esant užmirkimui ir neįvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės;

4) nesant užmirkimui ir įvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės – kalno viršuje numatoma įrengti laikantįjį polių (laikiną atramą) ir nuo jo templėmis prišti šlaite esančius rostverkus.

Galimi nuošliaužų centrai kiekviename nagrinėtame modelyje užduoti nuo šlaito apačios iki 180 altitudės žingsniu kas 1 metras vertikalia kryptimi ir atstume nuo 3 iki 85 metrų žingsniu kas 1 metras

horizontalia kryptimi. Galimi nuošliaužų paviršiai užduoti nuo 83 altitudės iki šlaito viršaus žingsniu kas 1 metras vertikalia kryptimi. Atliekant šlaitų stabilumo modeliavimą laikoma, kad šlaitai nušliaužia kreivalinijiniais cilindriniais paviršiais. Kiekviename modelyje skaičiuoti 400309 galimi nušliaužimo variantai.



4 pav. Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo modeliavimo rezultatai Morgenstern–Price metodu esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi, neįvertinant numatomų įrengti šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonių

Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo modeliavimo metu nustatyti minimalūs šlaito stabilumo koeficientai K Ordinary, Bishop, Janbu ir Morgenstern – Price skaičiavimo metodais pateikti 2 lentelėje. Paskutinėje lentelių grafoje pateiktas vidutinis minimalus šlaito stabilumo koeficientas K_V apskaičiuotas kaip Ordinary, Bishop, Janbu ir Morgenstern – Price skaičiavimo metodais apskaičiuotų minimalių šlaito stabilumo koeficientų K aritmetinis vidurkis.

Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo modeliavimo rezultatai

Variantų Nr.	Variantas	Ordinary metodas	Bishop metodas	Janbu metodas	Morgenstern–Price metodas	Vidurkis
1	Potencialiai pavojingas atvejis – esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi neįvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės	0,522	0,533	0,525	0,532	0,528
2	Potencialiai pavojingas atvejis – esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi įvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės – kalno viršuje numatoma įrengti laikantįjį polių ir nuo jo templemis pririšti šlaite esančius rostverkus	0,530	0,547	0,533	0,545	0,53875
3	Nesant užmirkimui ir neįvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės	0,878	0,890	0,877	0,889	0,8835
4	Nesant užmirkimui ir įvertinant numatomas įrengti Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančių rostverkų stabilumo didinimo priemonės – kalno viršuje numatoma įrengti laikantįjį polių ir nuo jo templemis pririšti šlaite esančius rostverkus	0,878	0,890	0,877	0,889	0,8835

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Pagal modeliavimo rezultatus Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito stabilumo koeficientas K visais nagrinėtais atvejais yra mažiau už 1 ($K \leq 1$), t.y. šlaitas gali nušliaužti ir reikalingos šlaito stabilumo didinimo priemonės.

2. Pagal modeliavimo rezultatus visais nagrinėtais atvejais Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito nuošliaužos pirmiausiai formuojasi viršutiniame piltinio grunto sluoksnyje žemiau rostverkų, kas patvirtina dabar stebimą situaciją (3 pav.).

3. Pagal modeliavimo rezultatus esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi galimos didesnės Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaito nuošliaužos apimančios kalno viršuje esančią gynybinę sieną. Šiais atvejais šlaito stabilumas labai priklauso nuo šlaite ir kalno viršuje esančių konstrukcinių elementų – rostverkų, gynybinės sienos, polių, inkarų, akmenų grindinio – parametrų (laikančiųjų jėgų, apkrovų, konstrukcijos, matmenų ir pan.), apie kuriuos nėra pakankamai duomenų;

4. Pagal modeliavimo rezultatus įrengus Gedimino kalno šiaurės vakarų šlaite esančius rostverkus laikantį polių (laikiną atramą) minimalus šlaito stabilumo koeficientas K nesant užmirkimui nesikeičia ($K=0,884$, žr. 2 lentelę), o esant užmirkimui ir gruntinio vandens lygiui sutampant su kalno paviršiumi minimalus šlaito stabilumo koeficientas K įrengus rostverkus laikantį polių (laikiną atramą) padidėja nuo $K=0,528$ iki $K=0,539$.

5. Išsamesniam Gedimino kalno šiaurės vakarų ir kitų šlaitų stabilumo modeliavimui reikalinga atnaujinti ir patikslinti geologinių tyrimų duomenis, nustatyti esamas hidrogeologines sąlygas, nustatyti šlaite ir kalno viršuje esančių konstrukcinių elementų – rostverkų, gynybinės sienos, polių, inkarų, akmenų grindinio

– parametrus (laikančiąsias jėgas, apkrovas, konstrukcijas, matmenys ir pan.). Kuo bus tikslesni pradiniai duomenys, tuo tiksliau sudarytas modelis atitiks realią situaciją ir tuo tikslesni bus modeliavimo rezultatai. Nesant tikslių pradinių duomenų, galimos žymios modeliavimo paklaidos.

Literatūra

1. Alfa.lt [interaktyvus]. Gedimino kalnas nesiliauja slinkti: nuošliauža sudraskė tentą, apgriauta siena. 2016-10. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<http://www.alfa.lt/straipsnis/50090033/gedimino-kalnas-nesiliauja-slinkti-nuosliauza-sudraske-tenta-apgriauta-siena>>.
2. Bucevičiūtė S., Mikulėnas V. Lietuvos karsto ir nuošliaužų informacinės duomenų bazės sukūrimas. Lietuvos geologijos tarnyba, Vilnius, 2003. 155 p.
3. Canada Natural Resources (2002). Geoscape Calgary. Prieiga per Internetą: <http://www.nrcan.gc.ca/hazards/landslides>
4. Cederstrom E. Application of Probabilistic Methods in Slope Stability Calculations. *Master of Science Thesis in the Master's Programme Infrastructure and Environmental Engineering*. Chalmers University of Technology, Göteborg, 2014. 191 p.
5. Craig, R. F. Soil mechanics. London, Chapman and Hall, 1995, 425 p.
6. Cruden, D. M. A simple definition of a landslide. Bulletin of the International Association of Engineering Geology. 1991, 43: 27–29
7. DELFI.LT Gedimino kalnas slenka ir toliau. 2017-10. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<https://www.delfi.lt/news/daily/lithuania/gedimino-kalnas-slenka-ir-toliau.d?id=76048239>>.
8. ELTA. Likviduoti šeštadienio avarijos pietrytiniame Gedimino kalno šlaite padariniai. 2017-07. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <http://www.delfi.lt/news/daily/lithuania/likviduoti-sestadienio-avarijos-pietrytiniame-gedimino-kalno-slaite-padariniai.d?id=75112570>>.
9. EM 1110-2-1902. Slope stability, US Army Corps of engineers. 2003 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-20]. Prieiga per Internetą: <http://publications.usace.army.mil/publications/eng-manuals/EM_1110-2-1902_sec/toc.htm>.
10. FM 5-410. *Military Soils Engineering*. Headquarters Department of the Army Washington. 2001. 463p. [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-20]. Prieiga per Internetą: <www.vulcanhammer.net/geotechnical/fm5_410.pdf>.
11. Galena [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <www.galenasoftware.com>.
12. Gaprindashvili G., Engström J., Keellings D. Fatal landslides in Europe. Technical Note Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016.
13. GEO5 [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <www.finesoftware.eu/geotechnical-software/slope-stability.html>.
14. Geologijos informacinė sistema GEOLIS. Prieiga per Internetą: <<http://www.lgt.lt/zemelap/>>.
15. Grigaliūnaitė V. Gedimino kalno problemos auga: kyla grėsmė pėsčiųjų takui ir gynybinės sienos kampui. 2017-11. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<https://www.15min.lt/naujiena/aktualu/lietuva/dar-karta-apie-gedimino-kalno-problemas-kyla-gresme-pesciuju-takui-ir-gynybines-sienos-kampui-56-887332>>.
16. Lietuvos nacionalinis muziejus. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<http://www.vilniauspilys.lt/gedimino-kalno-erozijos-evoliucija/>>.
17. Krahn J. Stability Modeling with SLOPE/W. An Engineering Methodology. First Edition, 2004. 408 p.
18. Malet J.P., Maquaire O. Risk Assessment Methods of Landslides. Risk Assessment Methodologies for Soil Threats. RAMSOIL project. SIXTH FRAMEWORK PROGRAMME. 2006. 29 p.
19. Mendelevičius, J. Gedimino kalno būklė: mitai ir realybė. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <www.senamiescio.lt/uploads/userfiles/Gedimino_kalno_bukle.pdf>.
20. Ragickaitė B. Gedimino kalnas gąsdina dar labiau: pradėjo slinkti ir kita kalno pusė. 2016-12. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<https://www.delfi.lt/grynas/aplinka/gedimino-kalnas-gasdina-dar-labiau-pradejo-slinkti-ir-kita-kalno-puse.d?id=73244454>>.
21. Sakellariou, M. G., Ferentinou, M. D., 2005. A study of slope instability prediction using neural networks. Geotechnical and Geological Engineering, Volume 23, Number 4 / August, 419 – 445 p.
22. Satkūnas J., Mikšys R. B., Mikulėnas V., Minkevičius V. Geodinaminiai procesai Vilniaus pilių teritorijoje, šlaitų deformacijos. Lietuvos pilys 2008, Nr.4, p. 62–68.
23. SCAD Office [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <<http://wiaderko.net/lt/download-programy/82365-scad-office-11-3-a.html>>.
24. Schwab, W. C., Lee, H. J. Erosion and slope instability on Horizon Guyot, Mid-Pacific Mountains. Geo – Marine Letters, 2005, Volume 8, Number 1 / March, 1–10.
25. Shaw S.C., Vaugeois L.M. Comparison of GIS-based Models of Shallow Landsliding for Application to Watershed Management. Seattle: State of Washington Timber / Fish / Wildlife Publication #118, TFW-PR10-99-001, 1999. 132 p.
26. Slope [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-02]. Prieiga per Internetą: <www.gtscad.com/slope.html>.
27. SLOPE/W [interaktyvus]. [žiūrėta 2017-11-21]. Prieiga per Internetą: <www.geo-slope.com>.

28. Soeters, R., van Westen, C.J. Slope instability, recognition, analysis, and zonation. In: Turner, A.K., Schuster, R.L. (Eds.), Landslides: Investigation and Mitigation, Special Report 247, Transportation Research Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, DC, 1996, pp. 129–177.
29. Šadzevičius R., Pazniokaitė S., Vyčius Ž. Žemės sankasų šlaitų stabilumo analizė naudojant kompiuterinį programinį kompleksą SLOPE/W. Inžinerinės ir edukacinės technologijos, 2012, nr.2, p. 62–69
30. Šimkus J. Gruntų mechanika, pagrindai ir pamatai. Vilnius, Mokslas, 1984, 270 p.
31. Tarboton D.G., Pack R.T., Goodwin C.N., Prasad A. Sinmap user's Manual – Sinmap2 – A stability index approach to terrain stability hazard mapping – Version for ArcGIS 9.x and Higher. Logan: Utah state university, Terratech consulting Ltd, Canadian forest products Ltd., 2005. 65 p.
32. The National Landslide Hazards Program (2002). Prieiga per Internetą: <<https://landslides.usgs.gov/>>.
33. Turner, A.K., Schuster, R.L (eds). Landslides: Investigation and Mitigation. Transport Research Board Special Report 247. National Research Council. Washington DC. 1996, 673 pages.
34. Visual slope [interaktyvus]. [žiūrėta 2017–11–02]. Prieiga per Internetą: < www.visualslope.com>.
35. Фоменко И. К. Методология оценки и прогноза оползневой опасности. Диссертация на соискание ученой степени доктора геолого–минералогических наук. Российский государственный геологоразведочный университет (МГРИ–РГГРУ) имени Серго Орджоникидзе. Москва. 2014. 318 с.

Modeling of Gediminas hill western-north slope stability

Summary

Landslides affects not only natural slopes, but also ancient hills and other slopes of the old cultural heritage. The paper presents an analysis of the stability of the Vilnius Castle Plot, called the Gediminas Hill slopes, in assessing the geological conditions, the effects of groundwater, external loads and the impact of measures to increase the stability of the slopes located on the slope. Software GEOSTUDIO SLOPE / W was used for calculation of slope stability. In the modeling of slopes, slope stability models were used to analyze different slope stability options in this work: with or without impregnation, and considering / not considering the planned measures to increase the stability of slopes in the north slope of Gediminas Hill. According to the results of the analysis, the minimum slope stability coefficient K ($K = 0.884$) in the absence of high ground water level ($K = 0.884$) has been established after the installation of the pile (temporary support) on the north-western slope of the Gediminas Hill, while the minimum slope stability coefficient K is calculated for high ground water level with the pile (temporary support) that holds the rods up, from $K = 0.528$ up to $K = 0.539$.

Keywords: Gediminas hill, slopes, stability, modeling

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universitetas, VUŽF, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: geotechninės problemos, hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 863111669, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Žydrūnas Vyčius

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, inžinierius

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universitetas, Techninės tarnybos vyr. inžinierius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: šlaitų, geofiltracijos, grunto įtempimų tyrimai ir modeliavimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 869817769, zydrunas.vycius@asu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vitas Damulevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universitetas, VUŽF, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažeidos, būklės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 863111669, vitas.damulevicius@asu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius

Science degree and name: Doctor, Associated Professor

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Associated Professor at Institute of Hydraulic Engineering

Author's research interests: geotechnical problems, defects and deteriorations of hydraulic structures.

Telephone and e-mail address: +370 63111669, raimondas.sadzevicius@asu.lt

Author name, surname: Žydrūnas Vyčius

Science degree and name: Master

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, manager engineer at technical service dept.

Author's research interests: modelling of slope stability, seepage, stresses in the soil.

Telephone and e-mail address: +370 69817769, zydrunas.vycius@asu.lt

Author name, surname: Vitas Damulevičius

Science degree and name: -

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, Lecturer at Institute of Hydraulic Engineering

Author's research interests: defects and deteriorations of hydraulic structures, technical state evaluation.

Telephone and e-mail address: +370 63111669, vitas.damulevicius@asu.lt

DAUGIABUČIŲ PASTATŲ IŠORINIŲ TINKUOJAMŲJŲ ŠILTINIMO SISTEMŲ DAUGIAKRITERINĖ ANALIZĖ BEI RACIONALIAUS INŽINERINIO SPRENDINIO ATRANKA

Violeta Medelienė, Rosita Norvaišienė, Giedrius Sukauskas, Monika Tvaskaitė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Parenkant modernizuojamo pastato apšiltinimo priemones, pirmiausiai reikia įvertinti esamą pastato apšiltinimą, parinkti tinkamas papildomo apšiltinimo alternatyvas ir galiausiai – taikant daugiatikslį vertinimą – nustatyti tinkamiausią sprendimą. Siekiant įvertinti galimus papildomo apšiltinimo variantus pagal kokybinių ir techninių ekonominių rodiklių sistemą, fasadų išorinių apšiltinimo sprendimų įvertinimui buvo pasirinktas daugiatikslis naudingumo vertės metodas. Sienų apšiltinimo sprendimų vertinimui atrinktos 6 gamintojų Lietuvoje plačiai naudojamos tinkuojamos sienų šiltinimo sistemos su mineraliniu ir silikatinio-silikoniniu tinku. Sprendimai vertinami atsižvelgiant į subjektyvų kriterijų reikšmingumą. Straipsnyje siūloma nustatyti racionalų pastato atitvarų apšiltinimo sprendimą pagal autorių pasiūlytą išorinių sienų apšiltinimo racionalaus inžinerinio sprendimo priėmimo algoritmą, atlikus daugiatikslį apšiltinimo variantų įvertinimą.

Reikšminiai žodžiai. Daugiakriterinė analizė, efektyvus inžinerinis sprendinys, šiltinimo sistemos.

Įvadas

Vykstant intensyviai daugiabučių pastatų renovacijai Lietuvoje, dažnai kyla klausimas: kokius pasirinkti išorinių sienų šiltinimo konstrukcinius sprendinius, kad šie užtikrintų ne tik energinį efektyvumą bei komfortinį vidaus mikroklimatą, bet ir būtų ilgaamžiai. Pirmųjų namų atnaujinimas Lietuvoje parodė, kad šiai veiklai reikalingi kokybiški projektiniai sprendiniai, kokybiškos medžiagos; modernizavimo darbai turi būti atliekami kokybiškai, jų techninė priežiūra – kvalifikuota (Ignatavičius, Skrodenis, 2011: 13).

Efektyvaus šiltinimo sistemų inžinerinio sprendinio nustatymas yra pakankamai sudėtingas uždavinys, nes gamintojai siūlo įvairiausias medžiagų bei konstrukcijų šiltinimo sistemas, tenkinančias daugumą techninių reikalavimų, tačiau kurios skiriasi kaina, įrengimo trukme, estetiniu vaizdu ir pan. Dabartiniu metu taikomi išorinių sienų šiltinimo sprendimų projektavimo metodai netenkina efektyviems sprendimams keliamų reikalavimų. Vienas iš pagrindinių trūkumų – sprendimai priimami vienareikšmiškai, atitvaras vertinant tik pagal šilumos perdavimo koeficiento dydį, kainą, neatliekant alternatyvių inžinerinių sprendimų analizės. Aukštam energiniam efektyvumui pasiekti, modernizuojant pastatus, reikalingi kokybiški projektiniai sprendiniai, kokybiškos medžiagos.

Mūsų tyrimo objektas – pastato atitvarų šiltinimo sistemų efektyvumo daugiatikslis įvertinimas, kurio tikslas – nustatyti racionalų išorinės tinkuojamos šiltinimo sistemos inžinerinį sprendinį, maksimaliai tenkinantį užsakovų, projektuotojų, rangovų, naudotojų poreikius.

Šiam tikslui pasiekti numatyti tokie spręstini uždaviniai: 1- sudaryti šiltinimo sistemų sprendinių vertinimo rodiklių sistemą; 2- sudaryti šiltinimo sistemų efektyvaus inžinerinio sprendinio nustatymo algoritmą; 3 - pagal sudarytą algoritmą pateikti praktinį efektyvaus inžinerinio sprendinio atrankos skaičiavimą.

Daugiabučių šiltinimas išorinėmis tinkuojamomis termoizoliacinėmis sistemomis

Daugelis daugiabučių Lietuvoje yra pastatyti 1959–1992 metais. Žiūrint iš architektūrinės pusės, tipiniais daugiabučiais užstatyti gyvenamieji rajonai atrodo monotoniškai, trūksta gyvybingumo bei estetinio patrauklumo (Gudzinskas, 2011: 17). Esamų pastatų šiluminės savybės daugeliu atvejų yra tokios, kokios buvo nustatytos privalomuose reikalavimuose jų statymo metu, todėl tuo laikotarpiu pastatytų gyvenamųjų namų išorinių sienų šilumos perdavimo koeficientai yra apie $1 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$. Menka daugiabučių namų šiluminė izoliacija didina šilumos energijos sąnaudas. Senstant pastatams, atitvaros praranda savo šiluminės savybes ir pastatas ima naudoti dar daugiau šilumos. Pastato atitvarų racionalus apšiltinimas daro didžiulę įtaką galutiniam pastato energijos poreikiui bei taupymui. Per visą pastato gyvavimo trukmę (LLC, angl. life-cycle cost) galima sutaupyti iki 60 % bendrųjų išlaidų vien tik kokybiškai, su efektyviomis ir kokybiškomis medžiagomis apšiltinus sienas (Aviža ir kt., 2015: 828). Pastatų atnaujinimas turi įtakos ne tik pastatų energijos naudojimo efektyvumui, bet ir racionaliam energijos išteklių naudojimui bei klimato kaitai (Difs ir kt., 2010: 3194-3203).

Atitvaras geriausia šiltinti iš išorės. Pastatą apšiltinus iš išorės, sumažėja jo laikančiųjų konstrukcijų temperatūros pokyčiai iki santykinai mažų svyravimo verčių (iki 10°C). Dėl to pastatai mažiau deformuojasi, jų konstrukcijose neatsiranda plyšių, papildomai apšiltinti pastatai tampa sandaresni, ilgėja jų eksploatavimo trukmė. Išorinis pastato apšiltinimas yra geriausias būdas panaikinti šiluminius tiltelius sienose. Apšiltinant

pastatą iš išorės, gyventojams nereikia išsikelti ir darbai gali būti atlikti ganėtinai greitai. Atnaujinus pastato fasadą pagerėja ir estetiškai pastato išvaizda.

Išorinės tinkuojamos termoizoliacinės sistemos (toliau - ITTS) yra naudojamos Europoje jau nuo 70-ųjų, tiek statant naujus pastatus, tiek atnaujinant esamus pastatus. Tinkuojamų sienų įrengimą reglamentuoja STR 2.01.10:2007 „Išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos“ (Aplinkos ministerija, 2009). Atitvarų projektavimui ir statybai turi būti naudojamos tik Europos techninį liudijimą (ETL) turinčios ir CE ženklų ženklinamos išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos.

Nežiūrint, kad šios šiltinimo sistemos turi daug privalumų (nedidelė kaina, lyginant su vėdinamomis šiltinimo sistemomis, paprastas taikymas, platus faktūrų ir spalvų pasirinkimas, nesudėtingas montavimas, nedidelis svoris), ši sistema turi rimtų problemų dėl biologinio poveikio, sukeliančio apdailos pažeidimus. Naujausi tyrimai (Barreira ir kt., 2014: 2-7) rodo, kad išorinio tinko biologinis ardymas vyksta dėl didelio paviršiaus drėgmės kiekio, kuris susidaro dėl drėgmės kondensavimosi ant išorinio paviršiaus, vėjo ir lietaus, džiūvimo poveikių. 1-3mm ITTS išorinis apdailos sluoksnis turi atlaikyti visus paviršiui tenkančius atmosferinius poveikius, todėl vienas svarbiausių šios sistemos parametrų yra vandens įgertis (Griciute ir kt., 2013: 50-56; Griciute ir kt., 2015: 149-154; Norvaišienė, 2016: 1410-1415).

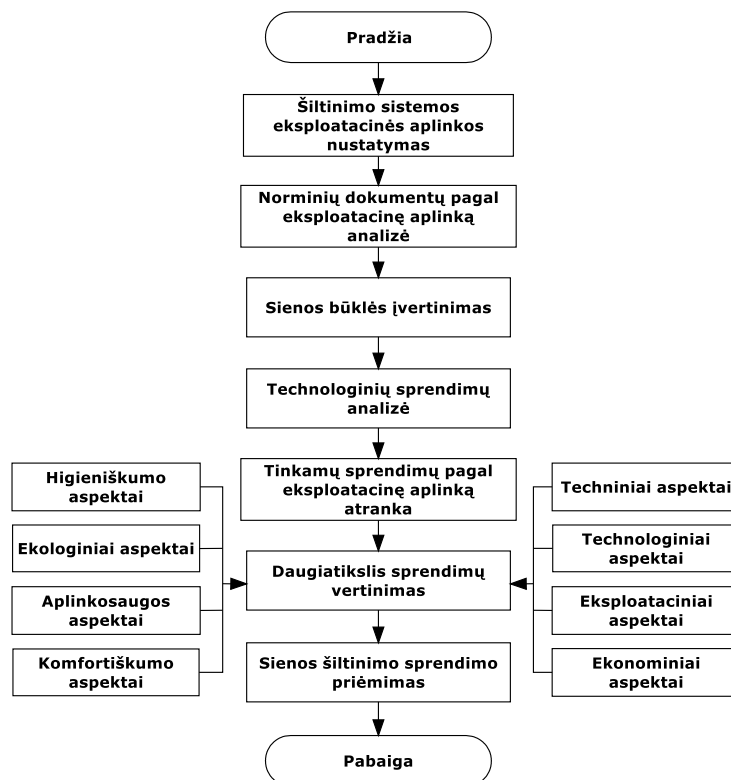
Kitas svarbus veiksnys, lemiantis išorinių tinkuotų sienų atsparumą klimato poveikiams, tuo pačiu ir ilgaamžiškumą, yra išorinio tinko sluoksnio pralaidumas vandens garams bei jo santykis su kitų atitvaros sluoksnių pralaidumu vandens garams (Šadauskienė ir kt., 2008: 116; Šadauskienė ir kt., 2009: 2788-2794; Norvaišienė ir kt., 2013: 104-107). Šie mokslininkai savo tyrimais įrodė, kad drėgno ir šalto klimato zonoje mineralinės vatos plokštėmis apšiltintų sienų su dažyto plonasluoksnio tinko apdailos ilgaaiškumą lemia tinkamas dvisluoksnės sistemos danga-pagrindas vandens garų laidumo ir vandens pralaidumo (vandens įgerties) verčių derinys, kuriam esant užtikrinamas mažiausias vidinės ir išorinės drėgmės kaupimasis sienos konstrukcijoje. Svarbu, kad sistemos dedamosios tarpusavyje derėtų, pvz.: turi derėti armavimo mišinio ir apdailos tinko sluoksnio vandens įgerties bei vandens garų pralaidumo savybės. Viena iš svarbiausių sistemos savybių yra sistemos vandens įgertis po 1h ir 24 h. Armavimo mišinys ir apdailos tinkas, šiltinimui naudojant mineralinę vatą, turi būti pralaidesnis vandens garams, nei naudojant putų polistirolą. Patartina, kad laboratorijose būtų nustatytas fasadų šiltinimo tinkavimo sistemos garų pralaidumas. Tinkavimo sistema bus tuo geresnė (ilgaamžiškesnė), kuo mažesnis jos vandens įgėris ir didesnis vandens garų pralaidumas.

Renkantis pastatų fasadų apšiltinimo ir apdailos medžiagas, šiuo metu vienas iš lemiamų veiksnių yra kaina, nes atnaujinant pastatus, fasadai yra viena iš stambesnių investicijų. Taip pat tyrimais reikia įvertinti kitų svarbių parametrų bei ekonomiškumo įtaką galutinių sprendimų priėmimui. Parenkant efektyvų inžinerinį sprendinį, reikia atsižvelgti į ITTS fizines savybes, t.y. vandens įgertį ir garų pralaidumą.

Šiltinimo sistemų efektyvaus inžinerinio sprendinio atrankos algoritmo sudarymas

Brauers ir kt. (2012: 444-456) teigia, kad parenkant pastato apšiltinimo priemones, pirmiausiai reikia įvertinti esamą pastato apšiltinimą, parinkti tinkamas pastato apšiltinimo alternatyvas ir galiausiai, taikant daugiatikslių vertinimo analizę, atrinkti tinkamiausią sprendinį.

Remiantis pastatų apšiltinimo sistemų kompleksinio tyrimo etapais, rekomenduojama racionalaus išorinių sienų apšiltinimo inžinerinio sprendinio atranką atlikti pagal tokį algoritmą (žr. 1 pav.).



1 pav. Racionalaus išorinių sienų apšiltinimo inžinerinio sprendinio atrankos algoritmas

Šaltinis: sudaryta autorių [10 pt, Italic]

Praktinis pastato apšiltinimo efektyvaus projektinio sprendinio skaičiavimas, taikant daugiatislį naudingumo vertės metodą.

Sienų apšiltinimo sprendinių vertinimui buvo atrinktos 6 gamintojų Lietuvoje plačiai naudojamos tinkuojamos sienų šiltinimo sistemos su mineraliniu ir silikatinis-silikoniniu tinkais:

- 1- ITTS sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70, armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis, mineralinis tinkas 2,0 mm (A1);
- 2- ITTS sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70, armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis, gruntas, mineralinis tinkas 3,0 mm (A2);
- 3- ITTS sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70, armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis ir silikatinis-silikoninis tinkas 2,0 mm (A3),
- 4- ITTS sistema su polistireniniu putplasčiu EPS 70N (NEO), armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis, gruntas, mineralinis tinkas 2,0 mm, dažai (A4);
- 5- ITTS sistema su mineralinės vatos plokšte, armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis, gruntas, silikoninis-silikatinis tinkas 1,5 mm (A5);
- 6- ITTS sistema su polistireniniu putplasčiu EPS 70, armavimo tinklelis, armuojamasis sluoksnis, gruntas, mineralinis tinkas 2,0 mm, silikoniniai dažai (A6).

Visų šių apšiltinimo sprendinių papildoma šiluminė varža - ta pati. Pateikti šiltinimo pavyzdžiai - iliustraciniai. Siekiant įvertinti galimus variantus pagal kokybinių ir techninių ekonominių rodiklių sistemą, fasadų išorinių apšiltinimo sprendinių įvertinimui pasirinktas daugiatislį naudingumo vertės metodas. Sprendimai vertinami atsižvelgiant į subjektyvų kriterijų reikšmingumą.

Vertinimo kriterijų sistemos parinkimas ir jų reikšmių skaičiavimas. Fasado sienų apšiltinimo sprendinių įvertinimui sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema:

Medžiagų kaina (K1), Eur/m², nustatyta remiantis sąmatiniais skaičiavimais; darbo sąnaudos (K2), žm. Eur/m², nustatytos, remiantis sąmatiniais skaičiavimais; darbininkų kvalifikacija (darbo kategorija) (K3), nustatyta, remiantis gamybiniais normatyvais; vandens įgerties koeficientas (K4), kg/m², reikšmės paimtos iš gaminio techninių charakteristikų; vandens garų varžos faktorius (K5), reikšmės paimtos iš gaminio techninių charakteristikų; estetiškas vaizdas, (K6), kurio skaitinė reikšmė priimta pagal galimą spalvų skaičių, nurodytą gamintojų.

Gautos kriterijų skaitinės reikšmės pateiktos 1 lentelėje.

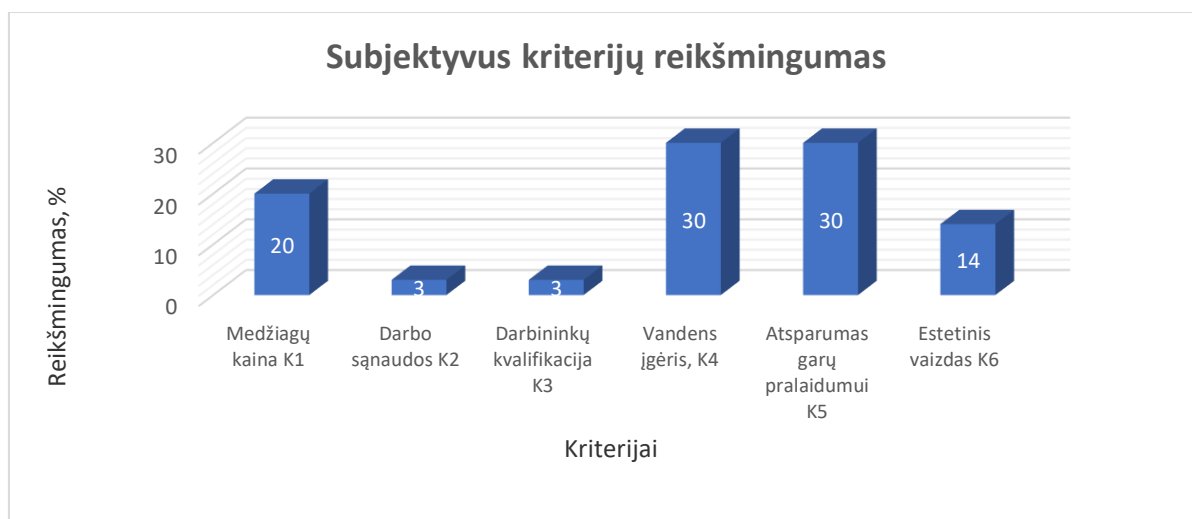
Kriterijų skaitinės reikšmės

Kriterijai	Medžiagų kaina, Eur/m ²	Darbo sąnaudos Eur/m ²	Darbininkų kvalifikacija (kategorija)	Vandens įgerties koeficientas kg/m ²	Vandens garų varžos faktorius	Estetinis vaizdas, spalvų paletėje skaičius
Tinko variantai	K1	K2	K3	K4	K5	K6
(A1)	93	117	3,5	0,20	37	200
(A2)	109	135	3,6	0,36	34	150
(A3)	111	124	3,4	0,20	50	213
(A4)	110	115	3,7	0,50	25	250
(A5)	147	121	3,6	0,36	23	120
(A6)	112	140	3,7	0,25	25	50

Šaltinis: sudaryta autorių

Vertinimo kriterijų subjektyvaus reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą. Ekspertinis porinio palyginimo metodas leidžia nustatyti kriterijų reikšmingumą, atsižvelgiant į subjektyvią suinteresuotų grupių nuomonę. Taikant šį metodą, kriterijai lyginami poromis ir pagal pasirinktą skalę surašomi jų balai. Darbe naudojama skalė [0;2]. Pagal šią skalę svarbesniam kriterijui skiriami 2 balai, atitinkamai mažiau svarbiam - 0 balų. Jei kriterijai vienodai svarbūs, jiems skiriama po vieną balą (Zavadskas ir kt., 200: 379). Kriterijų subjektyviam reikšmingumui nustatyti buvo apklausti projektuotojai, rangovai ir užsakovai. Remiantis jų nuomone, sudaryta tokia vertinimo kriterijų prioritetų eilutė: **K4=K5>K1>K6>K2=K3**.

Kriterijų subjektyvaus reikšmingumo skaičiavimo rezultatai (žr. 2 pav.) parodė, kad didžiausią reikšmingumą turi vandens įgerties (K4) ir atsparumo vandens garų pralaidumui (vandens garų varžos faktorius) kriterijai (K5). Jų reikšmingumas - po 30%, trečias pagal svarbą - kainos kriterijus (K1) - 20%, ketvirtas - estetiškas vaizdas (K6), mažiausiai svarbūs - darbininkų kvalifikacijos (K3) ir darbo sąnaudų (K2) kriterijai, kurių reikšmingumas - po 3%.



2 pav. Kriterijų subjektyvus reikšmingumas, nustatytas taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą

Šaltinis: sudaryta autorių

Fasado tinko sprendinių įvertinimas, taikant daugiakislį naudingumo vertės metodą

Vertinant išorinių sienų apšiltinimo sprendinius, skaičiavimai atliekami tokia seka (Zavadskas ir kt., 2001, Malinauskas ir kt. I, 2005 Michnik ir kt., 2009):

- Sudaroma pradinė duomenų matrica P;

- Atliekamas pradinų duomenų matricos P normalizavimas į matricą $\bar{P}$;
- Apskaičiuojamos kriterijų naudingumo vertės balais, kai neįvertintas jų reikšmingumas;
- Apskaičiuojamos kriterijų vertės, kai įvertintas jų subjektyvus reikšmingumas ($\bar{C} * \bar{q}$);
- Sudaroma alternatyvių fasado tinko sprendinių prioritetų eilutė;
- Rezultatai pavaizduojami grafiškai.

Remiantis kriterijų skaitinių reikšmių skaičiavimo duomenimis (1 lentelė), sudaroma pradinų duomenų matrica P ir nustatomas kiekvieno kriterijaus optimalumas, t. y., kokia kriterijaus reikšmė - didžiausia ar mažiausia - geriausiai tenkina inžinerinį sprendimą (žr. 2 lentelę).

2 lentelė

Pradinų duomenų matrica ir kriterijų optimalumas

Matrica P							Kriterijų optimalumas	Geriausia reikšmė
Variantai \ Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	A6		
K ₁	93	109	111	110	147	112	min	93
K ₂	117	135	124	115	121	140	min	115
K ₃	3,5	3,6	3,4	3,7	3,6	3,7	max	3,7
K ₄	0,20	0,36	0,20	0,50	0,36	0,25	min	0,2
K ₅	37	34	50	25	23	25	max	50
K ₆	200	150	213	250	120	50	max	250

Šaltinis: sudaryta autorių

Kadangi kriterijai turi skirtingus matavimo vienetus ir reikšmių skalę, reikalingas matricos normalizavimas į bedimensinių dydžių matricą $\bar{P}$. Maksimizuojami kriterijai normalizuojami pagal (1) formulę:

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{x_{i-j}}{\max_{i-j}}, \quad (1)$$

čia: x_{ij} – normalizuojamo kriterijaus reikšmė; $\max x_{ij}$ - optimali kriterijaus reikšmė;

Minimizuojami kriterijai normalizuojami pagal (2) formulę:

$$\bar{P}_{i-j} = \frac{\min_{i-j}}{x_{i-j}}, \quad (2)$$

čia: x_{ij} – normalizuojamo kriterijaus reikšmė; $\min x_{ij}$ - optimali kriterijaus reikšmė.

$$\text{Pvz.: } x_{11} = \frac{93}{93} = 1, \quad x_{12} = \frac{93}{109} = 0.85, \text{ ir t.t.}$$

Visos kriterijų normalizuotos reikšmės pateiktos 3-čioje lentelėje (Matrica $\bar{P}$). Atlikus matricos normalizavimą, skaičiuojamas kiekvieno kriterijaus naudingumas balais, sudarant kriterijų naudingumo matricą C. Tam tikslui pasirinkta skalė [1...100], pagal kurią didžiausiajai normalizuotai kriterijaus reikšmei skiriama maksimali 100 balų suma. Kitos reikšmės perskaičiuojamos atitinkamai pagal proporciją. Pvz.: $1 \rightarrow 100$ balų, $0,85 \rightarrow 85$ balai ir t.t. Skaičiavimo rezultatai pateikti 3 lentelėje, o grafinis vaizdas - 3 paveiksle.

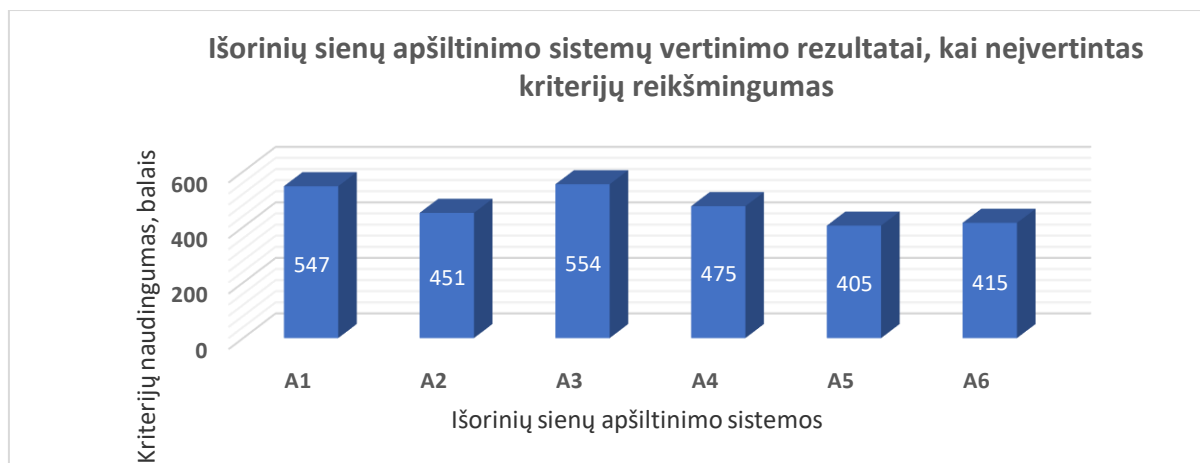
3 lentelė

Normalizuotos reikšmės ir kriterijų vertinimas balais

Matrica $\bar{P}$							Matrica C					
Variantai \ Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A1	A2	A3	A4	A5	A6
K ₁	1	0,85	0,84	0,85	0,63	0,83	100	85	84	85	63	83
K ₂	0,98	0,85	0,93	1	0,95	0,82	98	85	93	100	95	82
K ₃	0,95	0,97	0,92	1	0,97	1	95	97	92	100	97	100

Matrica $\bar{P}$							Matrica C					
K_4	1	0,56	1	0,4	0,56	0,8	100	56	100	40	56	80
K_5	0,74	0,68	1	0,5	0,46	0,5	74	68	100	50	46	50
K_6	0,8	0,6	0,85	1	0,48	0,2	80	60	85	100	48	20
Σ							547	451	554	475	405	415

Šaltinis: sudaryta autorių

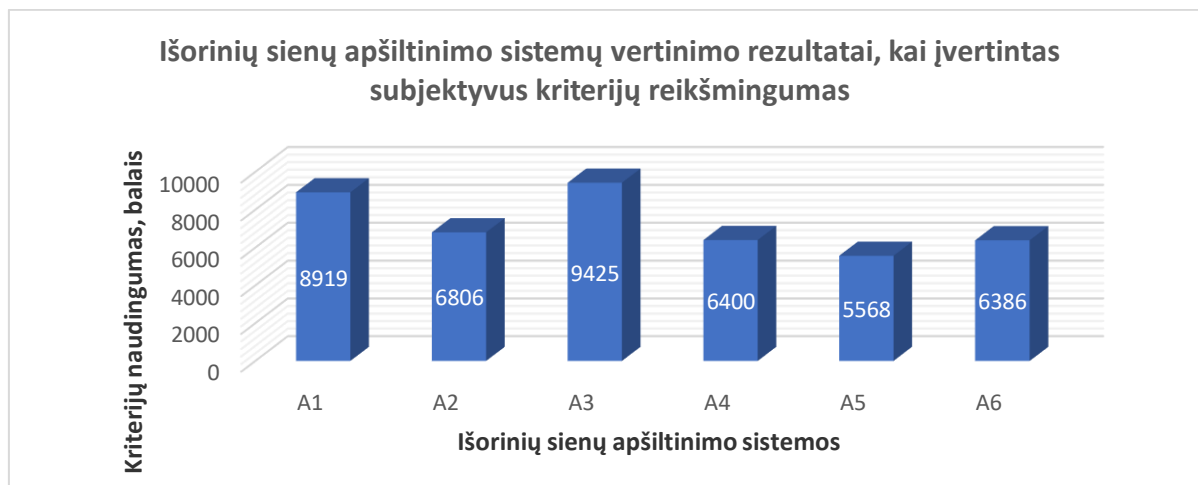


3 pav. Fasado apšiltinimo sistemų sprendinių naudingumas, neįvertinus kriterijų reikšmingumo

Šaltinis: sudaryta autorių

Siekiant įvertinti kriterijų reikšmingumą, kai nustatyti svarbiausieji kriterijai, estetiškas vaizdas ir kaina, sudaroma nauja matrica $\bar{C} * \bar{q}_e$ ir vėl suskaičiuojamas apšiltinimo sistemų sprendinių naudingumas.

Skaičiavimo rezultatai pateikti 4 pav.



4 pav. Fasado apšiltinimo sistemų sprendinių naudingumas, įvertinus kriterijų subjektyvų reikšmingumą

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus numatomo modernizuoti daugiabučio gyvenamojo pastato fasado apšiltinimo daugiataksių sistemų sprendinių įvertinimą, nustatyta, kad tiek neįvertinus kriterijų reikšmingumo, tiek ir įvertinus kriterijų subjektyvų reikšmingumą (čia svarbiausieji kriterijai – vandens įgertis ir vandens garų varžos faktorius), racionalusis fasado šiltinimo sistemos sprendinys yra šiltinimo sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70 + tinklelis R 131 A 101, armuojamasis sluoksnis ir silikatinis-silikoninis tinkas (A3). Taip pat gana racionalus išorinių sienų šiltinimo sistemos sprendinys yra sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70 + stiklo pluošto tinklelis, armuojamasis sluoksnis, mineralinis tinkas (A1).

Išvados

Parenkant fasadų apšiltinimo sistemas Lietuvoje, įdedama daug pastangų, lėšų ir laiko, tačiau pasitaiko ir nemažai klaidų. Taip atsitinka dėl nepakankamai apgalvotų techninių konstrukcinių sprendimų,

pasirenkamos ne geriausiai išorinių sienų apšiltinimui bei apdailai tinkamos medžiagos. Sprendžiant anksčiau minėtus klausimus, turi būti atliekami šie tyrimai: esamo pastato atitvarų šiluminių savybių įvertinimas (šilumos perdavimo koeficiento nustatymas); pastato atitvarų drėgmės būklės nustatymas; pastato atitvarų konstrukcijų ilgalaikiškumo (nusidėvėjimo laipsnio) įvertinimas; papildomo apšiltinimo priemonių efektyvumo prognozavimas.

Atlikus daugiatislį numatomo modernizuoti daugiabučio gyvenamojo pastato fasado apšiltinimo sistemų įvertinimą, nustatyta, kad šiuo atveju, atsižvelgus į subjektyvią suinteresuotų grupių nuomonę, kai svarbiausieji kriterijai yra vandens įgertis, atsparumas vandens garų pralaidumui (vandens garų varžos faktorius) ir kaina, racionalioji fasado apšiltinimo sistema būtų - sistema su polistireniniu putplasčiu EPS70 + tinklelis, armuojamasis sluoksnis ir silikatinis-silikoninis tinkas.

Siekiant racionaliai panaudoti į papildomą sienų apšiltinimą investuojamas lėšas bei išvengti klaidų, prieš pasirenkant išorinių sienų apšiltinimo sistemos inžinerinį sprendinį, projektavimo eigoje siūloma atlikti alternatyvių sprendinių modeliavimą su daugiatisliu jų įvertinimu pagal mūsų sudarytą ir pateiktą algoritmą, įvairiais aspektais įgalinantį įvertinti sienų apšiltinimo inžinerinius sprendinius.

Literatūra

1. Alchimovienė J., Stasiukynas A., Gudienė N. Daugiabučių gyvenamųjų namų būklės analizė. *Statyba*.3(2) 2011: 17–20.
2. Aviža D. ir kt. A Multiple criteria decision support system for analyzing the correlation between the thickness of a thermo-insulation layer and its payback period of the external wall. *Journal of Civil Engineering and Management* 21(6) 2015: 827-835.
3. Barreira E., Freitas V.. External Thermal Insulation Composite Systems: Critical Parameters for Surface Hygrothermal Behaviour. *Advances in Materials Science and Engineering*.Volume 2014 (2014): 16
<http://dx.doi.org/10.1155/2014/650752>
4. Brauers W. K. M., Kracka M., Zavadskas E. K. Lithuanian case study of masonry buildings from the Soviet period, *Journal of Civil Engineering and Management* 18(3) 2012: 444–456.
5. Difs K., Bennstam M., Trygg L., Nordenstam L. Energy conservation measures in buildings heated by district heating – a local energy system perspective. *Energy*, 35 (2010): 3194-3203 <https://doi.org/10.1016/j.energy.2010.04.001>
6. Gričiūtė G., Bliūdžius R., Norvaišienė R. The Durability Test Method for External Thermal Insulation Composite System (ETICS) used in Cold and Wet Climate Countries. *Journal of sustainable architecture and civil engineering*. 2013. No. 1(2): 50-56.
7. Gričiūtė G., Bliūdžius R.. Study on the Microstructure and Water Absorption Rate Changes of Exterior Thin-layer Polymer Renders During Natural and Artificial Ageing. *Materials Science / Medžiagotyra*. 2015, Vol. 21 Issue 1: 149-154.
8. Gudžinskas J. ir kt. Šilumos vartotojo vadovas. Vilnius 2011: 17.
9. Ignatavičius I., Skrodenis V.. Daugiabučių namų atnaujinimui (modernizavimui) skirtų tipinių detalių bei priemonių katalogas. Būsto ir urbanistinės aplinkos agentūra, 2011: 311.
10. Malinauskas P., Kalibatas D. Racionalių statybos technologinių procesų parinkimas taikant COPRAS metodą. *Technological and Economic development of Economy*. Vol XI, No 3, 2005: 197-205.
11. Michnik J., Lo M. The assessment of the information quality with the aid of multiple criteria analysis.- *European Journal Of Operational Research*, Volume 195, Issue 3, 2009: 850-856.
12. Norvaišienė R., Bliūdžius R., Gričiūtė G. The Changes of Moisture Absorption Properties during the Service Life of External Thermal Insulation Composite System. *Materials Science* 19(1), 2013: 104-107.
13. Norvaisiene R. Laboratory Ageing of External Thermal Insulation Composite Systems with Respect to Their Hygroscopic Properties. *Journal of Civil Engineering and Architecture Research*. Vol. 3, No. 4, 2016: 1410-1415.
<http://www.ethanpublishing.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=250&id=666>
14. Šadauskienė J., Stankevičius V., Bliūdžius R., Gailius A. The impact of the exterior painted thin-layer render's water vapour and liquid water permeability on the moisture state of the wall insulating system. *Construction and Building Materials*, 23, 2009: 2788-2794. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2009.03.010>
15. Šadauskienė J., Stankevičius V., Monstvilas E. Pastatų apšiltinimo sistemų dažyto plonasluoksnio tinko ilgalaikiškumas. Monografija, Kaunas, 2008: 158.
16. Zavadskas E. K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė. Vilnius, Technika, 2001: 379.
17. STR 2.01.10:2007 „Išorinės tinkuojamos sudėtinės termoizoliacinės sistemos“

MULTI-CRITERIA ANALYSIS OF EXTERNAL THERMAL INSULATION SYSTEMS FOR RESIDENTIAL BUILDINGS AND SELECTION OF RACIONAL ENGINEERING SOLUTION

Summary

The choice of proper insulation for the existing building requires the evaluation of the current insulation of the building, selection of suitable alternatives for additional insulation, and finally, selection of the most appropriate solution, using a multi-criteria analysis. In order to evaluate possible alternatives for additional insulation in accordance with qualitative and technical economic indicators, a multi-criteria value method has been chosen for the evaluation of external insulation of facades. For the evaluation of the wall insulation solutions, 6 external thermal insulation systems with mineral and silicate-silicone plaster were selected. The paper proposes to determine the rational insulation of the building walls according to the proposed algorithm and multi-purpose evaluation of insulation options.

Keywords. Multicriteria analysis, renovation of residential buildings, efficient engineering solution, external thermal insulation systems.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Violeta Medelienė

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos krypties studijų programų departamento docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61529197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rosita Norvaišienė

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos krypties studijų programų departamento docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje, statybinių medžiagų tyrimai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 60300508, rosita.norvaisiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Giedrius Sukauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos II k. studentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybos inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: giedrius.sukauskas@stud.edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Monika Tvaskaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos II k. studentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybos inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: monika.taskaite@stud.edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Violeta Medelienė

Science degree and name: Doctor of Philosophy

Workplace and position: Kaunas Technical College, Assoc. Professor of Construction Engineering Field Study Programme Department.

Author 's research interests: Innovations in civil engineering

Telephone and e-mail address: +370 6152917, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Rosita Norvaišienė

Science degree and name: Doctor of Philosophy

Workplace and position: Kaunas Technical College, Assoc. Professor of Construction Engineering Field Study Programme Department.

Author 's research interests: innovations in civil engineering, research methods for building materials

Telephone and e-mail address: +370 60300508, rosita.norvaisiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Giedrius Sukauskas

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas Technical College, Construction Engineering Study Program, Second year student

Author's research interests: Construction Engineering

Telephone and e-mail address: giedrius.sukauskas@stud.edu.ktk.lt

Author name, surname: Monika Tvaskaitė

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas Technical College, Construction Engineering Study Program, Second year student

Author's research interests: Construction Engineering

Telephone and e-mail address: monika.taskaite@stud.edu.ktk.lt

STAMBIAPLOKŠČIŲ DAUGIABUČIŲ NAMŲ ATNAUJINIMO (MODERNIZAVIMO) SPRENDIMŲ EKONOMINĖ ANALIZĖ KLAIPĖDOS MIESTE

Vida Ovaltaitė, Jurgita Drizgaitė, Rasa Tiutiunik-Varpiotaitė, Gražina Beniušienė, Vilma Vaičekauskienė

Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Energijos taupymas yra svarbi Lietuvos Respublikos ir visos Europos Sąjungos energetikos politikos dalis. Tvaraus energijos išteklių naudojimo skatinimas yra vienas reikšmingiausių būdų didinti energijos tiekimo saugumą, mažinti energijos naudojimo poveikį aplinkai ir skatinti naujų pramonės šakų plėtrą, modernių taupančių energiją technologijų ir produktų rinką. Pastatai yra didžiausias energijos naudotojas Europos Sąjungoje (sunaudoja apie 40 proc. visos energijos) ir daugiausia prisideda prie šiltnamio efektą sukeliančių dujų kiekio susidarymo. Dažniausiai pritaikius energijos taupymo priemones sutaupoma daugiau nei 60 procentų energijos, skirtos pastatų šildymui bei 460 milijonų tonų sumažinti anglies dvideginio išmetimą per metus. Straipsnyje nagrinėjamas stambiaplokščių daugiabučių gyvenamųjų namų energiją taupančių priemonių ekonominis efektyvumas.

Reikšminiai žodžiai. Daugiabučiai gyvenamieji namai, energinis naudingumas, energijos taupymas, atnaujinimas (modernizavimas).

Išvadas

Efektyvus energijos vartojimas pastate - tai kompleksinio įvairių priemonių diegimo rezultatas. Sumažinus energijos poreikius pastatuose, sunaudojama mažiau iškastinio kuro, kitų energijos išteklių ir sutaupoma pinigų. Tai mažina šalies priklausomybę nuo importuojamo kuro, teigiamai veikia ekonomiką, globaliniu požiūriu mažina klimato kaitą ir aplinkos taršą.

Per pastato išorines atitvaras nuolat patiriama šilumos nuostolių. Šilumos mainai ypač pagreitėja padidėjus temperatūrų skirtumui - tai labiausiai išryškėja žiemą. Todėl taupant energiją bei palaikant žmogui optimalų mikroklimatą patalpose, itin svarbu, kad pastato atitvaros būtų gerai apšiltintos – taip sulėtinami šilumos mainai ir išieškvojama mažiau šiluminės energijos.

Stambiaplokščiai namai buvo pradėti statyti XX a. devinto dešimtmečio pabaigoje. Atgavus Lietuvai nepriklausomybę dalis daugiabučių namų buvo užkonservuoti, o jų statyba baigta po kelerių metų. Statybos užbaigimui buvo naudojamos tos medžiagos, kurios buvo likusios rinkoje. Neapšiltinti tokie pastatai šildymo sezono metu suvartoja nuo 80-150 kWh/m² energijos bei priskiriami D energinio naudingumo klasei.

DNSB „Rumpiškės“ administruoja penkis stambiaplokščius daugiabučius pastatus. Du iš jų renovuoti pritaikius visas šilumą taupančias priemones, vieno daugiabučio namo apšiltintos galinės sienos. Dar dviejuose daugiabučiuose nėra pritaikytos jokios energiją taupančios priemonės, tačiau bendrija ruošiasi ir šių pastatų atnaujinimui (modernizavimui). Nors energijos suvartojimas tokio tipo pastatuose nėra pats didžiausias, tačiau pastato konstrukcijų būklės (blokų pleišėjimas, sienų perdrėkimas, tarpblokinė siūlių ištrupėjimas ir t.t.) verčia nuolat investuoti gyventojus į trumpalaikes priemones.

Tyrimo objektas – DNSB „Rumpiškės“ penki stambiaplokščiai daugiabučiai pastatai.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti DNSB „Rumpiškės“ administruojamų daugiabučių gyvenamųjų namų atnaujinimo (modernizavimo) konstrukcinius sprendimus bei numatyti energijos taupymo priemones dar neatnaujintiems daugiabučiams.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti DNSB „Rumpiškės“ gyvenamųjų pastatų, adresais Ryšininkų g. 2, 4, 6 bei 8 ir Rumpiškės g. 27 esamos būklės analizę.
2. Atlikti DNSB „Rumpiškės“ pastatų ekonominę analizę skirtingoms šiltinimo sistemoms.
3. Pateikti rekomendacijas DNSB „Rumpiškės“ gyvenamųjų pastatų, adresais Ryšininkų g. 8 ir Rumpiškės g. 27 atnaujinimo (modernizavimo) sprendimams.

Tyrimo rezultatai gali būti pritaikyti kitiems analogiškų konstrukcijų pastatams.

Tyrimo metu naudota mokslinės ir techninės literatūros analizė, lyginamoji analizė, projektavimas, skaičiavimai.

Esama DNSB „Rumpiškės“ administruojamų daugiabučių gyvenamųjų namų analizė

DNSB „Rumpiškės“ administruoja penkis daugiabučius gyvenamuosius namus. Visi pastatai statyti 1988-1993 m. taikant vienodas medžiagas bei technologijas. Išilginės išorinės sienos iš 300 mm storio trisluoksnės keramzitbetonio plokštės. Galinės sienos iš dvigubos 160 mm storio gelžbetoninės plokštės, 20 mm oro tarpo. Cokolio atitvaros iš 280 mm storio surenkamos gelžbetoninės plokštės. Stogas plokščias iš surenkamųjų gelžbetoninių elementų, beruloninis, apšiltintas keramzitbetonio plokštėmis su pastoge. Rūsio

perdangos iš gelžbetoninės 100 mm storio plokštės, apšiltintos 30 mm polistireninio putplasčio plokšte ir 50 mm keramzitbetonio plokšte. Pastatų techninės charakteristikos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

DNSB „Rumpiškės“ administruojamų pastatų techninės charakteristikos

Eil. Nr.	Daugiabučių techniniai rodikliai	Daugiabutis Ryšininkų g. 6	Daugiabutis Ryšininkų g. 8	Daugiabutis Ryšininkų g. 2	Daugiabutis Rumpiškės g. 27	Daugiabutis Ryšininkų g. 4
1	2	3	4	5	6	7
1	Statybos metai	1992	1993	1992	1988	1990
2	Aukštų skaičius	10	10	10	10	9
5	Bendras plotas m ²	9839,77	9839,77	9839,77	9839,77	6023,05
7	Šildomas plotas m ²	8945,99	8945,98	8945,98	8945,99	4871,16
11	Pastato tūris, m ³	37631	37631	37631	37631	20526,00
12	Pastato šildomas tūris m ³	24746,34	24746,34	24746,34	24746,34	14821,98
13	Išorinių sienų šilumos perdavimo koeficientas (U, W/m ² K)	0,25	0,74	0,74 (apšiltintų 0,4)	0,74	0,3
14	Rūsio perdangos šilumos perdavimo koeficientas	0,3	0,82	0,6	0,82	0,3
15	Stogo šilumos perdavimo koeficientas	0,2	1,89	1,89	1,89	0,25
16	Langų šilumos perdavimo koeficientas	1,4	2,56	2,56	2,56	1,5
17	Lauko durų	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6

Šaltinis: Sudaryta autoriaus

2006 m. parengtas projektas Ryšininkų g. 2 gyvenamojo namo dalinės renovacijos projektas, kuriame numatyta apšiltinti galines sienas 100 mm storio akmens vata bei jas apskardinti, rūsio perdangą apšiltinti 50 mm storio akmens vatos plokštėmis bei aptaisyti cemento drožlių „Cetrio“ plokštėmis.



1 pav. Ryšininkų g. 2, Klaipėdoje foto fiksacija

Šaltinis: sudaryta autorių

Ryšininkų g. 4 daugiabučio gyvenamojo namo investicinis projektas parengtas 2007 m. Gyventojai pasirinko sienų apšiltinimui vėdinamą fasado sistemą izoliuojant 200 mm akmens vatos plokštėmis. Stogo šiltinimas nebuvo numatytas. Rūsio perdanga apšiltinta 50mm akmens vatos dembliais. Butuose pakeisti langai ir balkono durys. Pakeista stogo danga teptine hidroizoliacine mastika. Modernizuotas šilumos punktas, pakeičiant automatizuota dvivamzde šildymo sistema su elektriniu reguliatoriumi, priklausomai nuo lauko temperatūros. Karšto vandens ruošimui įrengti plokšteliniai šilumokaičiai, vandens temperatūros reguliatoriai. Butuose pakeisti radiatoriai mažo vandens kiekio šoninio pajungimo plieniniais radiatoriais su termostatiniais ventiliais. Pakeisti karšto vandens stovai. Vamzdynai izoliuoti 30 mm storio kevalais, padengtais folija. Tačiau įgyvendinant projektą neišvengta klaidų: nenumatyta šiltinti stogo konstrukcijos, cokolio, palikti šalčio tiltai ties balkonais. Po atnaujinimo (modernizavimo) pasiekta C energinio naudingumo klasė.



2 pav. Ryšininkų g. 4, Klaipėdoje foto fiksacija
Šaltinis: sudaryta autorių

Ryšininkų g. 6 daugiabutis gyvenamasis namas baigtas atnaujinti (modernizuoti) 2017 m. Rūsio sienos apšiltintas 150 mm storio ekstrudinio polistireninio putplasčio plokštėmis 600 mm žemiau žemės paviršiaus. Cokolis šiltinamas 205 mm mineralinėmis vatos plokštėmis. Rūsio perdanga šiltinama 120 mm storio polistireninio putplasčio plokštėmis. Išorės sienos šiltinamos 205 mm storio akmens vatos plokštėmis. Apdaila įrengta dažytos masės pluoštinio cemento plokštės. Tvirtinimo sistema cinkuoto plieno karkasas. Balkonų perdangų plokštės izoliuojamos 130 mm akmens vatos plokštėmis. Dešimto aukšto perdanga (techniniame aukšte) numatyta apšilti 300 mm storio minkštos mineralinės vatos plokštėmis. Modernizuotas šilumos punktas, pakeičiant automatizuota dvivamzde šildymo sistema su elektriniu reguliatoriumi, priklausomai nuo lauko temperatūros. Karšto vandens ruošimui įrengti plokšteliniai šilumokaičiai, vandens temperatūros reguliatoriai. Butuose pakeisti radiatoriai mažo vandens kiekio šoninio pajungimo plieniniais radiatoriais su termostatiniais ventiliais. Pakeisti karšto vandens stovai. Vamzdynai izoliuoti 30 mm storio kevalais, padengtais armuota aliuminio folija [2]. Po atnaujinimo (modernizavimo) pasiekta B energinio naudingumo klasė.



3 pav. Ryšininkų g. 6, Klaipėdoje foto fiksacija
Šaltinis: sudaryta autorių

Ryšininkų g. 8 ir Rumpiškės g. 27 daugiabučiuose namuose nėra pritaikytų energiją taupančių priemonių. Pastatų šilumos punktai prijungti prie miesto šilumos tinklų pagal priklausomą schemą. Šilumos paskirstymo sistema vienvamzdė, viršutinio paskirstymo. Balansavimo ventilių stovuose nėra. Šildymo sistemoje yra reguliavimo vožtuvas su servo varikliu. Karštas vanduo ruošiamas pastato šilumos punkte greitaeigiamame vamzdeliniame penkių sekcijų šilumokaityje. Karšto vandens linijoje sumontuotas cirkuliacinis siurblys. Karšto vandens temperatūra reguliuojama automatiniu reguliatoriumi.

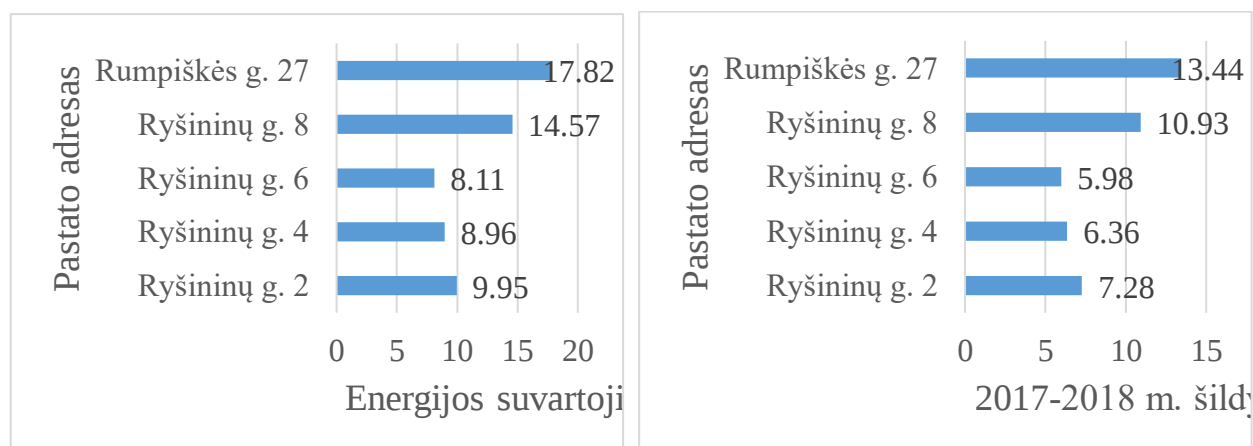
Atnaujintų (modernizuotų) pastatų efektyvumo analizė

Klaipėdos mieste nuo 2013 iki 2018 m. sausio 1 d. daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa pasinaudojo 92 daugiabučių namų gyventojai. Kiekvienais metais Lietuvos Respublikos aplinkos ministerija skelbia kvietimus teikti paraiškas daugiabučių namų atnaujinimui (modernizavimui). Daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programa pradėta dar 2005 metais ir nuo to laiko keletą kartų buvo parengtos įstatymų, reglamentuojančių daugiabučių atnaujinimą, pataisos, peržiūrėtos ir atnaujintos programos taisyklės ir sąlygos taip siekiant sudaryti kuo palankesnes sąlygas dalyvauti programoje. Pirminėmis sąlygomis

dalyvauti daugiabučių namų atnaujinimo (modernizavimo) programoje galėjo dalyvauti tik daugiabučiai namai, pastatyti pagal galiojusius iki 1993 m. statybos techninius normatyvus. Skirtingais programos etapais buvo numatomi vis didesni numatomi reikalavimai.

2018 m. numatoma valstybės parama – 50 mln. eurų, kompensuojant 30 procentų investicijų, tenkančių energinį efektyvumą didinančioms priemonėms. Už šias lėšas numatoma renovuoti ne mažiau kaip 500 daugiabučių namų. Pagal šį kvietimą vykdomiems projektams taip pat numatoma 100 proc. apmokėti arba kompensuoti projekto parengimo, įgyvendinimo administravimo ir statybos techninės priežiūros išlaidas, taip pat 100 proc. padengti mažas pajamas gaunantiems asmenims butų savininkams tenkančias išlaidas. Kvietimu numatoma priimti neribotą paraiškų skaičių ir jas įgyvendinti išdėstant projektų srautą pamečiui, atsižvelgiant į kvietime numatytus atrankos kriterijus. Prioritetinis jų – kvartalinė renovacija, kiti kriterijai – aukštesnė energinio naudingumo klasė bei efektyvumas. Sureitingavus paraiškas numatoma sudaryti pirmiausia finansuojamų projektų sąrašą. Į šį sąrašą nepateksiančias paraiškas numatoma įtraukti į rezervinį projektų sąrašą, sudarant sąlygas projektus įgyvendinti kitais metais.

DNSB „Rumpiškės“ penkių daugiabučių namų būklė skirtinga. Taikant energijos taupymo priemones pasiekti skirtingi rezultatai. Daugiausiai energijos po atnaujinimo (modernizavimo) sutaupo Ryšininų g. 6 daugiabučio gyvenamojo namo gyventojai. Vasario mėnesio vidutinė oro temperatūra buvo $-4,7^{\circ}\text{C}$ (tai buvo šalčiausias pastarojo šildymo sezono mėnuo). Atskirų pastatų 2018 m. vasario mėn. bei 2017-2018 m. šildymo sezono energijos suvartojimas 1m^2 pateiktas 5-ame paveiksle.



5 pav. Energijos suvartojimas šildymo reikmėms DNSB „Rumpiškės“ administruojamuose pastatuose
Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matyti iš diagramų daugiausiai energijos suvartoja pastatai, kuriuose nėra pritaikytos energiją taupančios priemonės, t. y. Ryšininų g. 8 ir Rumpiškės g. 27. Energijos suvartojimas lyginant su B energinio naudingumo klasę pasiekusio namo Ryšininų g. 6 skiriasi atitinkamai 1,82 ir 2,25 karto. Tuo tarpu Ryšininų g. 4 (pasiekta C energinio naudingumo klasė) ir Ryšininų g. 2 (apšiltintos galinės sienos) energijos suvartojimas skiriasi tik 13 proc.

Vasarį šildymui Klaipėdos miesto gyventojų sunaudojimo vidurkis buvo 17,77 kilovatvalandės kvadratiniam metrui (kWh/m^2). Mažiausiai energijos šildymui naudojo renovuotų pastatų gyventojai (vidurkis $10,03 \text{ kWh}/\text{m}^2$). Naujos statybos namuose vidutinis šilumos suvartojimas siekė $11,26 \text{ kWh}/\text{m}^2$. To tarpu nerenovuoti Klaipėdos daugiabučiai šilumos suvartojo beveik dvigubai daugiau ($19,22 \text{ kWh}/\text{m}^2$).

Karšto vandens ruošimo sistemos modernizavimas leidžia sutaupyti iki 48 proc. suvartojamos energijos. Rumpiškės g. 27 ir Ryšininų g. 2 pastatuose, kurių karšto vandens paruošimo sistema nėra renovuota suvartoja apie $100 \text{ kWh}/\text{m}^3$. Tuo tarpu atnaujinus karšto vandens ruošimo sistemą, izolius vamzdinius suvartojama apie $55 \text{ kWh}/\text{m}^3$.

Tyrimo metu buvo apskaičiuotos keturių variantų išorinių atitvarų apšiltinimo lokalinės sąmatos. Pirmame variante numatyta išorinėms sienoms naudoti vėdinamą fasadų sistemą, apšiltinant sienas 300 mm akmens vatos plokštėmis. Cokolio šiltinimui numatyta panaudoti 250 mm storio polistireninio putplasčio plokštės bei tinkuoti. Rūsio perdanga šiltinama 100 mm storio polistireninio putplasčio plokštėmis. Techninis aukštas šiltinamas 300 mm storio akmens vatos plokštėmis, aptaisant gipso kartono plokštėmis.

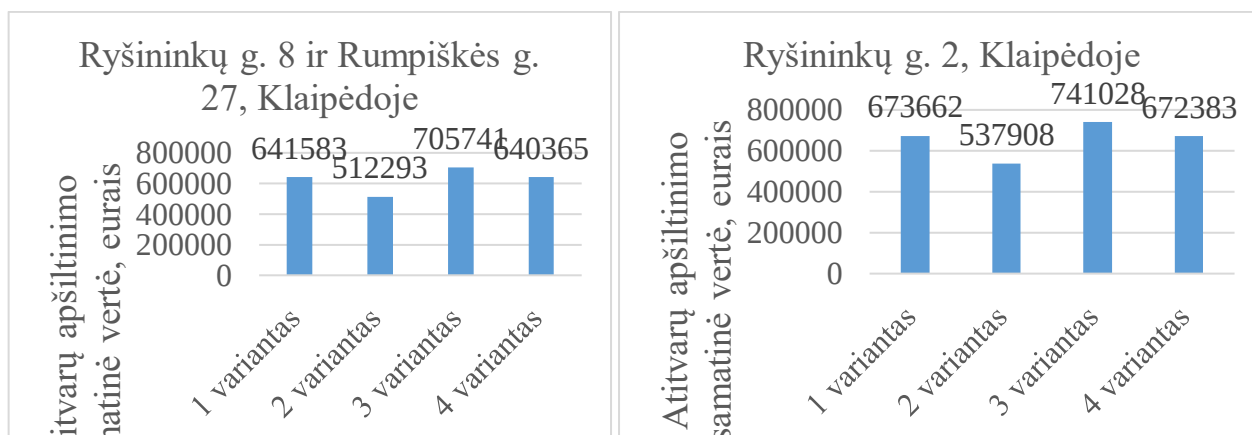
Antrame variante numatyta išorinėms sienoms naudoti tinkuotą fasadų sistemą, apšiltinant sienas 300 mm polistireninio putplasčio plokštėmis. Cokolio šiltinimui numatyta panaudoti 250 mm storio polistireninio putplasčio plokštės bei tinkuoti. Rūsio perdanga šiltinama 100 mm storio polistireninio

putplasčio plokštėmis. Techninis aukštas šiltinamas 300 mm storio akmens vatos plokštėmis, aptaisant gipso kartono plokštėmis.

Trečiuoju atveju numatyti taikyti tinkuotą šiltinimo sistemą, tačiau sienas numatyta šiltinti naujos kartos šilumine izoliacija – fenolio putų plokštės. Šilumą izoliuojanti standaus fenolio putų (PF) plokštė, kurios paviršius abiejose pusėse padengtas stiklo audinio sluoksniu pasižymi itin geromis šiluminėmis savybėmis. Jos šilumos laidumo koeficientas $\lambda_D = 0,021 \text{ W/mK}$. Kadangi šios plokštės šilumos laidumo koeficientas yra 30 proc. mažesnis nei standartinės akmens vatos bei polistireninio putplasčio plokštės, tai leidžia sumažinti šiluminės izoliacijos storį, todėl trečiame variante sienos šiltinamos 200 mm fenolio putų plokštėmis. Cokolio šiltinimui numatyta panaudoti 180 mm storio fenolio putų plokštės bei tinkuoti. Rūsio perdanga šiltinama 70 mm storio fenolio putų plokštėmis. Techninis aukštas šiltinamas 300 mm storio akmens vatos plokštėmis, aptaisant gipso kartono plokštėmis.

Pirmaisiais trimis variantais numatyta pasiekti B energinio naudingumo klasę. Ketvirtuoju atveju buvo nuspręsta parinkti išorinių atitvarų šiltinimo sprendinius, atitinkančius A energinio naudingumo reikalavimus. Numatyta išorinėms sienoms naudoti tinkuotą fasadų sistemą, apšiltinant sienas 350 mm polistireninio putplasčio plokštėmis. Cokolio šiltinimui numatyta panaudoti 250 mm storio polistireninio putplasčio plokštės šiltinant iš išorės bei papildomai apšiltinant rūsio sienas iš vidaus 100 mm storio polistireninio putplasčio plokštėmis. Rūsio perdanga šiltinama 150 mm storio polistireninio putplasčio plokštėmis. Techninis aukštas šiltinamas 400 mm storio akmens vatos plokštėmis, aptaisant gipso kartono plokštėmis.

Pastatų išorinių atitvarų šiltinimo sąmatinės vertės taikant skirtingas technologijas pateiktos 6-ame paveiksle.



6 pav. Išorinių atitvarų apšiltinimo sąmatinės vertės

Šaltinis: sudaryta autorių

Ryšinių g. 2 išorinių atitvarų apšiltinimo sąmatinė vertė didėja, kadangi šiuo metu yra apšiltintos galinės sienos, kurias atnaujinimo (modernizavimo) metu teks demontuoti.

Atliekant atnaujinimo (modernizavimo) sprendimų analizę nebuvo skaičiuojamos inžinerinių sistemų atnaujinimo (modernizavimo) bei šildymo – vėdinimo sistemų įrengimo darbų sąmatos. Atnaujinant (modernizuojant) pastatus tiek pagal B, tiek pagal A energinio naudingumo klasei keliamus reikalavimus yra privaloma mechaninė vėdinimo sistema. Jų kaina sudarytų nuo 4000 eurų vienam butui.

Išvados.

1. Atnaujinus (modernizavus) stambiaplokštį daugiabutį gyvenamąjį namą iki B energinio naudingumo klasės reikalavimų, energijos sąnaudos šildymui ir karšto vandens paruošimui sumažėja apie 50 proc. Sutaupytos energijos kiekis priklauso nuo pasirinktų priemonių, atliktų darbų kokybės.

2. Išorinių atitvarų šiltinimo kaina priklauso nuo pasirinktų technologijų. Pigiausia išorinių sienų šiltinimo polistireninių putplasčiu sistema. Nors rinkoje pasirodo naujos kartos šiltinimo medžiagos, tačiau jų kaina yra didesnė, o pasiektas efektyvumas nekompensuoja sąnaudų. Šiltinant išorines atitvaras fenolio putų plokštėmis, atitinkančiais B energinio naudingumo klasės reikalavimus, darbų kaina viršija 11 proc., tinkuotos šiltinimo sistemos polistireninio putplasčio pagal A energinio naudingumo klasės reikalavimus, kainos. Šios medžiagos gali būti naudojamos konstrukcijose, kurių šiltinimo storis yra ribojamas (angokraščių, rūsio perdangų ir kt. konstrukcijų) šiltinimui.

3. Atnaujinant daugiabučius gyvenamuosius namus, rekomenduojama siekti ne žemesnės nei B energinio naudingumo klasės. Siekiant renovuoti daugiabučius į aukštesnės energinio naudingumo klasės, siūloma gauti papildomą finansavimą pagal Aplinkosaugos inovacijų programą užsienio šalyse.

Literatūra.

1. Būsto atnaujinimo (modernizavimo) programa (interaktyvus). Būsto ir urbanistinės plėtros agentūra. Prieiga per internetą: <http://www.atnaujinkbusta.lt/index.php/lt/p/atnaujink-busta/apie-daugiabuciu-modernizavimo-programa/busto-modernizavimo-programa>
2. Daugiabučio gyvenamojo namo, Ryšininkų g. 6, Klaipėdoje atnaujinimo (modernizavimo) projektas: Projektuotojas UAB „Structurus“, 2014
3. Daugiabučių namų Lietuvoje atnaujinimo darnumo įvertinimas Raslanas Saulius; Alchimovienė Jurgita; Engineering Structures and Technologies, 01 December 2012, Vol.4(4), p.145-154
4. Energijos suvartojimas pastatuose Klaipėdos mieste (interaktyvus). Klaipėdos energija. Prieiga per internetą: <https://www.klenergija.lt/gyventojams/silumos-kokybe-jusu-name/>;
5. Investicijų projektas „Daugiabučio namo savininkų bendrija“ Rumpiškės“ 72-jų butų gyvenamasis namas Ryšininkų g. 4 Klaipėdoje“: Projektuotojas A.J. Naudžiūno inžinerinė konsultacinė firma, 2007
6. Investicijų projekto korektūra „DNSB “ Rumpiškės“ 120 bt. gyvenamojo namo Ryšininkų g. 2 Klaipėda“: Projektuotojas A.J. Naudžiūno inžinerinė konsultacinė firma, 2006
7. Investicijų projekto korektūra „DNSB “ Rumpiškės“ 120 bt. gyvenamojo namo Ryšininkų g. 8 Klaipėda“: Projektuotojas A.J. Naudžiūno inžinerinė konsultacinė firma, 2007
8. STR 2.01.02:2016 Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas
9. Rezervinis atnaujinimo (modernizavimo) projektų sąrašas (interaktyvus). Būsto energijos taupymo agentūros. Prieiga per internetą: <http://www.betalt.lt/wp-content/uploads/2018/03/Rezervinis-sarasas.pdf>
10. Energy Efficiency Challenges in Multi-Apartment Building Renovation in Lithuania Biekša Darius; Šiupšinskas Giedrius; Martinaitis Vytautas; Jaraminienė Eglė; Journal of Civil Engineering and Management, 01 December 2011, Vol.17(4), p.467-475
11. [Owner preferences regarding renovation measures – the demonstration of using multi-criteria decision making.](#) Medineckienė Milena ; Björk Folke; Journal of Civil Engineering and Management, 01 June 2011, Vol.17(2), p.284-295

ECONOMIC ANALYSIS OF SOLVENCY (MODERNIZATION) SOLUTIONS OF STAMPBOARD MULTIPLE HOUSES IN THE CITY KLAIPEDA

Summary

Energy saving is important part of energy policy for the Republic of Lithuania and all European Union. Using of promoting sustainable energy is one of the most significant ways to increase security of energy supply, reduce the environmental impact of energy use and to promote the development of new industries, solutions of modern energy-saving construction technologies and building materials. Building heating consumes the largest amount of energy in the European Union (consumes about 40 percent of all energy) and mostly contributes of generation of greenhouse gases. Applying energy saving measures for renovation of buildings possible to save more than 60 percent of energy consumed for building heating and reduce 460 million tonnes of carbon dioxide emissions per year. The article deals the analysis of cost-effectiveness measures for large-scale apartment-building housing energy-saving.

Upgrading a multi-storey residential building up to the energy efficiency class B the energy consumption for heating and hot water is reduced more than 50%. The amount of saved energy depends from the chosen of measures, the quality of the work. The most optimal renovat the buildings into energy efficiency class B. To renovate multi-apartment buildings into higher energy efficiency classes it's suggested to look for innovative solutions and additional funding.

Key words: multi-apartment buildings, energy efficiency, energy saving, renovation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vida Ovaltaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė.

Darbo vietą ir poziciją: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: pastatų konstrukcijos, energijos taupymas ir išsaugojimas, statybos technologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 683 63030, v.ovaltaite@kvk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rasa Varpiotaitė-Tiutiunik.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė.

Darbo vietą ir poziciją: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Aplinkos ir statybos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: pastatų konstrukcijos, energijos taupymas ir išsaugojimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 40409, r.varpiotaitė@kvk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vida Ovaltaitė.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipeda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies,
Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer.

Author's research interests: building construction, energy efficiency of buildings, of heat losses in buildings., construction technology.

Telephone and e-mail address: +370 683 63030, v.ovaltaite@kvk.lt

Author name, surname: Rasa Varpiotaite-Tiutiunik.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: Klaipeda State University of Applied Sciences, Faculty of Technologies,
Department of Environmental and Construction Engineering, lecturer

Author's research interests: building construction, energy efficiency of buildings, of heat losses in buildings.

Telephone and e-mail address: +370 652 40409, r.variotaite@kvk.lt

BETONO SU PLUOŠTINIŲ KANAPIŲ UŽPILDAIS SAVYBIŲ TYRIMAI

Vincas Gurskis, Dainius Ramukevičius
Aleksandro Stulginskio universitetas

Anotacija

Vis plačiau statomi energiškaai efektyvesni pastatai, naudojamos statybinės medžiagos, kurių gamybai reikalingos mažos energinės sąnaudos, taip pat siekiant mažinti transportavimo išlaidas naudojamos kuo arčiau statybos vietos gaunamos ar gaminamos statybinės medžiagos. Prie ekologiškų, statybinių medžiagų priskiriami neseniai Lietuvoje legalizuotų pluoštinių kanapių produktai.

Straipsnyje pateikiami kanapių spalų betonų savybių tyrimų rezultatai. Tyrinėjamiems betonams kaip rišamoji medžiaga panaudota negesintos kalcitinės kalkės, sudėtinis portlandcementis, organinis sapropelis ir jų mišiniai. Betonų užpildams naudoti kanapių spalai. Bandymais nustatyta kanapių spalų betonų gniuždymo stipris, laboratorinėmis sąlygomis atlikti betonų šilumos laidumo tyrimai. Darbas atliktas remiantis standartiniais metodais bei įranga.

Reikšminiai žodžiai: betonas, pluoštinės kanapės, medžiagų savybės.

Įvadas

Pluoštinės kanapės – kanapinių (*Cannabaceae*) šeimos sėjamosios kanapės (*Cannabis sativa L.*) rūšies veislių augalai, kurių išdžiovinotoje medžiagoje tetrahydrokanabinolio yra ne daugiau kaip 0,2 procento ir kurie auginami vien tik pramoniniams tikslams (pluoštui ir sėkloms).

2013 m. priimtas Lietuvos Respublikos pluoštinių kanapių įstatymas (Lietuvos..., 2013), kuriuo nuo 2014 m. įsigaliojo leidimas auginti pramonines pluoštines kanapes. Ūkininkai netruko tuo pasinaudoti ir šalies laukuose pasirodė seniai augintas augalas, pasižymintis greitu augimu, duodantis ne tik sėklas, iš kurių spaudžiamas vertingas aliejus, bet ir pluoštas, spalai. Pastarieji produktai gali būti naudojami statybose. Pastatų statyboms gali būti naudojami stambiai smulkinti kanapių stiebai, kanapių spalai su pluošto likučiais, išvalytas kanapių pluoštas.

Kanapių pluoštas tinka kaip žaliava šilumą izoliuojančios medžiagos – vatos gamybai. Kai kuriose Europos šalyse, kuriose nebuvo draudžiama auginti pluoštines kanapes, ši vata gaminama seniai. Ji pasižymi mažu tankiu (tūrio mase) – 26-40 kg/m³ ir yra mažai laidus šilumai – šilumos laidumo koeficientas yra apie 0,040 W/(m·K) (Kanapių..., 2017; Thermafleecce..., 2017; NaturePro..., 2017). Šie rodikliai neprastesni nei tradicinių šilumą izoliuojančių medžiagų: polistireninio putplasčio, mineralinės (akmens ar stiklo) vatos.

Kanapių spalai gaunami perdirbant atsiklojęsčius stiebelius. Jie gali būti naudojami kaip užpildas gaminant mažo tankio šilumą izoliuojančius, o mažaaukštei statybai ir konstrukcinius-šilumą izoliuojančius betonus. Anksčiau skelbtose publikacijose (Šliužas, 2014 ir kt.) teigta, kad iš pluoštinių kanapių betono pastatyti sienai nereikia jokio apšiltinimo, užtenka apdailinio sluoksnio, tačiau pasiekti, kad betonas būtų ir termoizoliacinis ir kartu konstrukcinis – sunku, nes toks betonas pasižymi didesniu nei 0,1 W/(m·K) šilumos laidumo koeficientu (Balčiūnas, 2015), todėl remiantis dabar keliamais pastatų apšiltinimo reikalavimais (STR 2.01.02:2016) išorinių sienų storis turėtų būti neracionaliai didelis.

Dažniausiai kanapių betonas naudojamas karkasiniuose pastatuose, kai pastato karkasas užpildomas mažo tankio, šilumos laidumo ir stiprio kanapių spalų betonu. Kaip minėta, didesnes apkrovas geba išlaikyti didesnio tankio, stiprio, tačiau labiau laidus šilumai konstrukcinis-šilumą izoliuojantis kanapių spalų betonas. Daug mokslinių publikacijų skirta betono su kanapių spalų užpildais fizikinių, mechaninių, termoizoliacinių savybių tyrimui (Balčiūnas, 2015, Benfratello et al., 2013, Walker et al. ir kt.). Deja, daugelyje iš jų neatskleidžiamos betono sudėtys.

Užsienio šalyse (Prancūzijoje, Australijoje, kitur) gaminami specialieji rišamųjų medžiagų, dažniausiai kalkių pagrindu, mišiniai kanapių spalų betonui. Šie mišiniai brangūs, todėl būtina juos gaminti iš pigesnių Lietuvoje gaminamų, išgaunamų produktų. Iš pigesnių produktų rišamajai medžiagai gali būti panaudotas sapropelis.

Organinis sapropelis yra dumblingos nuosėdos ar nuogulos, susidariusios gėlių, stovinčių vandens telkinių (ežerų, tvenkinių, kūdrų) dugne. Koloidinėje padėtyje turi daug organinių medžiagų. Yra nustatyta, kad sapropelis turi rišamųjų savybių. Jis išdžiūvęs, kaip ir tradicinės rišamosios medžiagos (kalkės, cementas) tampa pakankamai kieta medžiaga. Todėl darome prielaidą, kad sapropelis kartu su kalkėmis turėtų teigiamai įsikomponuoti į kanapų spalų ir vandens mišinį ir, džiūvant jam, gerinti arba bent jau nemenkinti mechaninių ir šiluminių savybių.

Šio darbo tikslas – įvertinti rišamųjų medžiagų ir jų mišinių įtaką kanapių betono mechaninėms ir šiluminėms savybėms.

Tyrimo objektas – kanapių betonai, kuriems rišamoji medžiaga panaudota negesintos kalcitinės kalkės, sudėtinis portlandcementis ir organinis sapropelis. Betonų užpildams naudoti kanapių spalai.

Betonų rišamųjų medžiagų įtaka mechaninėms ir šiluminėms savybėms nustatyta standartiniais metodais bei įranga.

Tyrimo metodai

Kanapių betono mišiniui paruošti panaudotos rišamosios medžiagos: negesintos kalcitinės kalkės, sudėtinis portlandcementis CEM II/A LL – 42,5N, organinis sapropelis. Betono užpildams panaudoti kanapių spaliai. Betono mišiniui formuoti panaudotas geriamasis vanduo.

Kanapių betono tyrimams buvo pagaminti trijų sudėčių mišiniai naudojant rišamosios medžiagos ir užpildų (spalių) santykį 2,2:1 (1 lentelė).

1 lentelė

Kanapių spalių betono mišinių sudėtys

Sudėčių Nr.	Santykis	Medžiagos
KB1	2,2:1	2,2 masės dalys negesintų kalkių (100%), viena dalis kanapių spalių
KB2	2,2:1	2,2 masės dalys negesintų kalkių (90%) ir cemento (10%), viena dalis kanapių spalių
KB3	2,2:1	2,2 masės dalys negesintų kalkių (90%) ir sapropelio (10%), viena dalis kanapių spalių

Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip pagrindinė rišamoji medžiaga naudotos negesintos kalkės, kurios buvo gesinamos geriamuoju vandeniu maišymo metu. Nugaravęs vandens kiekis įvertintas sveriant ir kompensuojamas. Dalis mišinių buvo pagaminta naudojant rišamųjų medžiagų mišinį, kuriame 10 % kalkių pakeista cementu (CEM II/A–LL 42,5 N) arba organiniu sapropeliu, paskaičiuoto pagal sausos medžiagos masę. Mišiniai ruošti priverstinio maišymo maišyklėje.

Kanapių betono mišiniui paruošti buvo nustatyta naudojamų medžiagų piltiniai tankiai (2 lentelė). Piltinis tankis nustatytas pagal standartą LST EN 1097-3:2002.

2 lentelė

Kanapių betonui gaminti naudojamų medžiagų piltiniai tankiai (tūriniai svoriai)

Medžiaga	Piltinis tankis (tūrinis svoris) kg/m ³	
	laisvai supilto	ranka suspausto
Statybinės kalcitinės maltos negesintos kalkės	510	-
Cementas CEM II/A–LL 42,5 N	1230	-
Kanapių spaljai	113	136

Šaltinis: sudaryta autorių

Siekiant įvertinti vandens kiekį sapropelyje buvo nustatytas jo drėgnumas džiovavimo metodu. Drėgnumas pagal masę apskaičiuotas pagal formulę:

$$w_m = \frac{m_v}{m_s} \cdot 100 = \frac{m_d - m_s}{m_s} \cdot 100 \% \quad (1)$$

čia m_v – medžiagoje esančio vandens masė, m_s – sausos medžiagos masė, m_d – drėgnos medžiagos masė.

$$w_m = \frac{100,0 - 12,0}{12} \cdot 100 = 733,3\%.$$

Šie bandymai rodo, kad sapropelyje didžiąją masės dalį sudaro vanduo, o sausa medžiaga sudaro tik 12 % šlapio sapropelio masės. Maišant betoną su sapropeliu jo kiekis buvo apskaičiuotas pagal sausą medžiagą, todėl buvo sumažinamas vandens kiekis, kiekiu, kuris yra sapropelyje. Vandens kiekis apskaičiuotas pagal formulę:

$$V = 1,5 m_{sp} + 0,92 m_k + 0,32 m_c + 0,32 m_s,$$

čia m_{sp} – spalių masė, m_k – negesintų kalkių masė, m_c – cemento masė, m_s – sauso sapropelio masė.

Iš mišinių pagaminti bandiniai – kubeliai 10×10×10 cm tankiui ir gniuždymo stipriui nustatyti. Šilumos laidumo koeficientui nustatyti specialiai pagamintos plytelių formos plokštelės 20×20×(4...5) cm. Formose mišinys tankintas rankiniu būdu naudojant medinį strypą, kurio skerspjūvio matmenys 4×4 cm. Iš formų bandiniai išimti po 1-2 parų. Laboratorijos sąlygose vieną mėn. kietėję bandiniai pasverti elektroninėmis svarstyklėmis, elektroniniu slankmačiu nustatyti jų matmenys. Bandinių tankis nustatytas pagal standartą LST EN 12390-7:2009.

Gniuždymo stipris nustatytas standartine metodika (LST EN 12390-3:2009, LST EN 826:2013) gniuždant bandinius mechaninių bandymų mašina iki 10% deformacijos. Gniuždymo kryptis – lygiagreti formavimo kryptčiai.

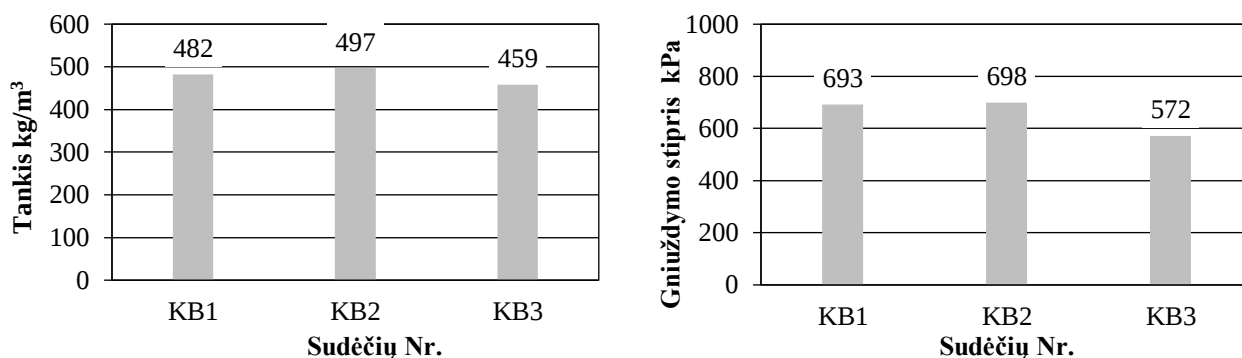
Šilumos laidumo koeficientas nustatytas naudojant FOX 200 šilumos srauto matuoklį, kuris skirtas matuoti šilumos laidumui pagal standartus LST EN 12667:2002, ASTM C518 ir ISO 8301. Prietaise yra

plonasluoksniai šilumos srauto keitikliai, skaitmeniniai storio matuokliai ir valdoma temperatūros kontrolė. Prietaiso veikimas paremtas kietojo kūno vėsinimu / šildymu. FOX 200 yra universalus prietaisas ir ypač tinka matuoti aktyviųjų medžiagų šilumos laidumą.

Tyrimų rezultatai

Atlikus betono, pagaminto su kanapių spalių užpildais, tyrimus nustatyta, kad esant rišamosios medžiagos ir užpildų masių santykiui 2,2:1 betonas pasižymi 459...497 kg/m³ tankiu. Betonai, kurio mišinio rišamoji medžiaga sudaryta iš 90% negesintų kalkių ir 10% cemento pasižymi didesniu tankiu. Kanapių spalių betonas su 10% sapropelio mišinio rišamąja medžiaga pasižymi mažesniu tankiu.

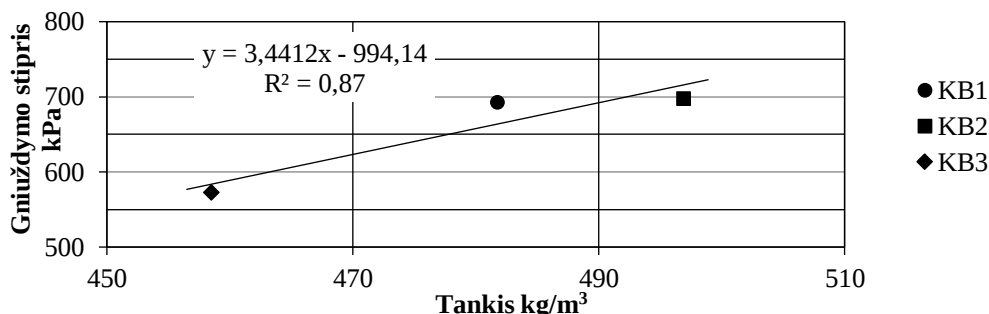
Gniuždymo stiprio rezultatai rodo, kad betono su kanapių spaliais ir rišamąja medžiaga negesintomis kalkėmis gniuždymo stipris yra 693 kPa. Betonui, turinčio 10% cemento rišamosios medžiagos, gniuždymo stipris nežymiai padidėjo ir yra 698 kPa. Stiprumo sumažėjimas stebimas betonui, kurio rišamosios medžiagos mišinio sudėtis yra 90% negesintų kalkių ir 10% sapropelio. Šiuo atveju betono gniuždymo stipris yra 572 kPa. Orasausio kanapių spalių betono tankio ir gniuždymo stiprio grafinis atvaizdavimas pateiktas 1 paveiksle.



1 pav. Orasausio kanapių spalių betono tankis ir gniuždymo stipris

Šaltinis: sudaryta autorių

Nustatyta priklausomybė tarp betono tankio ir gniuždymo stiprio. Iš grafiko (2 pav.) matyti, kad yra patikimas ryšys tarp betono tankio ir gniuždymo stiprio: didėjant betono tankiui stiprumas didėja.



2 pav. Ryšys tarp betono su spalių užpildais tankio ir gniuždymo stiprio

Šaltinis: sudaryta autorių

Tiriant kanapių spalių betono savybes nustatytas šilumos laidumo koeficientas. Šilumos laidumo tyrimo rezultatai rodo, kad didžiausiu laidumu pasižymi betonai, kurių mišiniams panaudota mineralinės kilmės rišamosios medžiagos. Betonai su organinės kilmės sapropeliu pasižymi mažesniu šilumos laidumu (3 lentelė).

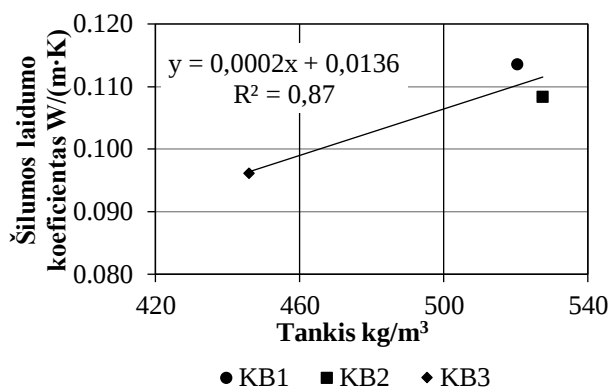
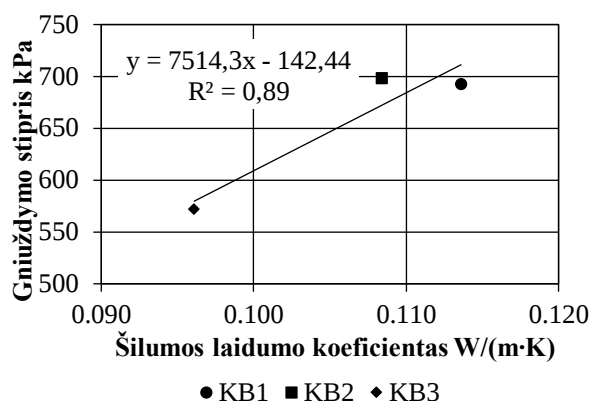
3 lentelė

Orasausio kanapių spalių betono šilumos laidumo koeficientai

Betono sudėties Nr. (rišamųjų medžiagų ir užpildų santykis; žiūr. 1 lentelę)	Orasausių bandinių šilumos laidumo koeficientas W/(m·K)
KB1 (2,2:1)	0,114
KB2 (2,2:1)	0,108
KB3 (2,2:1)	0,096

Šaltinis: sudaryta autorių

Nustatyta priklausomybė tarp šilumos laidumo koeficiento ir gniuždymo stiprio, tankio ir šilumos laidumo koeficiento.



3 pav. Ryšys tarp betono su spalių užpildais šilumos laidumo ir tankio bei gniuždymo stiprio

Saltinis: sudaryta autorių

3 pav. pavaizduoti grafikai ir lygtys rodo, kad yra patikimi ryšiai tarp šilumos laidumo koeficiento ir gniuždymo stiprio, tankio ir šilumos laidumo koeficiento, t.y. didėjant gniuždymo stipriui, tankiui šilumos laidumo koeficientas didėja.

Išvados

1. Atlikus betono, pagaminto su kanapių spalių užpildais, tyrimus nustatyta, kad esant rišamosios medžiagos ir užpildų masių santykiui 2,2:1 betonas pasižymi 459...497 kg/m^3 tankiu, 572...693 kPa gniuždymo stipriu ir 0,096...0,114 $W/(m \cdot K)$ šilumos laidumo koeficientu.

2. Gniuždymo stiprio rezultatai rodo, kad organinio sapropelio turintis betonas su kanapių spalių užpildais yra silpnesnis už betoną, kuriam panaudotos mineralinės kilmės rišamosios medžiagos. Nustatyta, kad pakeitus 10 % kalkių cementu ar sapropeliu betono su kanapių spaliais gniuždymo stipris 698 kPa ir atitinkamai 572 kPa.

3. Šilumos laidumo tyrimo rezultatai rodo, kad didžiausiu laidumu pasižymi betonas, kurio mišiniui naudojamos mineralinės kilmės rišamosios medžiagos, o betonas su sapropeliu pasižymi mažesniu šilumos laidumu.

Literatūra

- Balčiūnas, Giedrius. Statybinių kompozitų su pluoštinių kanapių spaliais tyrimai. Daktaro disertacija. Technologijos mokslai, medžiagų inžinerija (08T). Vilnius, Technika, 2015. 134 p.
- Benfratello S., Capitano C., Peri G., Rizzo G., Scaccianoci G., Sorrentino G. Thermal and structural properties of a hemp–lime biocomposite. *Construction and Building Materials* 48 (2013) 745–754.
- Kanapių plaušo vata STEICO CANAFLEX. 2017-06-01 Prieiga per internetą: <http://www.greenmaterials.lt/steico-canaflex.html>.
- Lietuvos Respublikos pluoštinių kanapių įstatymas. 2013.
- LST EN 1097-3:2002 Užpildų mechaninių ir fizikinių savybių nustatymo metodai. 3 dalis. Piltinio tankio ir tuštymetumo nustatymas.
- LST EN 12350-6:2009. Betono mišinio bandymai. 6 dalis. Tankis.
- LST EN 12390-3:2009. Betono bandymas. 3 dalis. Bandinių gniuždomasis stipris.
- LST EN 12390-7:2009. Betono bandymas. 7 dalis. Sukietėjusio betono tankis.
- LST EN 12667:2002. Šiluminės statybinių medžiagų ir gaminių savybės. Šiluminės varžos nustatymas apsaugotos karštosios plokštės ir šilumos srauto matuoklio metodais. Didelės ir vidutinės šiluminės varžos gaminiai.
- LST EN 826:2013. Statybiniai termoizoliaciniai gaminiai. Elgsenos gniuždant nustatymas.
- NaturePro Hemp Insulation batts products. 2017-06-01. Prieiga per internetą: <http://www.natureproinsulation.co.uk/hemp.htm>.
- Statybos techninis reglamentas STR 2.01.02:2016 „Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas“.
- Šliužas, Kazimieras. Kanapė grįžta ir keliauja į statybas. Prieiga per internetą: <http://lzinios.lt/lzinios/ekonomika/kanape-grizta-ir-keliauja-i-statybas/178910>. 2014 m. gegužės 3 d.
- Thermafleece NatraHemp. 2017-06-01. Prieiga per internetą: <https://www.naturalinsulations.co.uk/product/thermafleece-natrahemp/>.
- Walker R., Pavia S., Mitchell R. Mechanical properties and durability of hemp-lime concretes. *Construction and Building Materials* 61 (2014) 340–348.

STUDIES ON THE PROPERTIES OF CONCRETE WITH HEMP CHAFF FILLINGS

Summary

With the global emergence of ecological problems related to climate warming people are looking for ways to reduce greenhouse gas emissions in various fields, including construction. Increasingly, energy-efficient buildings are being built, building materials that require low energy consumption, as well as building materials used or produced as near as possible to construction sites are used to reduce transportation costs. Eco-friendly building materials include the products of fiber hemp, which were recently legalized in Lithuania.

The article presents the results of research on the properties of hemp chaff concretes. Non-calcined limestone, portland cement, organic sapropel and their mixtures were used as binding agent for the researched concrete. Hemp chaffs were used for concrete fillers. The experiments revealed the compressive strength of hemp chaff concrete, laboratory tests of concrete conductivity were carried out. Work has been done on the basis of standard methods and equipment.

Keywords: concrete, hemp fiber, materials properties.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vincas Gurskis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Aleksandro Stulginskio universitetas, Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 752322, vincas.gurskis@asu.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir poziciją: Aleksandro Stulginskio universitetas, Vandens ūkio ir žemėtvarkos fakultetas, Hidrotechninės statybos inžinerijos instituto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: statybinės medžiagos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 37 752322, dainius.ramukevicius@asu.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vincas Gurskis.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, assoc. prof. at the Institute of Hydraulic Engineering.

Author's research interests: building materials.

Telephone and e-mail address: +370 37 752322, vincas.gurskis@asu.lt.

Author name, surname: Dainius Ramukevičius

Science degree and name: master degree.

Workplace and position: Aleksandras Stulginskis University, Faculty of Water and Land Management, lecturer at the Institute of Hydraulic Engineering.

Author's research interests: building materials.

Telephone and e-mail address: +370 37 752322, dainius.ramukevicius@asu.lt.

PASTATŲ ŠILDYMO - VĖDINIMO TECHNOLOGIJŲ DABARTIS IR ATEITIS

Audrius Čereška

Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Mechanikos fakultetas, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedra

Anotacija

Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų patalpų šiluminio komforto ir pakankamos šiluminės aplinkos pagrindiniai parametrai yra oro temperatūra, juntamoji temperatūra, oro judėjimo greitis, santykinė oro drėgmė bei atitvarų paviršiaus ir patalpų temperatūrų skirtumas. Normaliam makroklimatui užtikrinti pastatuose naudojamos šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemos. Jų veikimo efektyvumas priklauso nuo daugelio faktorių: pastato būklės, šildymo ir vėdinimo sistemos būklės ir kitų sudaromųjų. Straipsnyje aprašytos naudojamos šildymo ir vėdinimo sistemos, jų sudaromosios dalys. Pateikta pastatų šildymo ir vėdinimo sistemų analizė jų veikimo principai bei naudojimo galimybės. Aptartos galimos vystymosi perspektyvos. Atliktas apžvalgos apibendrinimas ir pateiktos išvados.

Reikšminiai žodžiai: pastatas, patalpa, šildymas, vėdinimas, vėsinimas, efektyvumas, faktorius.

Išvadas

Pastatuose patalpų visasezoniniam kokybiškam mikroklimatui užtikrinti, naudojamos šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemos. Šilumos kiekis, sunaudotas pastatui šildyti, proporcingas šildymo sezono trukmei ir jos vidutinei lauko oro temperatūrai. Pagal stebėtus daugiamečius suvartotus šilumos kiekius, yra sudaromi skaitiniai šilumos rodiklių duomenys. Šie rodikliai ir juos atitinkančios sąlygos šildymo technikos praktikoje - vadinamos norminėmis sąlygomis. Kiekvieną šildymo sezoną šie rodikliai būna skirtingi, o tame pačiame pastate, esant skirtingai metinei temperatūrai, šilumos sąnaudos skiriasi. Todėl inžineriniai skaičiavimai yra siejami su pastatų ilgalaikiais šilumos poreikiais, ir atliekami esant normaliomis sąlygomis (Martinaitis V. 2012).

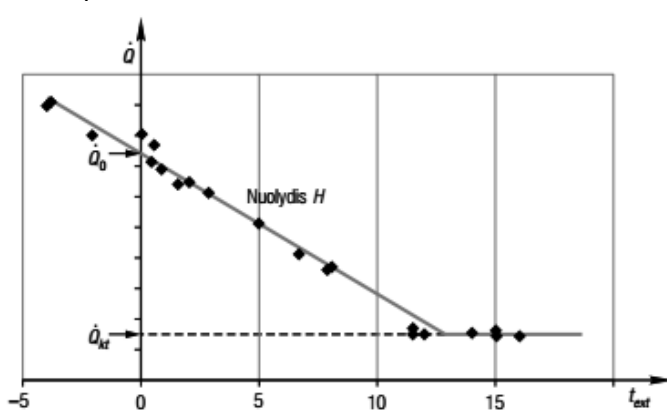
Gyvenamųjų ir viešojo naudojimo pastatų patalpų šiluminio komforto ir pakankamos šiluminės aplinkos pagrindiniai parametrai yra oro temperatūra, juntamoji temperatūra, oro judėjimo greitis, santykinė oro drėgmė bei atitvarų paviršiaus ir patalpos temperatūrų skirtumas.

Pastato šildymui suvartotos energijos kiekio priklausomybė nuo lauko temperatūros nustatoma taikant energijos parašo formulę. Energinio parašo sąvoka pradėta vartoti prieš keletą dešimtmečių, o šiuo metu ji jau yra ir tarptautiniuose standartuose (LST EN 15603:2008). Pastato energinio parašo formulė:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_0 - H t_{ex} \quad (1)$$

čia t_{ex} yra vertinamojo matavimo laikotarpio vidutinė lauko oro temperatūra, $^{\circ}\text{C}$ ir ją atitinkanti galia $\dot{Q}$, kW .

Šildymo sezono metu gautų duomenų brėžiama aproksimuota linija, mažėjanti aukštesnių temperatūrų link. Gautas grafikas pateiktas 1 pav.



1 pav. Pastato energinio parašo esmė (Martinaitis V. 2012)

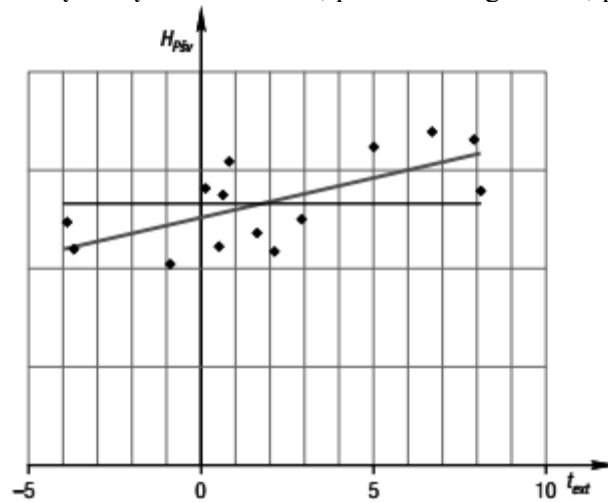
Nuolydis H rodo pastato jautrumą lauko oro temperatūrai – kuo didesnis nuolydis, tuo prastesnė yra pastato šiluminė izoliacija.

Atliekant šilumos poreikių analizę reikia taikyti viso pastato savitųjų šilumos sąnaudų šildymui ir vėdinimui charakteristiką rodančią pastato šilumines savybes. Savitųjų šilumos sąnaudų charakteristika, (W/K) :

$$H_{P_{šv,i}} = \frac{Q_{šv,i}}{24(t_{in,i} - t_{ex,i})z_{f,i}}, \quad (2)$$

čia: $Q_{šv,i}$ – šilumos kiekis reikalingas patalpai / pastatui, kWh; $t_{in,i}$ – tiekiamo oro temperatūra, °C; $t_{ex,i}$ – šalinamo oro temperatūra, °C.

Pastato savitųjų šilumos sąnaudų charakteristika, pavaizduota grafiškai, pateikta (2 pav.).



2 pav. Pastato savitųjų šilumos sąnaudų charakteristika (Martinaitis V. 2012)

Pagal šią pastato charakteristiką matomas išvelgti šildymo įrangos ar pastato vartotojų elgsenos problemos. Galima greitai pastebėti padidėjusias atskirų laikotarpių šilumos vartojimo reikšmes, o tai gali reikšti valdymo ar apskaitos įrangos gedimus problemą arba neteisingą duomenų registravimą (Martinaitis V. 2012).

Išsianalizavus pastatą galima parinkti mikroklimatui užtikrinti reikalingas sistemas. Svarbiausia mikro klimato užtikrinimo elementai yra šildymas ir vėdinimas.

Šildymas. Populiariausias patalpų šildymo būdas Lietuvoje yra šildymas radiatoriais – toks šildymas įrengtas 83 % gyvenamųjų namų (www.veidas.lt).

Lietuvoje mikroklimato parametru palaikymą šalia skirtingu aukščių stikliniu paviršių aprašė A. Jurelionis ir E. Isevičius (Jurelionis A. 2008). Šie mokslininkai pateikė išnagrinėtus temperatūrinius laukus ne tik esant skirtingam stiklinės pertvaros ir patalpos aukščiui, bet ir esant įrengtoms palangėms bei skirtingam šildymo prietaisui išdėstymui. Mikroklimato parametrus šalia įstiklintu paviršių taip pat detalai aprašė L. Šeduikytė ir V. Paukštys (Šeduikytė L. 2008).

Energetikos sistemos plėtra yra didelis šiuolaikines rizikos šaltinis. Pasak U. Beck (Beck U. 1998), energetikos sistema turi būti suprantama kaip neišvengiama industrinės visuomenės plėtros dalį, kuri kuria grėsmes (pvz., branduolinės katastrofos, ekologinės nelaimės ir t. t.). Energetinis saugumas bei energetikos sistemos plėtros rizika yra susiję ne tik su būtinybe apsirūpinti pigiais ir ekologiškais energetiniais resursais, bet ir energetikos sistemoje glūdinčiais pavojais (pvz., priklausymas centralizuotai šildymo sistemai; branduolinės avarijos pavojus ir t. t.) kurie paliečia kiekvieną žmogų. Net ir praėjus daugiau nei dviem dešimtmečiams po Nepriklausomybės atgavimo, energetikos sistemos saugumo problema bei rizika vis dar išlieka didelė (Augutis J. 2012). Senos statybos energetinei infrastruktūrai ir urbanizacijai būdinga:

- žemi šilumos efektyvumo standartai; prasta statybų medžiagų ir darbų kokybė; reikalavimų;
- neatitinkantis aptarnavimas ir eksploatacija.

Senos statybos namų maža šilumos varža. Dažniausios problemos – nesandarūs langai ir durys, netolygus šilumos tiekimas, nepakankamas pamatų ir stogo apšiltinimas. Daugelio standartinių blokinių namų izoliacija tarp betoninių plokščių sparčiai suprastėdavo ir tapdavo pralaidi orui ir netgi lietui (Buzar S. 2002).

Geram mikroklimatui pastato patalpose užtikrinti reikalinga vėdinimo sistema.

Vėdinimas. Pastato vėdinimo sistemos gali būti kelių tipų:

- natūralaus vėdinimo;
- mechaninio vėdinimo be šilumogrąžos;
- mechaninio vėdinimo su šilumogrąža.

Natūralaus vėdinimo sistema

Ši sistema naudojama, kai tiekiamo ar šalinamo oro nereikia valyti, o naudotojas, nekenkdamas kitiems, gali užtikrinti gerą mikroklimatą ir švarų orą. E. Juodžio straipsnyje (Juodis E. 2009) teigiama, kad natūralus patalpų vėdinimas nepatikimas, todėl projektuojant natūralią vėdinimo sistemą rekomenduojama padidinti oro apykaitą gyvenamosiose patalpose bent iki 0,7 karto per valandą.

Mechaninis vėdinimas

Mechaninis vėdinimas - naudojamas, kai nėra natūralaus vėdinimo arba jis patalpoje neužtikrina tinkamo mikroklimato. Efektyvi mechaninio vėdinimo sistema yra tokia kuri užtikrina šilumos regeneravimo funkciją ir galimybę reguliuoti oro srautus pagal poreikį. Naudojant tokią sistemą galima labai sumažinti šilumos išlaidas. Vienbučio gyvenamojo namo mechaninio vėdinimo sistema pateikta 3 pav.



3 pav. Vienbučio gyvenamojo namo mechaninio vėdinimo sistema: 1 - vėdinimo įrenginys, 2 - triukšmo slopintuvai, 3 - ortakiai, 4 - lauko grotelės, 5 - vidinės grotelės, 6 - alkūnės, 7 - sklendės, 8 - movos, 9 - valdymo pultas, 10 - atšakos, 11 - pereiga, 12 - lankstus ortakis, 13 - šiluminė izoliacija, 14 - tvirtinimo detalės, 15 - lanksčios jungtys, 16 - atbulinės traukos sklendės (Stanionis D. 2001)

C. Dimitroulopoulou straipsnyje (Dimitroulopoulou C. 2012) akcentuojama, kad blogam orui jautriausi vaikai ir senyvo amžiaus žmonės. Straipsnyje apžvelgti įvairių šalių norminiai dokumentai, apie patalpų mikroklimato parametrus. Pastebėta, kad daugelyje šiaurės bei vakarų Europos valstybių teisės aktuose nurodoma minimali būtina oro apykaita 0,5 karto per valandą, tokia pati norma ir Lietuvoje.

Šaltuoju metų laiku žmonės vidutiniškai iki 90 % viso savo laiko praleidžia uždaroje patalpoje, daugiausiai – savo namuose. Beveik visuose Lietuvoje esančiuose senos statybos bei 95 % renovuotuose ir naujai pastatytuose daugiabučiuose pastatuose įrengta natūrali vėdinimo sistema (Dargis G. 2009).

Bet kokį, o ypač – gerai apšildintą ir sandarų pastatą, būtina vėdinti, nes blogai vėdinamose patalpose kaupiasi anglies dioksidas, drėgmė ir teršalai, didėja mikrobiologinis užterštumas, veisiasi pelėsis. Vėdinimo sistema taip pat naudojama tam kad užtikrintu šildymo katilu darbo saugumą, išskaidytu kvapus ir susikaupusius teršalus (www.smlpc.lt).

Šilumokaičiai. Iš patalpų šalinamo oro šilumą gali perduoti tiekiamam į patalpas orui, šiam tikslu naudojami šilumokaičiai. Taigi vėdinimo sistemos su šilumokaičiu gali apšildyti patalpas ir tuo pačiu mažinti prarandamos šilumos kiekį per natūralias ventiliacijas. 1 lentelėje pateikti šilumokaičių tipai ir jų privalumai bei trūkumai.

1 lentelė.

Šilumokaičių tipai, privalumai ir trūkumai (Stanionis D. 2001)

Šilumokaičio tipas	Naudingumo koeficientas, %	Privalumai	Trūkumai
Plokštelinis šilumokaitis	50-60	Paprasta ir nebrangi konstrukcija, nėra judančių dalių	Išdžiovina patalpų orą, kai temperatūra lauke – žemiau 0°C, apšąla, krinta naudingumo koeficientas
Rotacinis šilumokaitis	60-85	Aukštas naudingumo koeficientas, šaltuoju metų laikotarpiu atkuria drėgmę patalpose, regeneruoja šaltį kondicionuojamose patalpose, labai	Yra judančių mechaninių dalių: variklis, diržas, guolis, maišosi skirtingi oro srautai, patenka kvapai (apribotas naudojimas)

Šilumokaičio tipas	Naudingumo koeficientas, %	Privalumai	Trūkumai
		maža apledėjimo tikimybė, geras kainos ir kokybės santykis	
Šilumokaitis su atskirų srautų su tarpiniu šilumnešiu	Apie 50	Tiekiamo ir šalinamo oro srautai gali būti skirtingose vietose	Žemas naudingumo koeficientas, brangi ir sudėtinga konstrukcija, yra judančių mechaninių dalių
Šilumos siurblys	Apie 50	Galima naudoti norint atvėsinti orą patalpose	Žemas naudingumo koeficientas, brangi ir sudėtinga konstrukcija, yra judančių mechaninių dalių
Šilumos vamzdis	Apie 50	Kompaktiškas, maža tikimybė, kad apledės	Žemas naudingumo koeficientas, brangi ir sudėtinga konstrukcija

Plokštelinis šilumokaitis. Standartiniuose plokšteliniuose rekuperatoriuose plokštelės sudėtos sumuštinio principu, tarp plokštelių teka oras, kas antrame tarpelyje ištraukiamas arba paduodamas. Plokštelinio rekuperatoriaus pagrindinis privalumas tas, kad oro srautai visiškai nesimaišo vienas su kitu - tai neleidžia naujai tiekiamam orui įgauti šalinamo oro kvapų (www.paul-rekuperatoriai.lt).

Rotacinis šilumokaitis. Rekuperacinę vėdinimo sistemą su rotaciniu šilumokaičiu yra atspari apledėjimo problemai –normaliomis oro sąlygomis Lietuvoje rotacinis šilumokaitis neužšąla, net esant tarkime -30 °C. Be to, rotacinio šilumokaičio yra didesnis naudingumo koeficientas ir geresnės šaltio grąžinimo charakteristikos, o tai yra aktualu kai namuose veikia oro kondicionavimo sistemos. Vienintelis rotacinių šilumokaičių minusas, tai nedidelis ištraukiamo oro ir šviežio oro srautų maišymasis tačiau gyvenamosiose patalpose tai nesukelia didelių problemų. Juolab, kad žmonėms vaikstant iš vieno patalpos į kitą ir darinėjant duris oro pasimaišymas gaunasi didesnis (www.zemindar.lt).

Šilumokaitis su atskirų srautų su tarpiniu šilumnešiu. Vėdinimo įrenginys kuriame naudojamas šilumogražis su tarpiniu šilumnešiu, privalumas lyginant su kitais šilumogražiais yra tas, kad juose šilumos mainams vykdyti gali būti naudojami įvairūs pastate esantys atlikinės šilumos srautai. Šios vėdinimo įrenginio privalumas yra tai kad nereikia naudoti papildomo šilumokaičio (šildytuvo, kalorifero), nes po šilumogražio pasiekama reikiama oro temperatūra. Taip pat naudojant šaltnešį reikiamu metu galima atvėsinti į patalpą tiekiamą orą (Misevičiūtė V.2011).

Šilumos siurblys. Oriniai šilumos siurbliai bei jų pritaikymo galimybės yra aprašomos tiek Lietuvos, tiek užsienio autorių moksliniuose darbuose bei straipsniuose. V. Sklepovič darbe (Sklepovič V. 2012) tiriamas šilumos siurblio naudingumo koeficientas ir sezoninis efektyvumas. J.F. Urchueguia (Urchueguia J.F. 2008) ir P. Byrne (Byrne P. 2011) siekė išsiaiškinti, kokio tipo šilumos siurbliai yra efektyvesni ir labiau pritaikomi tam tikruose regionuose. S. Chaturvedi (Chaturvedi S. 2014), G. Panaras (Panaras G. 2013) ir E. Bartuševičius (Bartuševičius E. 2010) tyrė šilumos siurblių derinimo galimybes su kitomis sistemomis, bei su atsinaujinančiais energijos ištekliais tai vieni svarbiausių ir aktualiausių darbų, nes mūsų klimatinėmis sąlygomis šilumos siurblys žiemos laikotarpiu negali visiškai užtikrinti šilumos poreikio. Todėl prieš įsirengiant tokią sistemą reikia apmastyti, su kokiomis kitomis sistemomis šis sistema veiks ar gali veikti kartu.

Vėdinimo įrenginiai, sudaryti iš šilumokaičio oras-oras, ventiliatorių ir oro filtrų dažnai vadinami rekuperatoriais. Rekuperatoriaus pagalba „Enso projects“ inžinieriai (www.cityvex.com) modernizuojamiems daugiabučiams pasiūlė Lietuvos sąlygoms pritaikytą šilumos siurbį, kuris naudoja per vėdinimo šachtas išleidžiamo oro šilumą. Šios šilumos pakanka vonių gyvatukams šildyti ar karštam vandeniui ruošti.

Kaip jau minėta daugelio daugiabučių pastatų vėdinimo sistema yra natūrali. Taip vėdinant patalpas prarandama 25-30 % šilumos energijos. Inžinieriai siūlo visiškai naujos konstrukcijos šilumos siurbį, kuris naudoja per daugiabučių vėdinimo šachtas išleidžiamą šilumą. Šis siurblys atsipirktų per priimtina laikotarpį (4-5 metus). Taip pat šis įrenginys skatintų ekologiškos alternatyvios energijos naudojimą, prisidėtų prie išlaidų už šildymą mažinimo ir paspartintų taip sunkiai judančią daugiabučių modernizaciją. Specialios konstrukcijos šilumos siurblys naudoja iš sanitarinių mazgų per daugiabučių vėdinimo šachtas šalinamą šiltą orą ir paimtą šilumos energiją gražina į pastatą. Gauta šiluma gali būti naudojama dviem būdais: rankšluosčių džiovintuvų šildymui arba daliniam karšto vandens pašildymui. Svarbi detalė yra šilumos siurblio ventiliatorius, kuriuo reguliuojamas ištraukiamo oro kiekis, atitinkantis norminius reikalavimus. Tai valdoma oro trauka vasaros metu bei papildomai taupoma šiluma šaltuoju metų laikotarpiu. Šilumos siurblių įrengimo kaštai ir atsipirkimo laikas 9 aukštų 54 butų namui pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė

Šilumos siurblių įrengimo kaštai ir atsipirkimo laikas 9 aukštų 54 butų namui (www.cityvex.com)

Energijos kiekis:	
Šilumos energijos kiekis iki modernizacijos	122 801 kWh/metus
Pagaminta šilumos su šilumos siurbliais	104 069 kWh/metus
Suvartojama elektros energijos	28 908 kWh/metus
Išlaidos – taupymas:	
Išlaidos iki modernizacijos	8186,38 €/metus
Išlaidos po modernizacijos	3136,54 €/metus
Sutaupoma viso namo	5018,84 €/metus
Sutaupoma vieno buto	93,04 €/metus
Sumažinama anglies dvideginio tarša	504,93 €/metus
Sutaupoma sąlyginio kuro (t naftos ekvivalento)	2,61 €/metus
Tiesioginės investicijos:	
Šilumos siurbliai	8857,97 €
Sistemos montavimo darbai	8149,28 €
Projektavimo darbai, darbų vykdymo priežiūra	811,59 €
Eksploatacija per 4 metus	519,42 €
Banko paskola per atsipirkimo laikotarpį	1069,28 €
Iš viso:	19407,54 €
Dalyvaujant modernizavimo programoje	15381,45 €
Atsipirkimo laikas:	3,87 m
Atsipirkimo laikas dalyvaujant modernizavimo programoje:	3,06 m
Papildoma nauda:	Galima rinktis gyvatukus nebūtinai atsparius korozijai; Papildomai taupyti tiekiamo vandens temperatūrą; Sumažėja aplinkos tarša

Šilumos siurblio efektyvumas skaičiuotas vienam tipiniam 9 aukštų, 54 butų daugiabučiui. Toks daugiabutis per metus už karšto vandens cirkuliaciją moka 8185,50 eurų. Tai ne tik dėl prastos vamzdinių izoliacijos rūsiuose, bet ir didelių nuostolių per vonių vėdinimo šachtas. Šilumos siurbliams ant tipinio 9 aukštų namo įrengti reikėtų apie 20289,85 eurų.

Matoma, kad šildymas su vėdinimo sistemomis yra aktualus. Kadangi galima ne tik palaikyti reikiamas mikroklimato sąlygas, bet ir taupyti šilumos energiją.

Situacijos gerinimo galimybių analizė ir perspektyvos. Europos Parlamentas įpareigojo nares šalis mažinti pastatų suvartojamos energijos kiekį, todėl užsienio specialistai Lietuvoje, ir kitose šalyse išnagrinėjo renovacijos bei mažai energijos vartojančių pastatų projektavimo ir statybos patirtį. Lietuvos inžinieriai perėmė iš kitų valstybių jau taikomas bei naujas koncepcijas tinkamas Lietuvos klimatui (Venckus V. 2010).

Lietuvoje yra virš 2,3 mln. pastatų. Apie 20 % visų pastatų bendro užimamo ploto sudaro visuomeninės paskirties pastatai, iš kurių net 63 % pastatyti 1961–1990 metų laikotarpiu. Dauguma minėto laikotarpio pastatų iki šiol nėra renovuoti, energijos sąnaudų požiūriu jie yra neefektyvūs taip pat šių pastatų pertvaros neatitinka dabartinių reikalavimų. 2007 metais Lietuvoje buvo renovuotas 221 namas, 2008 metais – 76 namai, o 2009 metais – 100 namų. Pagal pateiktus duomenis galima teigti, kad daugiabučių namų renovacija Lietuvoje niekaip neišsibėgėja. 2009 metų renovuotų namų skaičius, palyginus su 2007 metais, sumažėjo 2,21 karto arba (121 %) (Ramaška S. 2010).

Nors jau išsibėgėjo trečiasis nepriklausomybės dešimtmetis, tačiau įvairių šaltinių duomenimis, atnaujintų daugiabučių kol kas yra tik iki 1 % Lietuvoje sudėtinga rasti duomenis apie daugiabučių renovaciją – kadangi šalyje nėra vieningos daugiabučių namų atnaujinimo statistikos, sudėtinga gauti duomenis, kur ir kokie buvo atnaujinimo darbai, kokia jų piniginė vertė. Kalbant apie anksčiau prasidėjusią daugiabučių namų renovaciją, iki 2004 metų pagal daugiabučių namų atnaujinimo programas buvo iš dalies ar visiškai renovuoti tik apie 700 daugiabučių. Kito šaltinio – Lietuvos šilumos tiekėjų asociacijos duomenimis, nuo 1998 iki 2014 metų spalio mėnesio visiškai renovuotų pastatų yra apie 664 daugiabučiai, iš dalies 317 (www.lsta.lt).

Pastatai, Lietuvoje visuomet turės būti šildomi ir vėdinami, todėl aišku, kad šildymo ir vėdinimo sistemos pastoviai tobulinamos. Didės šių sistemų efektyvumas, nes tobulėja technologijos užtikrinančios pastatų šildymą ir vėdinimą. Tai begalinis procesas, kadangi poreikis pastovus ir begalinis.

Ateityje greičiausiai neliks atskirų šildymo, vėdinimo ir vėsinimo sistemų, jos bus apjungtos į vieningą sistemą. Tokiu būdu bus sutaupoma vieta, įrangos montavimui, padidės eksploataavimo efektyvumas, o sutrumpės montavimo laikas ir sumažės eksploataavimo kaštai.

Išvados

Renovacija turėtų vykti sparčiau. Nepalankios pastatų renovacijos sąlygos. Renovacijos sąlygos neskatina renovuotis, todėl renovacijos tempai lėti. Turėtų būti peržiūrėtos renovacijos skatinimo sąlygos.

Maža finansinė parama, namų savininkams, renovuojant daugiabutį.

Šaltinių duomenys nesutampa, nes nėra vieningos sistemos, pateikiančios informaciją apie daugiabučių namų renovaciją.

Literatūra

1. Augutis J. Energetinio saugumo lygio vertinimas – metodologiniai siūlymai. 2012.
2. Bartuševičius E. Šildymo katilinės efektyvumo didinimas panaudojant šilumos siurbį. 2010.
3. Beck U. The Politics of Risk Society in The Politics of Risk Society, ed. J.Franklin. Cambridge: Polity Press. 1998.
4. Byrne P. Experimental study of an air – source heat pump for simultaneous heating an cooling. 2011.
5. Buzar S. Energy Poverty in the EU: a review of the evidence. School of Geography, Earth and Environmental Sciences, University of Birmingham, 2002.
6. Chaturvedi S. Solar – assisted heat pump – A sustainable system for low – temperature water heating applications. Energy Conversion and Management, 2014. Vol. 77:550-55.
7. Dargis G. Hibridinis vėdinimas – optimalus energijos išteklių tausojimo būdas. UAB „Aereco vėdinimo sistemos“, 2009.
8. Dimitroulopoulou C. Ventilation in European dwellings: a review, Building and Environment. 2012. Vol. 47 109-125.
9. Juodis E. Vėdinimas: vadovėlis. Vilnius: Technika, 2008. p. 400.
10. Jurelionis A., Isevičius E. Cfd predictions of indoor air movement induced by cold window surfaces, Journal of Civil Engineering and Management, 2008. Vol. 14, Iss. 1 29-38.
11. LST EN 15603:2008. Energetinės pastatų charakteristikos. Visuminis energijos suvartojimas ir energetinių parametrų apibrėžtis.
12. Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija. „Daugiabučių gyvenamųjų namų (DGN) atnaujinimo (modernizavimo) statistika 2014m. spalio m. [Žiūrėta 2018-04-18]. Prieiga per internetą: [http://www.lsta.lt/lt/articles/view/577?data\[Filter\]\[title\]=statistika](http://www.lsta.lt/lt/articles/view/577?data[Filter][title]=statistika).
13. Martinaitis V., Rogoža A., Šiupšinskas G. Energijos vartojimo pastatuose auditas, Vilnius: Technika, 2012, 124 p.
14. Misevičiūtė V. Procesų integravimo vėdinimo įrenginiuose galimybių vertinimas: daktaro disertacija. Vilnius: Technika. 2009, 122 p.
15. Panaras G. Investigation of the performance of a combined solar thermal heat pump hot water system. 2013.
16. Prarasta šiluma vėl gali šildyti [Žiūrėta 2018-04-18]. Prieiga per internetą: <http://www.cityvex.com/files/publications/STATYK%20straipsnis.pdf>.
17. Plokštelinis rekuperatorius [interaktyvus], [Žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.paul-rekuperatoriai.lt/ploksteliniai-rekuperatoriai-10/lt>.
18. Ramaška S. Daugiabučių gyvenamųjų namų renovavimo galimybės: potencialių klientų nuomonės aspektas mažeikių miesto pavyzdžiu. Šiauliai 2010.
19. Rotacinis rekuperatorius [interaktyvus], [Žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.zemindar.lt/patarimas/vedinimas-ir-energijos-taupymas>.
20. Sklepovič V. Realų šilumos siurblio darbo režimų tyrimas. 2012.
21. [Smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Gyvenamoji_aplinka_ir_sveikata.pdf](http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Gyvenamoji_aplinka_ir_sveikata.pdf) [interaktyvus], [Žiūrėta: 2018-03-11]. Prieiga per internetą: http://www.smlpc.lt/media/file/Skyriu_info/Naudingi_patarimai/Gyvenamoji_aplinka_ir_sveikata.pdf.
22. Stanionis D. Pastatų vėdinimo sistemų montavimo technologinių kompetencijų tobulinimo programos medžiaga. 2001.
23. Šeduikytė L., Paukštys V. Evaluation of indoor environment conditions in offices located in buildings with large glazed, Journal of Civil Engineering and Management, 2008. Vol. 14 Iss.1, 39-44.
24. Urchueguia J.F. Comparison between the energy performance of a ground coupled water to water heat pump system and an air to water heat pump systems for heating and cooling in typical conditions of the Europeab Neduterranean coast, Energy Conversation and Management. 2008.
25. Veidas [Žiūrėta 2018-04-18]. Prieiga per internetą: <http://www.veidas.lt/isigydami-busta-lietuviai-nesidomi-kokia-sildymo-sistema-jame-irengta>.
26. Venckus V., Bliūdžius R., Endriukaitytė A., Parasonis J. Research of low energy house design and construction opportunities in Lithuania, Technological and Economic Development of Economy, 2010. 16:3, 541-554.

TODAY AND THE FUTURE OF BUILDINGS HEATING - VENTILATION TECHNOLOGIES

Summary

The basic parameters of the thermal comfort and adequate thermal environment of residential and public buildings are air temperature, apparent temperature, air movement speed, relative humidity and the difference between the surface of the partitions and the premises. Heating, ventilation and cooling systems are used in buildings to ensure normal macro-climates. The effectiveness of their operation depends on many factors: the condition of the building, the condition of the heating and ventilation system and other constructions. The article describes the used heating and ventilation systems, their component parts. The analysis of heating and ventilation systems of buildings is presented, their principles of operation and possibilities of use. Possible development perspectives are discussed. A summary of the review and conclusions are presented.

Key words: building, room, heating, ventilation, cooling, efficiency, factor.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Mechanical and material engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

STRUVĖS GEODEZINIO LANKO PRIEŠISTORĖ IR VEIKSNIAI, SUDARĘ PALANKIĄ SITUACIJĄ ŠIAM, Į UNESCO PAVELDĄ ĮRAŠYTAM PROJEKTUI, ĮGYVENDINTI

Rūta Puzienė¹, Asta Anikėnienė²

¹Geodezijos ir kadastro katedra, Aplinkos inžinerijos fakultetas, Vilniaus Gedimino technikos universitetas

²Geodezijos katedra, Statybos fakultetas, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija

Anotacija

Struvės geodezinis lankas įtrauktas į UNESCO pasaulinio paveldo sąrašą. Tai unikalus geodezinis projektas. Struvės geodezinis lankas įrengtas 10 dabartinių valstybių teritorijoje. Jį sudaro 258 trianguliacijos trikampiai, 265 geodeziniai punktai. Tokio didelio masto projektą buvo įmanoma įgyvendinti tik turint tinkamai paruoštą techninę bazę. Taip pat dideli finansiniai išteklius. Tai įmanoma tik su viena sąlyga – valstybė turi būti suinteresuota tokio lygio projektu. Turi būti tinkamai susiklosčiusios sąlygos bei valstybinio lygio poreikis atlikti šiuos darbus. Straipsnyje nagrinėjamos to meto mokslo žinios, techninės galimybės. Taip pat tiriamas poreikis tokio masto darbams. Pateikiama veiksnų suma, leidusi Struvės geodezinio lanko įrengimą bei matavimus.

Reikšminiai žodžiai. Struvės geodezinis lankas, UNESCO pasaulinio paveldo sąrašas.

Išvadas

Struvės geodezinis lankas jungia Juodąją jūrą ir Arkties vandenyną ir driekiasi per dešimt dabartinių valstybių. Jo ilgis virš 2820 km. Trianguliacijos tinklą sudaro 258 trikampiai ir 265 geodeziniai punktai. Matavimai atlikti teritorijoje nuo Juodosios jūros iki Arkties vandenyno. Tai labai didelis mokslinis-praktinis projektas, kuris būtų nemažas iššūkis ir mūsų laikų specialistams.

Iš pradžių Struvės geodezinis lankas nebuvo planuotas ir projektuotas kaip vieningas didelio masto mokslinis objektas. Toks milžiniškų išteklių reikalaujantis projektas turėjo turėti svarų praktinį pagrindą. Kur šito objekto ištakos ir kas sąlygojo tokio masto darbus, reikalaujančius tiek didžiulių finansinių resursų, tiek diplomatijos meno, tarpvalstybinio Rusijos imperijos ir Švedijos – Norvegijos unijos bendradarbiavimo? Kur tas katalizatorius? Galima išskirti keletą faktorių, kurių suma bei eiliškumas sąlygojo šio projekto gimimą ir įgyvendinimą:

- XVI a. V. Snellius pirmą kartą pasiūlo trianguliacijos taikymo principus. G. Frisius savo leidinyje pateikia suformuotą trianguliacijos tinklo metodiką. Gana ilgą laiką šis metodas taikytas fragmentiškai, pvz., 1540 m. G. Merkatorius, G. Frisius mokinyš, pakloja keletą trikampių Olandijoje teritorijos kartografavimui [Teterin, 2001: 432]. Iš pradžių buvo įrenginėjami ir matuojami pavieniai trikampiai, po to pradėta juos jungti po keletą ir, galų gale imta sudaryti trianguliacijos tinklo grandines. Rusijoje, kur ir pradėtas Struvės geodezinio lanko projektas, trianguliacijos metodas pradėtas naudoti plačiau XVIII – XIX amžių sandūroje.

- XVIII amžiaus pabaigoje XIX amžiaus pradžioje vis sparčiau vystėsi pramonė, buvo pagaminama vis daugiau produkcijos, plėtėsi prekybos keliai. Taip pat vyko karai, o tiek vienai, tiek kitai sričiai reikėjo turėti gerai kartografuotą vietovę. Ypač karybos srityje, Rusijai perėjus nuo pasenusio karybos būdo, kai dvi armijos kaunasi išsirikiavę viena linija, prie Europoje taikomo karybos meno (iniciatorius – A. Suvorovas). Taikant naujus, A. Suvorovo įvestus karybos metodus, bet kokia vietovė tapo tinkama mūšiu. Karvedžiui tekdavo išsiaiškinti vietovės privalumus bei trūkumus. Šiam tikslui pasiekti reikėjo stambaus mastelio topografinių vietovės planų [<https://www.gsi.ru/art.php?id=446>]. Tačiau XIX amžiaus pradžioje tikslų vietovės planų, žemėlapių nebuvo, o geodezinio tinklo Rusijos imperijoje buvo padengta be galo mažai teritorijos. Esama palyginti negausi kartografinė medžiaga nebuvo susieta su vietovės objektais, taip pat nebuvo tiksli.

- Trūko tikslesnių žinių apie žemės formą [Teterin, 2001:432], reikalingų kartografijos poreikiams patenkinti.

- Trianguliacijos tinklas iki to laiko buvo matuojamas naudojant ne itin tikslūs prietaisus (1pav.): astrolabią, kvadrantus. 1784 metais geodezijos matavimas naudojamų prietaisų srityje buvo padaryta svarbių išradimų: Etienne Lenoir – sukurtas tikslus kampų matavimo prietaisas – kartotinis ratas, 1787 m. Jesse Ramsden britų užsakymu sukonstravo pirmąjį teodolitą. Šiais prietaisais buvo galima tiksliai matuoti kampus.



a



b

1 pav. a) astroliabija, b) kvadrantas

(<http://lifeglobe.net/entry/1845>), (<http://celestialnavigation.net/resources/navigational-instruments/>)

- 1747 m. C. Kassini padarė savotišką proveržį teritorijų kartografavimo srityje. Jis, remdamasis trianguliacijos metodu, pradėjo kartografuoti Prancūzijos teritoriją [Teterin, 2001:432]. XVIII – XIX a. kartografuoti savo teritorijas pradėjo ir kitos Europos šalys.

Šių visų mokslinių – techninių pažangos faktorių suma, tame tarpe ir praktiniai valstybės poreikiai, kuriais remiantis pradėti plataus masto geodezinių tinklų Rusijos imperijoje įrenginėjimo darbai, leido V. Struvei su bendražygiais praktiškai įgyvendinti šio didelės apimties geodezinio lanko įrengimo bei išmatavimo idėją, išsirūpinti finansavimą iš caro Aleksandro I, o po to iš Nikolajaus I [Novoškanova, 1957]. Taip pat šių palankiai susiklosčiusių aplinkybių rezultate pasiektas tarpvalstybinis susitarimas, įgalinantis matavimus vykdyti per dvi valstybes, pritariant Švedijos – Norvegijos karaliui Oskarui I, bendradarbiausiant švedų, norvegų, rusų mokslininkams, kariškiams.

Tačiau praktiškai nuo nulio pradėjus įrenginėti geodezinius tinklus, kartografuoti vietovę, reikėjo vystyti, plėsti šiais darbais užsiimančią įstaigą, rengti kvalifikuotus darbuotojus, įsigyti tinkamą įrangą. Iki Struvės geodezinio lanko darbų pradžios buvo po truputį plėtojama teritorijos kartografavimo veikla, įsteigtas Žemėlapių departamentas. Jam vykdant veiklą palaipsniui buvo rengiami specialistai, plečiama įstaiga, kol buvo sukauptas pakankamas žmogiškųjų bei technikos išteklių potencialas, kurio dėka tapo įmanoma atlikti Struvės geodezinio lanko įrengimo ir matavimo darbus.

Tyrimo objektas – Struvės geodezinis lankas.

Tyrimo tikslas – įvertinti išorinius istorinius aspektus, sudariusius palankias sąlygas trianguliacijos grandinei, vadinamai Struvės geodeziniu lanku, įrengti.

Tyrimo uždaviniai – įvertinti technologines galimybes, valstybės poziciją trianguliacijos tinklų įrengimo darbų klausimu; t.p. nustatyti faktorius, lėmusius palankiai susiklosčiusias aplinkybes šiam grandioziniam projektui įgyvendinti.

Geodezinio Struvės lanko priešistorė. Specialistų poreikis bei paruošimas

Struvės geodeziniam lankui savotišką pradžią davė tas faktas, jog tuo metu Europa, o ypač Rusija neturėjo tinkamų žemėlapių. Pradėjus vystyti prekybą, o ypač kariniams tikslams nebuvo tinkamų vietovės planų, žemėlapių. Esami buvo netikslūs, sudarinėjami atskiroms vietovėms, jas matuojant grandinėmis bei varų matavimo instrumentais (specialūs vežimo ratai) [Teterin, 2001: 432], kurios nebuvo siejamos su aplink esamomis teritorijomis. Iš kelių tokių planų darydami vieną, tiesiog sujungdavo “iš akies” derindami esamus nubraižytus planus. Nebuvo geodezinio tinklo, punktų pagal kuriuos būtų galima koordinuoti objektus bei sudaryti tikslus, kokybiškus žemėlapius. Dėl nekartografuotos vietovės, o jei dalis ir buvo kartografuota, tai didelių kartografavime naudojamų metodų tikslumo trūkumų kildavo nemažų problemų praktiniams tikslams naudojant esamus žemėlapius.

1801 m. liepos 31 d. Žemėlapių departamento vadovu, generolu – inžinieriumi, paskiriamas Petras Kornilovičius fon Suchtelenas (2 pav.), turintis ypatingą vyriausybės bei Jo Didenybės Imperatoriaus pasitikėjimą. P. Suchtelenas pripažino, jog pirmas ir svarbiausias tikslas geodezijos srityje, siekiant turėti tinkamą kartografinę medžiagą – turėti pagrindinius geodezinius punktus su žinomomis koordinatėmis [Teterin, 2001:432]. Tam tikslui reikėjo įrengti geodezinius tinklus, atlikti tikslus jų matavimus.



П.К. Сухтелен

2 pav. P. Suchtelenas

(<https://www.qsi.ru/art.php?id=446>)

Aštuonerių vadovavimo metų užteko, jog būtų padaryti pokyčiai, turėję tęstinumą. Jau pirmais metais iš imperatoriaus buvo išrūpintas leidimas valdininkams, dirbusiems Žemėlapių departamente ant uniformų nešioti antsiuvus, pagal išvaizdą atitinkančius buvusio leib – gvardijos Artilerijos bataliono, tik ne auksinius, kaip leib – gvardiečių, bet sidabrinus, tuo pakeliant Žemėlapių departamento darbuotojų statusą.

P. Suchtelenas pasirūpino strategiškai svarbiausių vietovių nuotraukomis, jo nuomone, reikalavusiomis kuo greitesnio darbų užbaigimo: vietovių, esančių už Nevos upės tarp Suomų įlankos ir Ladogos ežero iki Vygorskio gubernijos, Estliandijos pakrančių nuo Narvos žiočių iki Lifliandijos sienų ir dalies Volynės gubernijos, besiribojančios su Austrija. Siekdamas departamentą aprūpinti kasmet užsienyje išleidžiamais naujaisiais žemėlapiais, 1802 metais buvo duotas nurodymas skirti kasmet 1000 červoncų jų įsigijimui. Šis nurodymas leido sukaupti turtingą naujaisių žemėlapių, planų, memuarų kolekciją.

Visą laiką buvo vykdomi Rusijos teritorijos kartografavimo darbai, įtraukiant ir kaimyninių valstybių pakraščius. Buvo sudarytas Rusijos žemėlapis, vėliau pavadintas šimtalapiu žemėlapiu. Vienas didžiausių P. Suchovo nuopelnų – jis pirmasis pastebėjo, jog svarbų Šimtalapio žemėlapių trūkumą – visiškai nebuvo patikimų punktų, pagal kuriuos būtų galima tiksliai susieti žemėlapi su vietove. Nesant geodezinio tinklo, jis suprato būtinybę iš pradžių turėti nors keletą punktų, kurių koordinatės būtų nustatytos astronominiu būdu.

Siekiant koordinuoti punktus, kloti geodezinius tinklus, departamentui reikėjo turėti kompetentingų specialistų. 1802 m. tam tikri karininkai buvo paskirti mokytis astronomijos pas akademiką Šubertą. Pirmieji karininkai, nusiųsti mokytis buvo: pulkininkas Dovre, majoras Fridericijus, kapitonas Neidgartai, poručikai Tesliavai, Gartingas, Teneris ir Ivanovas. Mokymai truko du metus ir buvo baigti 1804 m.

Kaip matome, šiame sąraše figūruoja būsimoji trianguliacijos tinklo įrengimo Lietuvos teritorijoje vadovas K. Teneris. Baigę mokslus karininkai išsiųsti į parinktus miestus nustatyti ilgumos ir platumos. Gauti duomenys naudoti Šimtalapio žemėlapių gamybos darbuose.

Šiais koordinacijų nustatymo darbais buvo apsiribota ir taškų koordinavimo darbai sustabdyti ilgam laikotarpiui. P. Suchtelevo nuopelnas yra tame, jog jis suprato koordinuotų punktų svarbą, jo nurodymu departamento darbuotojai buvo apmokyti ir įgavo reikalingų žinių bei gebėjimų, kurie pravertė tolimesnėje jų veikloje.

Pasikeitus Departamento vadovui, jokia nauja veikla nebuvo vykdoma.

1812 m. vasario 28 d. žemėlapių departamentas pervadintas į Karo – Topografijos departamentą, įtrauktas į karo ministerijos sudėtį ir tapo tiesiogiai pavaldus Karo ministrui. Departamentas buvo suskirstytas į penkis skyrius, iš kurių vienas buvo atsakingas už astronominius stebėjimus ir trigonometrines nuotraukas, reikalingas didelių teritorijų kartografavimui. Karininkams, dirbusiems Karo – Topografijos departamente, atlyginimas buvo mokamas neatsižvelgiant į jų kaip kariškių dėl atliekamos tarnybos gaunamas algas [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

Karo – Topografijos departamentui laikotarpis, kai šis buvo tiesiogiai pavaldus Karo ministrui, naudingas buvo ir tuo, jog buvo gauta visiškai naujų prietaisų, departamentas buvo pertvarkytas, suskirstytas į skyrius pagal atliekamus darbus. Kadangi tuo metu dar nebuvo valdininkų priklausančių tik departamentui ir neužsiimančių karyba, vykstant karui su Napoleonu, naujų geodezinių tinklų įrengimas, žemėlapių, planų leidyba buvo beveik sustojusi. Tačiau, nepaisant iškilusių sunkumų, tuo metu buvo atlikta keletas darbų, tame tarpe K. Teneris su poručiku Ivanovu nutiesė bandomąjį trianguliacijos tinklą apie Suomų įlanką tarp Sankt Peterburgo, Revelio (Talino) ir Derpto (Tartu) miestų.

1816 metais gegužės mėn., caro Aleksando I įsakymu departamentas, pertvarkant visą kariuomenės struktūrą ir pavaldumą, iš tiesioginio pavaldumo Karo ministrui perėjo į Jo Imperatoriškosios Didenybės

Generalinio štabo sudėtį. Šitaip departamentas tapo pavaldus kunigaikščiui Volkonskiui, vadovaujančiam Generaliniam štabui [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

Geodeziniai instrumentai buvo perduoti Mechanikos dirbtuvėms, taip pat buvo išleistas įsakymas karininkams, kurie būdavo komandiruoti atlikti valstybinės reikšmės geodezinių, kartografavimo darbų, mokėti dienpinigius komandiruočių metu nuo 2 iki 1 rublio į dieną, priklausomai nuo rango, kas tuo metu buvo nemaži pinigai. Taip buvo siekiama pagerinti darbuotojų darbo sąlygas komandiruočių metu.

1821 m. birželio mėn. pervadintos Mechanikos dirbtuvės ir joms be kitų darbų patikėta gaminti „matematinis, optinius ir fizinius prietaisus“ [Karo topografijos departamento užrašai, 1837]. Taip pat privalu buvo paruošti keletą mokinių, kurie dalyvautų atliekant geodezinius darbus ir vietoje taisytų smulkius prietaisų gedimus.

Šių aukščiau pateiktų Departamente vykdytų pokyčių pasekoje įstaiga tapo įgali vykdyti geodezinių tinklų įrenginėjimo darbus visoje Rusijos imperijos teritorijoje tiek valstybiniais, tiek privatiems tikslams. Buvo parengti tinkamai paruošti specialistai, pasirūpinta jų darbo bei komandiruočių finansavimu, buvo sukauptas geodezinių prietaisų arsenalas bei kvalifikuoti specialistai jiems taisyti bei prižiūrėti.

Topografijos korpuso direktoriumi buvo paskirtas generolas – majoras Šubertas (3 pav.).



3 pav. Fiodoras Fridrichas Teodoras Šubertas
(<https://ru.wikipedia.org/wiki/>)

Žmogiškųjų išteklių ruošimas vyko planuotai, koordinuojant jų paruošimo procesą. Žemesni valdininkai, pavadinti topografais, priskiriant juos karininkams, privalėjo pademonstruoti geras žinias apie bendruosius mokslus, labai geras matematikos, topografinės nuotraukos ir trigonometrinės nuotraukos atlikimo, planų braižymo ir jų raižymo ant akmens žinias. Pagal žinias ir gebėjimus jie buvo suskirstyti į dvi klases. Specialistų paruošimui Sankt Peterburge buvo įsteigta speciali mokykla, mokiniai turėjo išlaikyti griežtus egzaminus.

Šiuo tikslu buvo siekiama paruošti tinkamą specialistų kiekį Rusijos imperijos kartografavimo darbams bei atsisakyti, esant reikalui, Generalinio štabo karininkų paslaugų, šioms leidžiant dirbti tiesioginį jų darbą. Rengiant atskirus specialistus geodezinių tinklų įrengimui, teritorijos kartografavimui, jie galėjo dirbti savo darbą tiesiogiai, nepertraukiant jo dėl karo tarnyboje iškilusių reikalų.

Į specialistų ruošimą įtraukti savo srities žinovai. Tarp jų 1824 metais, karininkams dėstyti astronomiją, pirmą kartą pakviečiamas V. Struvė, Derptsko universiteto profesorius. Tuo metu Derptsko observatorija Struvės dėka buvo aprūpinta naujausia tuo metu žinoma įranga. Struvė rimtai žiūrėjo į specialistų rengimą. Yra išlikusi dokumentacija, bylojanti, jog 1825 m. lapkričio mėn. gale jis kreipiasi į rektorių su prašymu įsigyti įrangos praktiniams karo topografų užsiėmimams.

Baigę mokslus specialistai būdavo siunčiami atlikti trigonometrinių nuotraukų, tačiau du iš jų būdavo paliekami padėjėjais V. Struvei, kad lydėtų jį į paties profesoriaus atliekamus matavimus [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

1816-1821 Vilniaus gubernijos trianguliacijos tinklo įrengimas ir matavimai

Pirmieji Struvės geodezinio lanko matavimai atlikti 1816 – 1821 m. Vilniaus gubernijoje (4 pav.). Tačiau tuo metu matavimai nebuvo vykdyti Struvės geodezinio lanko įrengimo tikslams. Kadangi Rusijos

imperija tuo metu nebuvo tinkamai kartografuota, buvo vykdomi platūs visos teritorijos kartografavimo darbai. Taip pat buvo atliekami trianguliacijos tinklo bei teritorijos kartografavimo darbai ir Vilniaus gubernijoje.



4 pav. Vilniaus gubernija

(©Lietuvos nacionalinis atlasas, Nacionalinė žemės tarnyba prie Žemės ūkio ministerijos, NŽT)

Matavimai šioje gubernijoje pradėti 1816 m., o baigti 1821 m. Darbams vadovavo K. Tenneris, t.p. dalyvavo šie Generalinio štabo karininkai: kapitonas Messing'as, podporučikas Ditmars'as, praporščikai Gecel'is, Zanden'as, Byrdin'as.

Matavimams naudoti šie instrumentai:

1. 15,4 colių Trautono kartotinis ratas – optinis prietaisas kampų matavimui. Gali išmatuoti vieną ir tą patį kampą keletą kartų (5 paveiksle pateikiamas Bordo kartotinis ratas, kaip matyti, tokio lygio prietaisai ganėtinai skyrėsi nuo mums įprastų teodolitų);



5 pav. Bordo kartotinis ratas
(<https://math.wikireading.ru/147>)



6 pav. Reichenbacho teodolitas

(<http://www.deutsches-museum.de/de/sammlungen/meisterwerke/meisterwerke-i/praezisions-theodolit/praezisions-theodolit-grossansicht/>)

2. 13 colių (33,02 cm) kartotinis Baumanas ratas;
3. 12 colių (30,48 cm) Reichenbacho teodolitas (6 pav.);
4. 6 colių (15,24 cm) Ramzdeno teodolitas, 6 (15,24 cm) ir 8 (20,32 cm) colių teodolitas;
5. N 10 (2,1336 m) sieksnis;
6. Pagrindo matavimui skirtas įrenginys, pagamintas Karo-topografinių reikalų Mechanikos institute;

7. Piometrinis įrenginys, pagamintas Mechanikos institute (taikytas atstumui matuoti skirtų metalinių strypų pokyčiui dėl temperatūros nustatyti);
8. Du Pistoriaus mikroskopai;
9. 18 colių vertikalusis Ertelio ratas (teleskopas, skirtas tik tiksliam dangaus šviesulių koordinacių nustatymui);
10. 6 colių Trautono (Troughton) sekstantas su sumontuotu dirbtiniu horizontu (7, 8 pav.);



7 pav. Trautono sekstantų pavyzdžiai

(<http://prints.rmg.co.uk/art/512597/sextant-by-edward-troughton-circa-1820>, <https://www.the-saleroom.com/en-gb/auction-catalogues/charles-miller-ltd/catalogue-id-srcharl10000/lot-0d34d137-1524-4828-89d3-a3f7007a6856>)



8 pav. Matavimas naudojant sekstantą

(<http://www.ramsden.info/Ramsden/Ramsdens/JesseRamsden.htm>)

11. 6 pėdų Ramsdeno pasažinis prietaisas;
12. 5 pėdų Dolando pasažinis prietaisas;
13. 4 pėdų Ramsdeno pasažinis prietaisas;
14. 3 pėdų Karo – topografinių reikalų Mechanikos instituto pasažinis prietaisas;
15. Sieniniai Gardijaus, Šeltono ir Lepoto laikrodžiai;
16. Dveji žiūronai;
17. Barometrai ir termometrai [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

Vilniaus gubernijos pirmosios klasės trianguliacijos tinklui priklauso 119 trikampių ir 100 punktų, iš jų – 8 bokštai, 21 trianguliacijos piramidė, 71 nuo 5 iki 15 sieksnių aukščio signalas.

Atliekant pirmosios klasės trianguliacijos tinklo matavimus gautos paklaidos: 53 kartus mažiau už 1", 33 tarp 1" ir 2", 26 tarp 2" ir 3", 3 tarp 3" ir 4", kartą – 4,69". Trijų trikampių kampų matavimo paklaidos nežinomos, nes nebuvo įmanoma išmatuoti trečiojo kampo. Iš to seka, jog:

- Vienam trikampiui tenka vidutinė 1,58" paklaida;
- Vienam trikampiui tenka tikėtina 1,78" paklaida;
- Vienam kampui tenka 0,91" vidutinė paklaida;
- Vienam kampui tenka 0,62" paklaida;

Vilniaus gubernijos pirmosios klasės trianguliacijos tinklas turi 11 uždarų poligonų.

Vilniaus gubernijai priklausančiame trigonometrijos tinke buvo išmatuotos trys bazės (bazinės linijos). Viena iš jų matuota žiemą ant Drisviatsko (Drūkšių) ežero, ilgis 5407,150 sieksnių, antra – Pandėlio vietovėje 5531,629 sieksnių ilgio, trečioji Palangos m. vietovėje – 4633,148 sieksnių ilgio. Šios linijos tarpusavyje susietos pirmosios klasės trianguliacijos trikampaiais; tarp pagal trianguliacijos tinklo formules apskaičiuotų ir išmatuotų linijų ilgių gautas labai mažas skirtumas.

Pirmosios klasės tinklo taškų aukščių skirtumai nustatyti naudojant priešpriešinių taškų zenitinius nuotolius, išmatuotus naudojant kartotinius ratas. Nustatytas Palangos punkto, esančio virš Baltijos jūros lygio netoli jūros kranto, aukštis. Kitų taškų aukščiai išskaičiuoti pagal šio taško aukštį, žinant aukščių skirtumus tarp jų.

Trianguliacijos tinklo orientavimui 39 trikampyje pasažiniu prietaisu orientuota linija Nemėžis – Meškonys (nustatytas azimutas) [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

1826, 1827 metais generolas – majoras K. Tenneris pasažiniu prietaisu nustatė Nemėžio, Bristeno pirmosios klasės punktų platumą, Eiteintancų punkto – 18 colių Ertelio ratu. Atliekant darbus dalyvavo: Vilniaus universiteto astronomas Slatvinskis, Vilniaus observatorijos padėjėjas Lašnevičius, Generalinio štabo poručikas Tiufiajevas, podporučikas Chodzko (9 pav.).



a)



b)

9 pav. a) Josifas Chodzko (<https://vsr.mil.by/2017/01/14/geodezicheskaya-duga-struve/>), b) Karlas Tenneris (<https://vsr.mil.by/2017/01/14/geodezicheskaya-duga-struve/>)

1823 m. Eiteintancų punkte štabo – kapitonas generolas taip pat nustatė azimutą pagal Saulės matavimus, nustatytus kartotiniu Trautono ratu.

Vilniaus gubernijos trianguliacijos tinklo punktų koordinatės gautos nuo Meškonių punkto.

Punktų platumos ir ilgumos, šoninių trikampių azimutai apskaičiuoti nuo Nemėžio pagal Puasono formules, imant Valbeko nustatytą Žemės dydį bei paplokštumą.

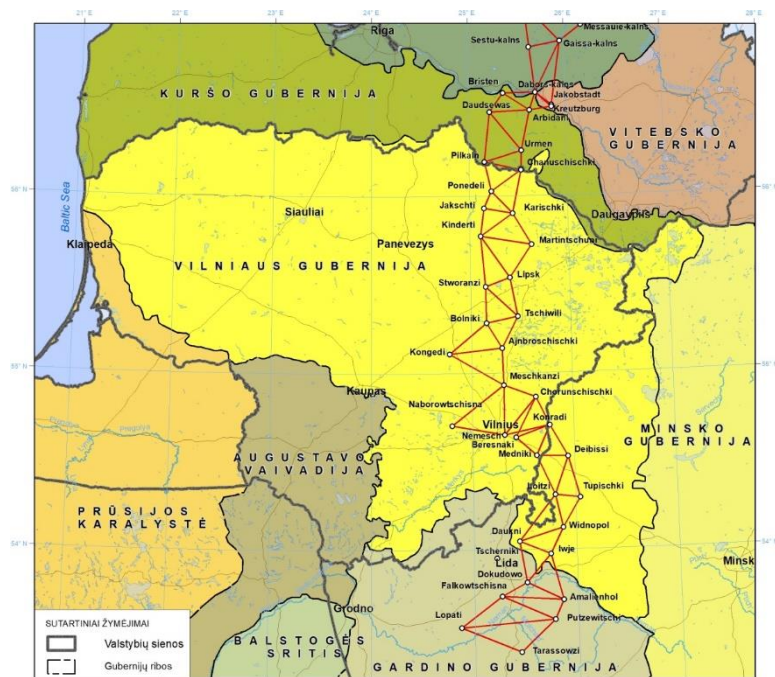
Taip pat Vilniaus gubernijoje daryti šie matavimai bei skaičiavimai:

1818 m. pulkininkas K. Tenneris kartotiniu Trautono ratu nustatė Meškonių punkto platumą, atlikdamas 220 Altairo ir 312 Šiaurės žvaigždės matavimų. Šio taško ilgumos skirtumas nuo Vilniaus observatorijos ilgumos nustatyta K. Tennerio, vykdant matavimus naktį ir sprogdinant paraką, kad vienu metu būtų atliekami matavimai. Parako sprogdinimas buvo atliekamas siekiant duoti ženklą, nes kitokių technologinių galimybių susisiekti žmonėms vienas su kitu vienu metu esant skirtingose vietose nebuvo.

Azimutą K. Tenneris nustatė kartotiniu Trautono ratu 50 kartų atlikęs Saulės matavimus, iš kurių 20 atliko rytais, o 30 – vakarais [Karo topografijos departamento užrašai, 1837].

1832 m. Vilniaus observatorijos astronomas Glušnevičius Vilniaus gubernijos trianguliacijos orientavimui nustatė Nemėžių – Meškonių linijos azimutą Ramzdено pasažiniu prietaisu daugkartiniu pagrindinių žvaigždžių matavimu. Skaičiavimus atliko V. Struvė.

Vilniaus gubernijoje pakloto trianguliacijos tinklo punktai, įtraukti į Struvės geodezinio lanko sudėtį, vaizduojami 10 paveiksle.



10 pav. Vilniaus gubernijoje pakloto trianguliacijos tinklo dalis, vėliau įtraukta į Struvės geodezinio lanko tinklą

Baigus Vilniaus gubernijos trianguliacijos tinklo įrengimą ir matavimus, darbai 1822 – 1826 m. pratęsti Kurliandijos gubernijoje.

Struvės geodezinio lanko matavimai pirmiausia atlikti Vilniaus gubernijoje, tačiau iš istorinių šaltinių akivaizdu, jog tikslingai vien tik šiam projektui tuo metu, matavimai dar nebuvo pradėti vykdyti.

Išvados

Struvės geodezinio lanko darbai unikalūs pasauliniu mastu, šiuo metu įtraukti į UNESCO pasaulio paveldo sąrašą. Tačiau šiam milžiniškam geodeziniam projektui įvykdyti turėjo būti tam tikra mokslinė – techninė bei žmoniškųjų išteklių bazė. Pirmiausia, turėjo būti aprašyta trianguliacijos tinklo metodika. Tačiau vien metodikos neužteko, darbams atlikti turėjo būti išrasti bei pagaminti tinkami geodeziniai prietaisai. Tačiau net turint šiuos komponentus, nesant realaus praktinio poreikio, trianguliacijos tinklas, teritorijos kartografavimas galėjo būti atliekami tik siaurais moksliniais tikslais.

Karų su Napoleono armija metu išryškėjo kokybiškai kartografuotos teritorijos trūkumas. Todėl Struvės geodeziniam lankui atsirasti pirmiausia sąlygojo valstybinio masto poreikis turėti pirmiausia karybai, iš dalies ir prekybos reikmėms tinkamus žemėlapius. Tik atsiradus valstybinio lygio poreikiui, pradėtas plėtoti Žemėlapių sudarymo departamentas, kurio veiklos eigoje buvo pastebėta, jog be geodeziškai orientuotų punktų žemėlapiai nėra tikslūs ir tinkami karybos tikslams. Todėl iškilo poreikis tiesti trianguliacijos tinklus. Atliekant Rusijos teritorijos kartografavimą, tiesiant trianguliacijos tinklus, buvo sudaryta puiki techninė bazė bei paruošti tinkamos kvalifikacijos specialistai. Tačiau turėjo būti valstybės lygiu suinteresuotumas vykdyti šiuos darbus. Tik dėl svarbių valstybės lygmeniu poreikių atsirado galimybė išplėtoti trianguliacijos tinklo darbus, įrengiant Struvės geodezinį lanką, unikalų savo mastu, atliktais darbais bei išgautu rezultatų tikslumu. Tuo metu trianguliacijos tinklo įrengimas kartografavimo tikslais buvo vykdomas pilnu pajėgumu, todėl, valdžios sluoksniuose suvokiant tokių darbų svarbą, buvo sudaryta galimybė pakloti ir Struvės geodezinį lanką.

Darbams atlikti reikėjo ir pakankamo skaičiaus tinkamai paruoštų aukštos kvalifikacijos specialistų. Tuo laiku didžioji visuomenės dalis buvo neraštinga, neišsimokslinusi. Išsilavinusių žmonių buvo kur kas mažiau, nei šiais laikais, todėl iš pirmo žvilgsnio sunku suvokti, jog kandidatų į trianguliacijos tinklo tiesimo darbus buvo mažiau. Esant nacionalinio lygio poreikiui valstybiniu lygiu buvo ruošiami specialistai, pirmiausia iš karininkų gretų, nes žemėlapiai pagrįdė naudoti karybos tikslams. Buvo skiriamas tikslingas finansavimas specialistams paruošti bei darbams atlikti.

Daugelyje šaltinių pateikiama, jog Struvės geodezinio lanko matavimai pirmiausia atlikti Vilniaus gubernijoje. Tačiau atliekant šiuos matavimus jie nebuvo daromi specialiai tik Struvės geodezinio lanko sudarymo tikslams, kaip buvo su vėliau pradėtais daryti matavimais, nusidriekusiais nuo Juodosios jūros iki Arkties vandenyno. Tuo metu tik buvo atliekami Vilniaus gubernijos kartografavimo darbai, įrengiant

trianguliacijos tinklą visoje Vilniaus gubernijoje ir siekiant kartografuoti vietovę. Ir tik maža šio tinklo dalis įtraukta į Struvės geodezinį lanką.

Literatūra

1. Z.K.Novoškanova. Карл Иванович Теннер. М., Изд. геод. литературы, 1957.
2. G.N. Teterin. История геодезии с древнейших времен. Novosibirskas: SGGA, 2001.– 432p.
3. Karo topografijos departamento užrašai. Sanktpeterburgas, 1837 m., 363 p.
4. Lietuvos nacionalinis atlasas. 2016, 114 p.
5. <https://www.gsi.ru/art.php?id=446> [žiūrėta 2018-03-02].
6. <http://lifeglobe.net/entry/1845> [žiūrėta 2018-03-02].
7. <http://celestialnavigation.net/resources/navigational-instruments/> [žiūrėta 2018-03-02].

THE GEODESICAL ARC PREHISTORY AND FACTORS CONTAINING A SUCCESSFUL SITUATION TO IMPLEMENTE THIS PROJECT INTO THE UNESCO HERITAGE

Summary

The Struve geodetic arc is included in the UNESCO World Heritage List. This is a unique geodetic project. The Struve geodetic arc is located in the territory of 10 current states. It consists of 258 triangulation triangles, 265 geodetic points. Such a large project was only possible with a well-equipped technical base. Also substantial financial resources. This is possible only with one condition - the state must be interested in such a project. There must be proper conditions and the need for the state level to carry out these works. The article deals with scientific knowledge and technical possibilities of that time. The demand for such works is also explored. The sum of factors is given, allowing the installation of the geodesic arc and measurements.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Puzienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus Gedimino Technikos universiteto, Aplinkos inžinerijos fakulteto Geodezijos ir kadastro katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: geodezijos mokslo istorija, vertikalieji Žemės paviršiaus judesiai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 670 72931, ruta.puziene@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Asta Anikėnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Statybos fakulteto Geodezijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vertikalųjų Žemės plutos judesių tyrimai, teritorijų planavimas, geografinės informacinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 614 32520, a.anikeniene@vtdko.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Ruta Puziene.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, faculty of Environmental Engineering, department of Geodesy and Cadaster associated professor.

Author's research interests: History of geodetic sciences, vertical movement of Earth surface.

Telephone and e-mail address: 8 670 72931, ruta.puziene@vgtu.lt

Author name, surname: Asta Anikėnienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, Civil Engineering Faculty Department of Geodesy, associated professor.

Author's research interests: vertical earth crust movements investigations, territory planning, geographic information systems.

Telephone and e-mail address: 8 614 32520, a.anikeniene@vtdko.lt.

KTK STUDIJŲ PROGRAMOS „ELEKTRONIKOS TECHNIKA“ BAIGIAMŲJŲ DARBŲ TYRIMAS: PROJEKTINIAI SPRENDIMAI

Marius Saunoris^{1,2}, Artūras Aleksynas¹

¹ Kauno technikos kolegija, ² Kauno technologijos universitetas

Anotacija

Aktualu, kad aukštosiose mokyklose realizuojamos programos būtų modernios, atspindėtų šių laikų aktualijas, būtų kokybiškai realizuojamos. Vienas iš darbų, kurį studentai (padedant vadovui) savarankiškai atlieka yra baigiamasis darbas (BD). Iš esmės jis atspindi studento visų studijų metu įgytus gebėjimus bei žinias. Todėl galima teigti, kad BD yra labai svarbus studijų programos aspektas. Straipsnyje pateikiama Kauno technikos kolegijos studijų programos „Elektronikos technika“ BD analizė, plačiau aptariami BD naudojami projektiniai sprendimai.

Reikšminiai žodžiai: baigiamieji darbai, projektiniai sprendimai

Įvadas

Aukštosios mokyklos siekia realizuoti studijų programas, kurios būtų modernios, atspindėtų šių laikų aktualijas, būtų kokybiškai realizuojamos. BD – tai darbas, kurį studentai (padedant vadovui) atlieka savarankiškai ir kuriame studentai pademonstruoja iš esmės visus per studijų įgytus gebėjimus ir žinias. Tuo remiantis galima teigti, kad BD yra labai svarbus studijų programos aspektas. Jų analizė leistų parodyti, kurios studijų programos sritys yra tobulintinos bei kaip reikėtų juos (BD) vertinti.

Straipsnyje nagrinėjami Kauno technikos kolegijos (KTK) studijų programos „Elektronikos technika“ BD, plačiau aptariami BD naudojami projektiniai sprendimai bei vertinimas.

Tyrimo objektas – KTK studijų programos „Elektronikos technika“ 2014-2016 m. BD.

Tyrimo tikslas – Nustatyti tobulintinas KTK studijų programos „Elektronikos technika“ BD sritis ir pateikti siūlymus BD vertinimui.

Tyrimo uždaviniai:

1. Surinkti informaciją apie studijų programos „Elektronikos technika“ BD ir jų turinį.
2. Atlikti surinktų duomenų statistinę analizę.
3. Parengti rekomendacijas baigiamųjų darbų tobulinimui ir vertinimui.

Tyrimo metodai: turinio analizė.

1. Studijų programos „Elektronikos technika“ BD.

Siekiant tobulinti studijų programas bei siekiant standartizuoti BD vertinimą tiek pasaulyje, tiek Lietuvoje atliekami elektronikos srities studijų programų ir BD darbų analizė [1-4].

KTK realizuojama studijų programa „Elektronikos technika“. Studentai savo studijų trečiųjų metų pavasario semestre rengia BD. Analizuojami 2014 – 2016 m. gynimui pateikti 42 BD. Iš jų 2014 metais pateikta 16, 2015 m. – 12; 2016 m. – 14. BD gynimui pateikė 39 nuolatinį studijų ir 3 išstętinį studijų studentai.

2. Studijų programos „Elektronikos technika“ BD apžvalga.

Studijų programos „Elektronikos technika“ studentai studijuoja tris metus. Prieš analizuojant jų BD buvo išsiaiškinta jų visų trijų metų mokymosi rezultatai. Išsiaiškinta, kad 2014 – 2016 metais baigusią šią studijų programą studentų mokymosi rezultatų vidurkis lygus 7,74.

Kiekvieno studento paruoštas ir pateiktas BD yra recenzuojamas. Nustatyta, kad 2014 – 2016 m. gynimui pateiktų 42 BD recenzentų įvertinimų vidurkis lygus 7.43. Kaip matyti, šis įvertinimų vidurkis nedaug skiriasi nuo studentų mokymosi rezultatų vidurkio.

Galiausiai BD darbai yra ginami viešai kvalifikavimo komisijoje. Išsiaiškinta, kad visų trijų metų BD gynimosi kvalifikavimo komisijoje galutinių įvertinimų vidurkis lygus 7.57. Tai rodo, kad šis įvertinimų vidurkis nedaug skiriasi nuo studentų mokymosi rezultatų vidurkio bei recenzentų įvertinimų vidurkio.

Analizuojant BD bandyta išsiaiškinti kokioms elektronikos inžinerijos sritims galima juos priskirti. BD skirstymo sričių pavadinimai su priskirtais numeriais pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

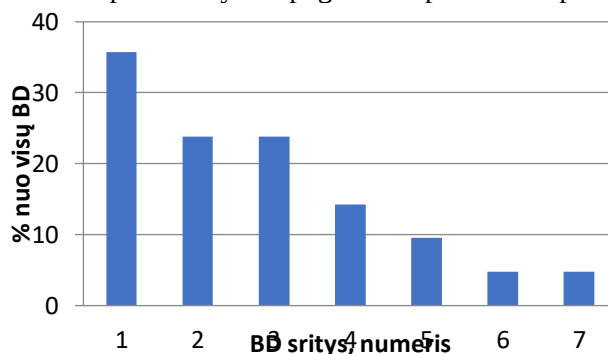
BD skirstymo sričių pavadinimai su priskirtais numeriais

Numeris	BD sritis
1	Buitinė elektronika
2	Bendroji elektronika
3	Audio, video ir vaizdų apdorojimas
4	Komunikacijos ir telekomunikacijos realizavimas

Numeris	BD sritis
5	Tyrimams ir laboratorijoms skirta elektronika
6	Automobilinė elektronika
7	Pramoninė ir medicininė elektronika

Šaltinis: sudaryta autorių

Visi darbai priskiriami bent vienai iš sričių. Pasitaiko ir sudėtingų BD, kurie priskiriami prie kelių sričių. Tai ypač pasakytina apie 4 sritį, nes daugelis dabartinių elektroninių sistemų/prietaisų turi komunikacijas su kitais prietaisais ar kompiuteriu. BD pasiskirstymas pagal sritis pateiktas 1 pav.



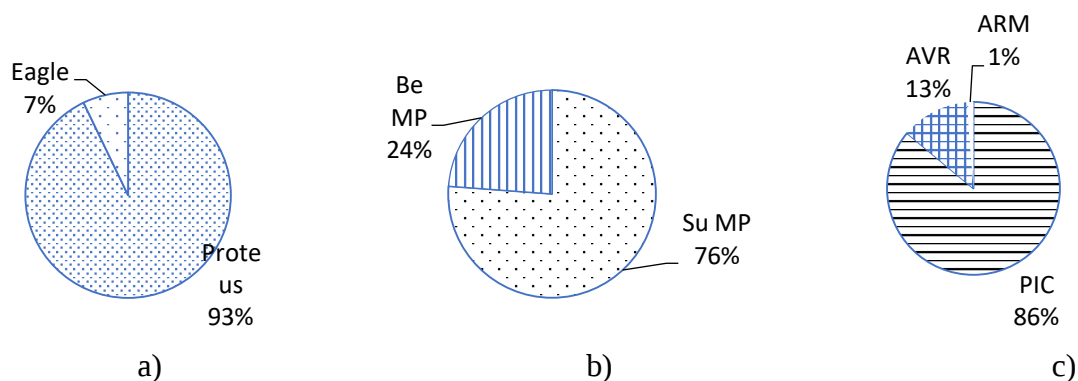
1 pav. BD pasiskirstymas pagal sritis

Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip matyti iš 1 pav., daugiausiai BD yra iš buitinės elektronikos srities. Automobilinės elektronikos srities mažas temų buvimas paaiškinamas tuo, kad KTK yra studijų programa „Transporto elektronika“, kurioje būtent šios temos ir yra nagrinėjamos. Galima teigti, kad BD tematika tobulintina siekiant, kad daugiau būtų BD darbų temų iš pramoninės ir medicininės elektronikos.

Norint praktiškai realizuoti projektuojamą elektroninę sistemą ar prietaisą reikia iš pradžių sudaryti principinę schemą. Vėliau jos pagrindu bei parinkta elementine baze sudaromas spausdinto montažo plokštės modelis. Tam šiuo metu naudojami specializuoti programiniai paketai. Iš analizės rezultatų matyti (2 a) pav.), kad daugiausiai naudojama „Proteus“ programinė įranga. Tai paaiškinama tuo, kad studijų metu būtent šiuo programiniu paketu studentai mokomi sudaryti principinę schemą bei spausdinto montažo plokštės modelį.

Dabartinė elektronikos inžinerija neįsivaizduojama be mikrokontrolerių/mikroprocesorių (MP) panaudojimo. Buvo analizuota, kaip intensyviai studentai savo BD naudoja MP. MP naudojimas BD parodytas 2 b) pav. MP naudojimas atitinka pasaulines tendencijas. Nepasirinkę MP studentai savo darbuose naudoja schemas su analoginiais ir skaitmeniniais mikrograndynais, tranzistoriais ir kt.

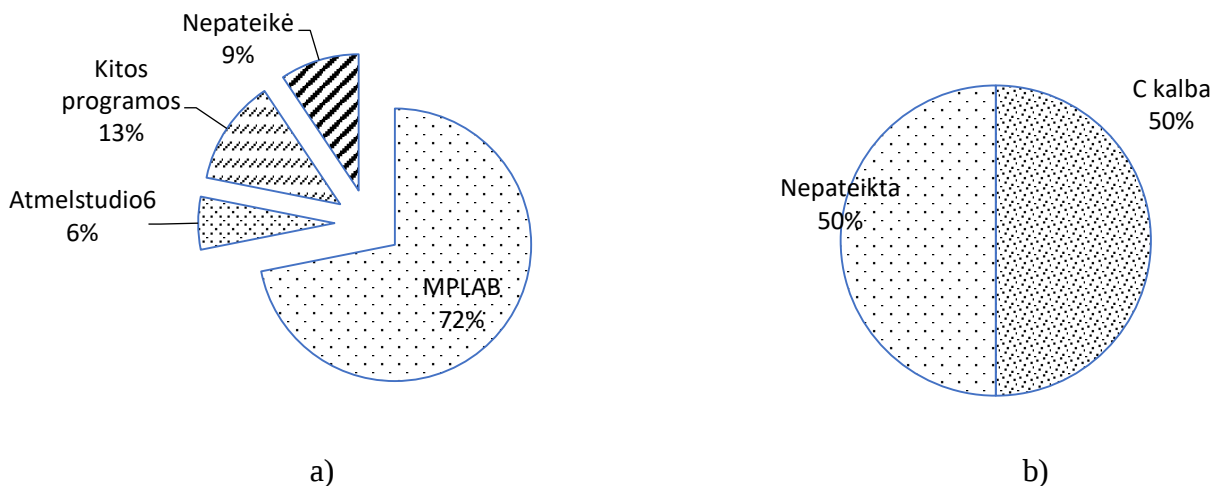


2 pav. a) BD naudojama programinė įranga principinės schemos bei spausdinto montažo plokštės modelio sudarymui; **b)** MP naudojimas BD; **c)** BD naudojamų MP technologijos

Šaltinis: sudaryta autorių

Elektroninėms schemoms realizuoti naudojami įvairūs MP. 2 c) pav. pateiktos BD naudojamos MP technologijos. Kaip matyti, daugiausiai naudojami MP realizuoti remiantis PIC technologija. Tai paaiškinama tuo, kad studijų metų būtent su tokios technologijos MP studentai buvo mokami realizuoti elektronines schemas. Šiuo metu pasaulyje vis plačiau naudojami MP realizuoti ARM technologija. Tad reikia tikėtis, kad tolimesniais metais jų panaudojimas BD augs.

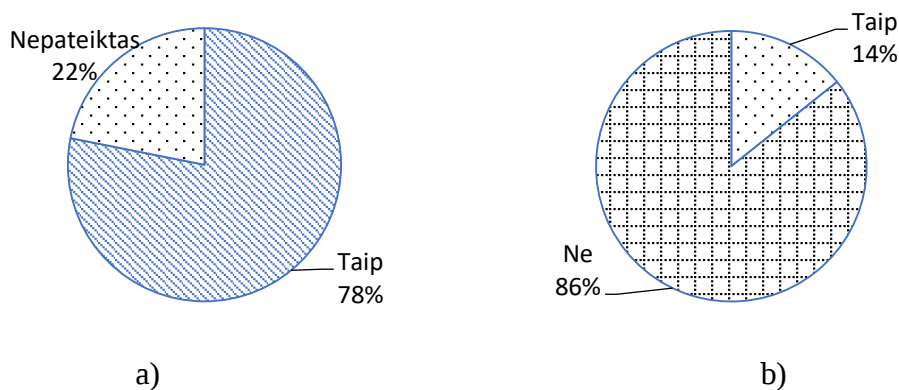
MP programavimui naudojama įvairi programinė įranga. Ji susijusi su tuo kokios technologijos MP naudojami. Kaip matyti iš 3 a) pav., plačiausiai naudojama MPLAB programinė įranga. Tai paaiškinama tuo, kad ji skirta PIC technologijos MP programuoti ir mokymo procese su ja mokoma dirbti. Kaip matyti iš pateiktų duomenų, ketvirtadalis studentų naudoja kita programine įranga. Tai rodo, kad studentai domisi ir išbando savarankiškai kitus MP programavimo būdus. Galima apgailestauti, kad dešimtadalis visai nepateikė duomenų apie naudotą programinę įrangą. Kad ne iki galo realizuojama MP programavimo dalis rodo ir tai, kad tik pusė studentų savo BD pateikia MP programavimo kodą (3 b) pav.). Pateikusiai programavimo kodą dažniausiai jį realizuoja naudodamiesi C kalba. Tai yra viena iš dažniausiai naudojama aukšto lygio MP programavimo kalbų pasaulyje.



3 pav. a) BD naudojama MP programavimui skirta programinės įranga; **b)** MP programavimo kodo pateikimas BD

Šaltinis: sudaryta autorių

Norint realizuoti elektroninę sistemą ar prietaisą yra reikalingas veikimo algoritmas. Iš gautų duomenų (4 a) pav.) matyti, kad daugiau kaip trys ketvirtadaliai studentų jį pateikė savo BD. Nepateikusių dalis ateityje turėtų būti mažinamas, nes nesudarius veikimo algoritmo neaišku ar projektuojamos sistemos ar prietaisai gali būti realizuojami praktškai.



4 pav. a) BD projektuotos programinės įrangos ar prietaiso veikimo algoritmo pateikimas; **b)** simuliacinio/modeliavimo rezultatų pateikimas BD

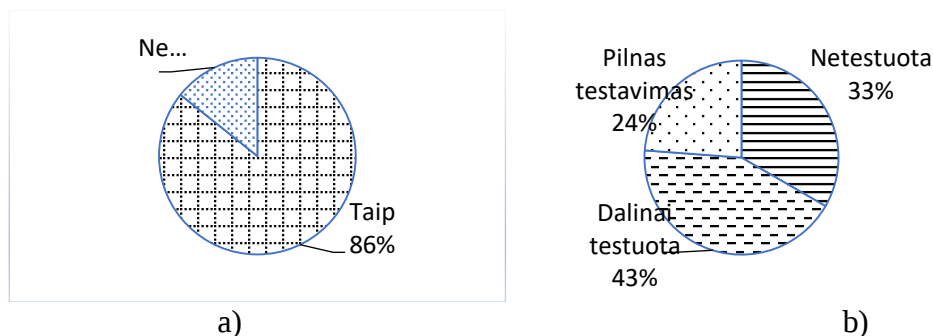
Šaltinis: sudaryta autorių

Daugelis elektroninių komponentų ar sistemų funkcijų gali būti naudojant specialią programinę įrangą modeliuojami/simuliuojami. Tai leidžia patikrinti elektroninių schemų ar jų dalies veikimą bei pagrindinius parametrus. Tai atliekama virtualiai ir nereikia realių elementų sujungimo. Tai leidžia sumažinti galimas išlaidas dėl netinkamo elementų parinkimo ar dėl parinkus netinkamą režimą elektroninių elementų sugadinimo. Atlikus modeliavimą/simuliaciją parenkama tinkamiausia elementinė bazė bei atitinkami elementų darbo režimai. Kol kas studentai mažai tai taiko, nes tik 14 % studentų BD pateikė bent kažkokį simuliacinį/modeliavinį (4 b) pav.).

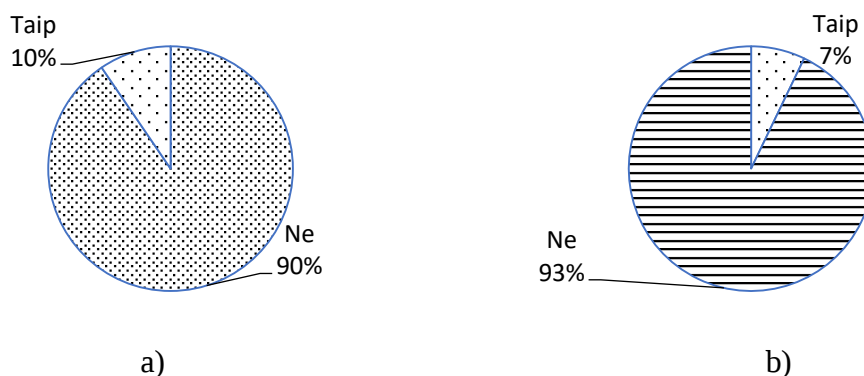
Apie BD išbaigtumą galima spręsti iš to, ar BD pateikiamas projektuojamo įrenginio ar sistemos prototipas. Prototipu laikoma realiai realizuota plokštė arba veikiantis prietaisas ir/ar sistema ir kt. Galima

pasidžiaugti, kad 86 % studentų savo BD pateikia įrenginio prototipą (5 a) pav.). Kiekybiškai BD prototipo išbaigtumas gali būti vertinamas analizuojant prototipo funkcionalumo požymių testavimo kiekybinį atlikimą. Praktiškai realizuoto prototipo testavimo atlikimas galimas tik tuomet kai įrenginys veikia reikiamame režime (yra gerai ir teisingai surinktas, atitinka reikiamą specifikaciją ir t. t.). Atlikta analizė rodo, kad tik beveik ketvirčio studentų (24 %) BD pateiktas pilnai atliktas prototipo testavimas (įrodytas prototipo atitinkamas veikimas, funkcionalumas ir kt. požymiai). Dalinį testavimą parodo 43 % studentų pateikusių BD. Tenka apgailestauti, kad trečdalis studentų iš viso neatliko testavimo (5 b) pav.). Taip pat šiuo metu populiarėja prototipo realizavimui naudoti firminius maketus. Tai iš dalies pateisinamas sprendimas, kai kuriamos sudėtingos sudėtinės elektroninės sistemos (dėl per didelio sudėtingumo ir laiko trūkumo atliekant BD). Tačiau dažnai naudojant firminius maketus neparodomos įgytos studentų kompetencijos. Iš analizės galima matyti, kad tik dešimtadalis studentų BD prototipo realizavimui naudojo „firminius“ maketus (6 a)).

Siekiant, kad BD darbai kuo geriau atliktų darbdavių poreikius, būtų gerai jeigu BD tematika būtų „atsinešama“ iš darbdavių. Tam buvo panagrinėta kaip BD susiję su studentų studijų dalimi „Baigiamoji praktika“. Studentai šią praktiką turi atlikti ne kolegijoje, bet realioje įmonėje arba Lietuvoje, arba užsienio šalyje. Analizė rodo, tik labai maža dalis (7 %) BD darbų temų sutampa su „Baigiamosios praktikos“ tema (6 b)).



5 pav. a) BD projektuojamo įrenginio prototipo pateikimas; b) testavimo rezultatų pateikimas BD
Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. a) BD prototipo realizavimui naudojamas „firminis“ maketas; b) BD darbų temų sutapimas su „Baigiamosios praktikos“ temomis

Šaltinis: sudaryta autorių

3. Rekomendacijos BD projektinės dalies vertinimui

BD buvo analizuojami pagal įvairias projektinės dalies atlikimo sritis. Analizės rezultatai parodė, kad galima pasiūlyti tam tikrus vertinimo kriterijus, kurie leistų tiksliau vertinti BD. Buvo suformuluoti 5 kriterijai. Jie pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

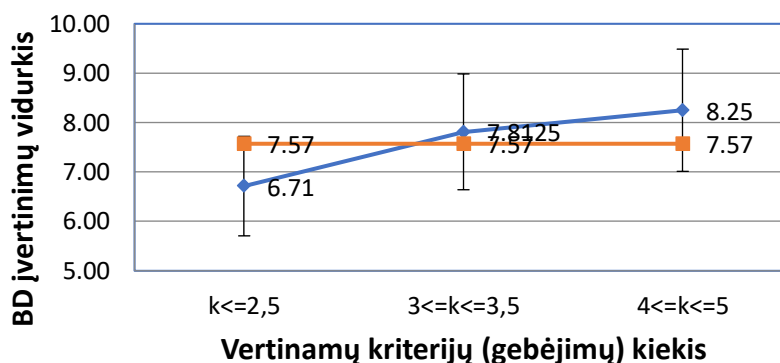
BD projektinės dalies vertinimo kriterijai

Numeris	Kriterijus
1	Principinės (blokinės) schemos ir spausdinto montažo plokštės modelio kūrimo pateikimas BD
2	Projektuojamo prietaiso ar sistemos veikimo algoritmo sudarymas.
3	Pilnai visos schemos arba dalies schemos simuliacijos/modeliavimas.
4	Prototipo sukūrimas ir naudojimas.
5	Pilnas prototipo funkcionalumo požymių ištestavimas.

Šaltinis: sudaryta autorių

Visi baigiamieji darbai įvertinti pagal pasiūlytus kriterijus. Penktasis kriterijus buvo vertinimas 1; 0,5; 0 (pilnas ištėstavimas, dalinis testavimas, nėra testavimo). Kiti kriterijai – 1; 0 (yra tas kriterijus tenkinamas arba ne). T. y. kiekvienas BD pagal tai, kaip atitinka kriterijus, galėjo surinkti nuo 0 iki 5 balų imtinai. Tuo pačiu buvo vertinami BD baigiamieji įvertinimai. T. y. buvo suskaičiuota kiek kiekvienas BD surinko balų pagal kriterijus ir kaip buvo įvertintas.

BD pagal vertinimo kriterijų tenkinimą suskirstyti į tris dalis. Pirma dalis - BD surinkusieji pagal vertinimo kriterijus iki 2,5 balo imtinai (14 darbų). Antra dalis - BD surinkusieji pagal vertinimo kriterijus nuo 3 iki 3,5 balo imtinai (16 darbų). Trečia dalis - BD surinkusieji pagal vertinimo kriterijus nuo 4 iki 5 balų imtinai (12 darbų). Paskaičiuotas kiekvienos dalies darbų baigiamųjų įvertinimų vidurkis. Kaip matyti iš 7 pav., kuo BD tenkino daugiau kriterijų, tuo tų darbų įvertinimas yra aukštesnis. Taip pat daromas BD įvertinimų vidurkių lyginimas su vidutiniu visų darbų įvertinimu (7,57 balo). Tai parodo, kad pasiūlyti kriterijai yra tinkami ir atspindi darbus. Prie kiekvienos grupės įvertinimo vidurkio taip pat parodyta įvertinimų sklaida – standartinis nuokrypis, kuris siekia apie 15 %. Tai yra gana didelė sklaida, tačiau nepaneigia tokių kriterijų reikšmingumo. Taip pat įvertinimų sklaida gali būti ir todėl, kad vertinant BD į bendrą baigiamąjį vertinimą įeina ir BD ekonominės dalies vertinimas. Tikėtina, kad jeigu vertinant būtų remiamasi siūlomais kriterijais, vertinimų sklaida turėtų mažėti.



7 pav. BD įvertinimų priklausomybė nuo vertinamų kriterijų tenkinimo kiekio

Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Atlikta studijų programos „Elektronikos technika“ BD ir jų turinių statistinė analizė parodė, kad gerintinos BD dalys susijusios su BD išbaigtumu – reikalingi projektuojamo prietaiso ar sistemos veikimo algoritmo, programinio kodo pateikimas, prototipo funkcionalumo požymių išsamesnis testavimas, simuliacinio/modeliavimo dažnesnis naudojimas. Kitas siektinas aspektas BD yra jų stipresnis ryšys su pramone/gamyba. Labai mažai yra BD susijusių su Baigiamąja praktika. BD darbų tematika tai taip pat patvirtina.

2. Atlikus tyrimą sudarytas BD projektinės dalies rekomenduojamas vertinimo kriterijų sąrašas. Parodyta, kad vertinant esamus (2014-2016 m.) BD pagal rekomenduojamus BD projektinės dalies vertinimo kriterijus, būtų galima tikslinti BD įvertinimą. Tai turėtų palengvinti (supaprastinti) ir suvienodinti recenzentų, gynimo komisijos narių darbą. Tai taip pat leistų studentams atlikti savikontrolę prieš atiduodant BD gynimui.

Literatūra

1. Toral S. L., Martinez-Torres M. R., Barrero F., Gallardo S., Duran M. J. *An electronic engineering curriculum design based on concept-mapping techniques*. International Conference of Technology and Design Education, Vol. 17, N. 3. 2007, p. 341–356.
2. Nakutis Z., Saunoris M. *An Analysis of Bachelor Final Year Projects Content in Electronic Engineering at KTU*. Electronics and Electrical Engineering, N. 10(116), 2011, p. 109-112.
3. Nakutis Z., Saunoris M. *Challenges of embedded systems teaching in electronic engineering studies*. Electronics and Electrical Engineering. N. 6(102), 2010, p. 83–86.
4. Venturino G., Alberto J., Godfrid C. *The new electronic engineering curriculum of the university of Buenos Aires*. / 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, 2007, T3H-3, p. 1–4.

Summary

It is important that the programs implemented in higher education institutions will be modern, reflect the topicalities of these times, and be implemented in a qualitative way. One of the works that students (with the help of a supervisor) independently carry out the graduation thesis (GT). In essence, it reflects the student's ability and knowledge acquired during all his studies. Therefore, it can be argued that GT is a very important aspect of the curriculum. The paper presents a GT analysis of the study program "Electronic Engineering" of Kaunas Technical College, and discusses the project solutions used in GT.

Key words: graduation theses, project solutions.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Saunoris.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento docentas, VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos inžinerijos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: energetiškai efektyvios elektroninės sistemos, specialistų ruošimas ir ugdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Aleksynas.

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento vadovas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologinių procesų valdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Marius Saunoris.

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, associated professor

Workplace and position: Kaunas Technical College, associated professor of Electronics and Electrical Engineering Field Study Programme Department, Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, associated professor of Electronics Engineering Department

Author's research interests: Energy Efficient Electronic Systems, preparation and training of specialists.

Telephone and e-mail address: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Author name, surname: Artūras Aleksynas.

Science degree and name: lecturer.

Workplace and position: Kaunas Technical College, Head of Department in Electronics and Electrical Engineering Field Study Programmes.

Author's research interests: Process control.

Telephone and e-mail address: +370 676 26285, arturas.aleksynas@edu.ktk.lt

SAULĖS ELEKTRINĖS IR JŲ VYSTYMOSI PERSPEKTYVOS

Audrius Čereška^{1,2}, Tautvydas Doveika²

Vilniaus Gedimino technikos universitetas¹, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija²

Anotacija

Kiekvieną dieną saulė pagamina didžiulius kiekius energijos. Tai pats galingiausias energijos šaltinis žemėje. Paprasčiausias būdas paversti saulės energiją į elektros energiją yra saulės baterijų naudojimas. Nuolat augant šilumos kainoms, mažėjant naftos, dujų, kietojo kuro ištekliams, sparčiai didėjant aplinkos užterštumui, ir Lietuvoje vis didesnis dėmesys yra skiriamas saulės energijai kaip alternatyviam energijos šaltiniui. Straipsnyje pateikti elektros energijos gavimo iš saulės energijos būdai. Aprašyti saulės elementų veikimo principai ir jų tipai. Aprašytos saulės elektrinės, pateiktos jų sudaromosios dalys ir veikimo principai. Aptarti galimi saulės elementų montavimo variantai. Pateikti saulės elektrinių privalumai ir trūkumai. Apžvelgtos galimos saulės elektrinių vystymosi perspektyvos.

Reikšminiai žodžiai: saulės elementas, saulės elektrinė, saulės elemento posvyrio kampas, efektyvumas, našumas.

Išvadas

Kiekvieną dieną saulė pagamina didžiulius kiekius energijos. Tai pats galingiausias energijos šaltinis žemėje. Teorinis metinis pasaulio saulės energijos potencialas sudaro 900 000 000 TWh. Tai apie 60 kartų daugiau už teorinį metinį pasaulio vėjo energijos potencialą, apie 2 200 kartų — už teorinį metinį geoterminės energijos potencialą, 36 000 kartų — už hidroenergijos teorinius metinius potencialus. Tačiau didžioji dalis saulės energijos potencialo taip ir lieka nepanaudota. Taip yra dėl kelių priežasčių: saulės energija yra plačiai išsisklaidžiusi, jos parametrai kinta plačiose ribose priklausomai nuo paros ir metų laiko (Ozolinčius, O. 2007).

Saulės energijos virsmą į elektros energiją įgalina saulės elemente vykstantis fotovoltinis procesas, kitaip dar vadinamas fotovoltiniu efektu (Rosa A. 2009). Fotoefektas, nuo 1958 m. daugiausia naudotas kosmose elektra aprūpinti palydovus, naudojamas vis plačiau ir ne tokiose egzotinėse srityse (Yoon, S. 2011). Technologija skverbiasi į visus naujus įrenginius, nuo paprasčiausių saulės akinių iki elektromobilių įkrovimo kolonėlių. Naudojantis pažangiausiomis technologijomis, realizuoti saulės energijos išteklius tampa vis lengviau. Skaiciuotuvai su saulės elementais niekada neprireiks elementų, o kai kuriais atvejais, šie įrenginiai net neturi išjungimo mygtuko. Jei nepritrūktų šviesos, atrodo, kad jie veiktų amžinai. Didesni saulės elementai, sumontuoti ant įspėjamųjų kelio ženklų, telefono būdelėse ar automobilių aikštelėms apšviesti naudojamuose šviestuvuose (Саврасов Ф. Б. 2012). Užsienio šalyse energija, kurią išspinduliuoja saulė, jau seniai sėkmingai naudojama pastatų šildymui, karšto vandens ir elektros gamybai (Šalteikis I. 2005).

Europos atsinaujinančios energijos taryba (EREC) numato, kad 2040 m. pasaulyje didžiausią dalį – 27,4 % visos elektros energijos pagamins saulės elektrinės. Jie prognozuoja, kad po 30 metų net 82 % visos elektros energijos bus gaminama iš įvairių atsinaujinančių šaltinių, daugiausia iš saulės ir vėjo.

JAV yra numočiusi, kad iki 2050 metų, 69 % elektros energijos gaus iš saulės. JAV veiasi Indija, Kinija, kitos šalys. Lietuvoje taip pat vis labiau domimasi saulės energijos išteklių vertimo į elektros energiją galimybėmis.

Kasmet Vokietijos žemės paviršius gauna nuo 925 kWh/m² šiaurinėje dalyje iki 1170 kWh/m² pietinėje, reiškia, vidutinis dienos vidurkis yra apie 3 kWh/m² (Eicker U. 2003), tai tris kartus daugiau nei Lietuvoje.

Nuolat augant šilumos kainoms, mažėjant naftos, dujų, kietojo kuro ištekliams, sparčiai didėjant aplinkos užterštumui, ir Lietuvoje vis didesnis dėmesys yra skiriamas saulės energijai kaip alternatyviam energijos šaltiniui (Abrutis V. 2009).

2005 metais išteklių dalis bendrame Lietuvos pirminės energijos balanse padidėjo iki 8,7 %, o 2010 m. buvo pasiektas vienas iš strateginių šalies tikslų – padidėjo iki 12 %, tačiau daugelis šalių lenkė Lietuvą. Lyderė tarp šių šalių yra Vokietija, kuri 2005 metais turėjo 6,2 mln. m² saulės kolektorių plotus, šie plotai didėja su kiekvienais metais (Kytra S. 2006).

2011–2012 metais Lietuvoje saulės elektrinių pagaminamas elektros kiekis išaugo 20 kartų (EurObserv 2013). 2012–2013 saulės elementų pagaminamas elektros kiekis išaugo dar 22,5 karto iki 45 GWh (EuroObserv 2013, 2014).

Per metus Lietuvoje žemės paviršių pasiekia net apie 1 000 kWh/m² saulės energijos (Perednis E. 2005). Stacionari saulės elektrinė Lietuvoje pagamina apie 780-787,5 kWh/m. Saulės švietimo laikas ilgiausias Lietuvos pajūryje ir trumpėja rytinės sienos link (Perednis E. 2005). Vidutiniškai Lietuvos pajūryje būna apie 1840–1900 saulėtų h/m., o šalies rytiniame pakraštyje apie 1700 h/m. Maksimali saulės švietimo trukmė Nidoje – apie 1908 h/m. Vilniuje vidutinis suminis saulės energijos kiekis horizontaliojoje plokštumoje yra apie 3500 MJ/m² per metus, tai tik šiek tiek mažiau nei Centrinėje Europoje. Įvairiose Lietuvos vietovėse per

metus į horizontalaus paviršiaus 1 m^2 patenka skirtingas saulės spindulinės energijos kiekis, Biržuose apie 926 kWh/m^2 , o Nidoje apie 1042 kWh/m^2 .

Lietuvos teritorijos plotas $65\,200 \text{ km}^2$, į Lietuvos teritoriją patenka $6,54 \cdot 10^{13} \text{ kWh/h}$. Lietuvoje yra apie 150 km^2 namų stogų, kurie gali būti panaudoti foto elektros saulės jėgainėms įrengti. Ant jų krinta $1,5 \cdot 10^{11} \text{ kWh/metus}$ saulės spindulinės energijos (www.mediapro.lt). Esant saulės elementų efektyvumui 15%, iš jėgainių, įrengtų ant stogų, galima gauti $2,25 \cdot 10^{10} \text{ kWh/h}$. Patenkanti ant žemės paviršiaus saulės spindulinė energija kinta priklausomai nuo metų laikų, paros laiko ir meteorologinių sąlygų (Singh R. 2015). Energija lapkričio, gruodžio, sausio mėnesiais sudaro tik 10 % gegužės, birželio, liepos mėnesių energijos. Naktį energija artima nuliui, labai apniukusią dieną - sudaro tik kelis procentus nuo giedros dienos energijos (Klevienė A. 2012).

Įsirengus net ir labai mažos galios jėgainę, gautą elektros energiją galima naudoti vandens pašildymui, gyvenamosios erdvės apšvietimui ir įvairioms kitoms reikmėms.

Darbo tikslas – atlikti saulės elektrinių apžvalgą, naudojimo galimybes, darbo efektyvumą, eksploatavimo sąlygas ir prognozuoti galimas vystymosi perspektyvas.

Saulės elementai ir jų veikimo principas

Paprasčiausias būdas paversti saulės energiją į elektros energiją yra saulės elementų naudojimas (1 pav.).



1 pav. Saulės elemento bendras vaizdas (www.staltika.lt)

Saulės baterija/elementas – tai prietaisas, saulės išspinduliuotą energiją (šviesą) tiesiogiai verčiantis į elektros energiją (Parida B. 2011).

Saulės elementai kitaip yra vadinami fotoefekto elementais. Jie pagaminti iš medžiagų, vadinamų puslaidininkiais. Apšvietus puslaidininkius saulės šviesa, pastaroji priverčia elektronus judėti. Tokiu būdu yra indukuojama elektros srovė.

Šis procesas vyksta skirtingų elektros puslaidininkių struktūrų sandūros metu fotovoltinį įrenginį, t.y. saulės elementą, veikiant saulės šviesai. Fotovoltinio proceso metu elektros puslaidininkis atlieka energijos imtuvo vaidmenį. Į saulės bateriją krintanti šviesa sužadina puslaidininkį ir elektros lauko srityje vyksta krūvių atskyrimas, kurio rezultatas – susidariusi elektros energijos srovė. Norint gauti didesnius elektros energijos kiekius, saulės baterijos/elementai yra jungiami į sistemas, vadinamas saulės moduliais (www.mokslon.lt).

Vieno modulio galia paprastai svyruoja nuo keliasdešimties iki kelių šimtų vatų, efektyvumas iki 21%. Moduliai gali būti naudojami tiek pavieniai, tiek ir jungiami su kitais į galingesnę fotovoltinę sistemą, įrengiamą ant namų stogų, žemės arba kitų paviršių.

Saulės moduliai tarnauja iki kelių dešimčių metų, po to galia mažėja. Bendra 2011 m. pasaulyje pagamintų saulės modulių galia $37,2 \text{ GW}$.

Saulės modulių junginiai savo ruožtu sudaro ištisą fotovoltinę sistemą. Saulės modulių sistemoje pagaminta elektra gali būti tiekiama tiesiai į viešąjį elektros tinklą arba kaupiama akumuliatorinėse baterijose, kurios užtikrina, kad elektra bus tiekiama nakties metu ar esant nepakankamam saulės šviesos intensyvumui lietingą ar apsiniaukusią dieną.

Lietuvoje populiarėjant atsinaujinančios energijos gamybai, montuojamas didelis kiekis saulės fotovoltinių elektrinių. Jas sudaro saulės elementai jungiami nuosekliai. Saulės elementų veikimas paremtas puslaidininkiais. Populiariausiai šiuo metu naudojamai saulės elementai gaminami iš silicio, į kurį įterptos priemonės.

Saulės elementai paverčia saulės energiją į kitos rūšies energiją: elektros, šilumos. Tai populiariausi saulės energijos naudojimo būdai. Pagrindiniai dydžiai apibūdinantys foto elementą: efektyvumas η bei foto elemento elektrinė charakteristika W_p . Efektyvumas nurodo kokią dalį foto elementas saulės energijos paverčia

į kitos rūšies energiją. Elektrinė charakteristika gaunama esant šviesos intensyvumui 1 kW/m^2 ir 25°C temperatūrai. Taip pat svarbus yra temperatūros koeficientas, jis parodo kokią temperatūrą pasiekus pradeda mažėti elemento generuojama galia. Viršijus temperatūros ribą elemento galia sumažėja 0,5 %, kiekvienu pasiektu didesniu temperatūros laipsniu. Pavyzdžiui jei Saulės elektrinės generuojama galia 1000 kW, tai elementams įkaitus iki 65°C , ji generuos tik 800 kW.

Elementai jungiami nuosekliai grupėmis. Priklausomai nuo elementų skaičiaus, grupės išėjime gali siekti iki 1000 V. Ši nuolatinė įtampa laidais perduodama į įtampos keitiklį, kur nuolatinė įtampa verčiama į kintamąją, kuri yra perduodama į pastotę, kur ji padidinama iki tinklo įtampos.

Įvadinis 0,4 kW tinklo saulės elektrinės kabelis turi būti suprojektuotas taip, kad turėtų ne didesnį, kaip 1 % įtampos mažėjimą, kitu atveju saulės elektrinės savininkas turi daug didesnius ekonominius nuostolius, nes jis gamintojas. (ESO tinkluose projektuojant galimas įtampos kritimas leidžiamas iki 5 %).

Priklausomai nuo saulės elektrinės dydžio, elektrinės išdėstymo parametrų parenkami keitikliai.

Saulės elementų tipai

Saulės elementai gali būti įvairių tipų: fotovoltiniai, monokristaliniai, polikristaliniai, plėveliniai.

Fotovoltiniai saulės moduliai gali būti monokristaliniai arba polikristaliniai. Kadangi monokristaliniai moduliai yra brangesni, o jų pagamintos elektros energijos kiekis 1-2% didesnis už polikristalinių, dažniausiai naudojami polikristaliniai moduliai. Fotovoltiniai saulės elementai – gaminami pagal plėvelinę technologiją. Šios rūšies moduliai, be gero kainos ir kokybės santykio, puikiai generuoja elektros energiją net esant aukštai temperatūrai. Temperatūra yra svarbus elementų efektyvumo rodiklis, nes su kiekvienu aplinkos temperatūros laipsnio padidėjimu jų efektyvumas mažėja 0,5 %.

Monokristaliniai saulės elementai, gaminami iš gryno silicio. Jų efektyvumas net iki 24 % (iš vieno kilovato [kW] krantinčios saulės šviesos pagaminama 240 W elektros energijos). Monokristaliniai saulės moduliai pagaminti iš saulės elementų su visiškai grynu siliciu. Jų efektyvumas 14-18%. Plokštelės būna juodos arba tamsiai mėlynos spalvos. Moduliai skirti autonominėms arba prijungtoms prie elektros perdavimo tinklo saulės elektrinėms.

Polikristaliniai saulės elementai. Gaminant šiuos elementus, pakinta dalies silicio kristalų struktūra. Jų efektyvumas apie 18 %. Jie užima didžiausią rinkos dalį, daugiausiai išbandyti ir efektyviausi. Polikristaliniai saulės moduliai yra pagaminti iš polikristalinio (multikristalinio) silicio elementų, kurių efektyvumas 13-15%. Šios plokštelės būna mėlynos spalvos. Moduliai skirti autonominėms arba prijungtoms prie elektros perdavimo tinklo saulės elektrinėms.

Plėveliniai saulės elementai – amorfiniai arba plonų celių elementai, gaminami siliciu padengiant stiklą ar kitą skaidrų paviršių. Jų gamybos procesas yra pats pigiausias, efektyvumo lygis – apie 13 % (naudojami tik mažos galios įrenginiuose, pavyzdžiui, laikrodžiuose, kišeninėse skaičiavimo mašinėlėse).

Saulės elektrinės ir jų tipai

Saulės elektrinės tai – kompleksas įrenginių sujungtų į vieną grandinę. Saulės elektrinėse, kaip ir visose automatizuotose sistemose naudojami įvairūs valdikliai, inverteriai, automatiniai išjungėjai ir monitoringo sistemos. Technologijų dėka galima stebėti jose vykstančius procesus, stebėti kiek energijos pagaminama, koku laiku, kiek nuolatinės srovės paverčiama į kintamąją, įtampos ir srovės dydį. Reikia techninių žinių ir specialistų gebėjimų norint sumontuoti ir prižiūrėti saulės elektrinių įrenginius.

Investicija į saulės elektrinę priklauso nuo jos dydžio (kW), pasirinktų konstrukcijų, modulių, inverterių ir kitos įrangos tipo, techninių ir kokybės parametrų. Didžiausią saulės elektrinės kainą sudaro moduliai ir inverteriai. Saulės elektrinės kaina priklauso nuo jos parametrų, montavimo vietos, apkrovų parametrų.

Plačiausiai paplitę du saulės elektrinių tipai: autonominės saulės elektrinės ir jungiamos į tinklą saulės elektrinės.

Autonominės saulės elektrinės. Įrengti saulės energijos sistemą galima beveik ant kiekvieno namo. Tereikia atitinkamo ploto ant stogo, fasado, bei šiek tiek vietos įrengti įtampos keitikliams ir akumuliatoriams (2 pav.). Saulės modulių montuoti geriausia nukreiptus į pietus. Galimas tam tikras nuokrypis į rytus ar vakarus, bet tokiu atveju saulės elektrinės metinis pagaminamos energijos kiekis mažesnis.



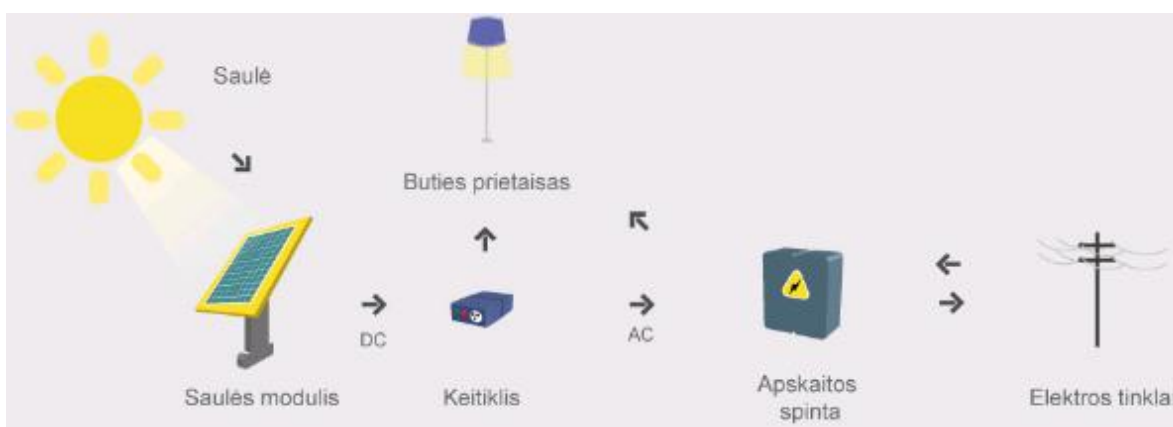
2 pav. Autonominės saulės elektrinės schema (www.sauleselektrines.lt)

Inverteris arba keitiklis. Fotovoltinis saulės modulis (saulės baterija) gamina nuolatinę 12-38V srovę, kuri buityje ne visur naudojama, todėl inverteris keičia nuolatinę srovę į kintamą 220-230V, kuri naudojama buityje. Inverteriai gali būti vienfaziai arba trifaziai.

DC kabelis naudojamas sujungti fotovoltinius saulės modulius su inverteriu (keitikliu). AC kabelis naudojamas sujungti keitiklį su paskirstymo dėžute.

Saulės elektrinės gali būti: autonominės arba jungiamos į elektros tinklą.

Saulės elektrinės jungiamos į tinklą. Nuo 2015 m. kovo 2 dienos įsigaliojo įstatymo pataisos, pagal kurias vykdoma dvipusė elektros apskaita. Elektros energiją gaminantys vartotojai gali į elektros tinklus perduoti energijos perteklių ir jį atsiimti per kalendorinius metus. Tokio tipo saulės elektrinėms (3 pav.) nereikalingas energijos kaupiklis (akumuliatorių baterija) ir akumuliatorių įkroviklis. Visa pagaminta elektros energija per keitiklį tiekama į elektros tinklą arba suvartojama savo reikmėms.



3 pav. Jungiamos į tinklą saulės elektrinės schema (www.sauleselektrines.lt)

Saulės elektrinių montavimas

Saulės elementai populiarėja ir sparčiai plinta, pramoniniu ir privataus sektoriaus lygiu.

Saulės elektrinės įgyja vis didesnį populiarumą visame pasaulyje dėl savo ilgaamžiškumo ir generuojamos žaliosios energijos. Įsirengti saulės elektrinę paprasta. Saulės elementų naudojimo efektyvumas priklauso nuo jų įrengimo būdo (Abromas J. 2001; Hinsch A. 2009).

Saulės elektrinės (saulės jėgainės) įrengimo sprendimų yra labai daug – saulės elektrinė ant namo stogo (4a pav.), ant žemės (4b pav.), stoginė automobiliui (4c pav.), integruota saulės elektrinė laivo korpuse (4d pav.) ir t.t.

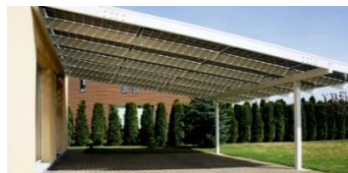
Į pastatus integruoti fotoelektriniai moduliai gali būti montuojami pastato stoge, sienose, net languose bei stoglangiuose ir sujungti su skirstomaisiais tinklais. Šio tipo sistemos yra vienas naujausių foto elektros technologijų pasiekimų, užtikrinančių didžiausią ilgalaikį iškastinio kuro naudojimo bei CO₂ dujų išmetimo į atmosferą sumažinimą.



a



b



c



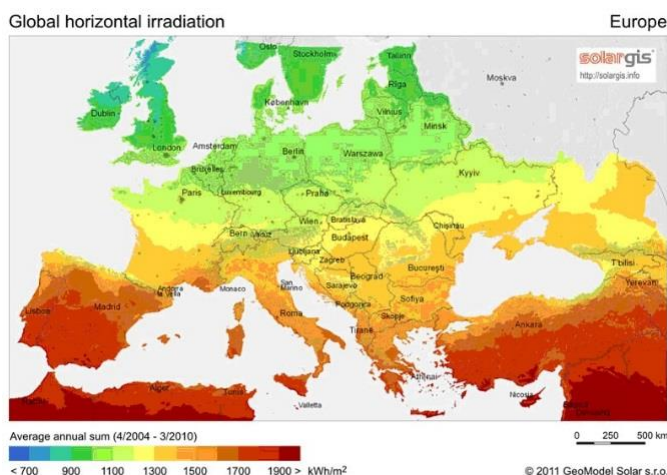
d

4 pav. Saulės elektrinė: a - ant namo stogo, b - ant žemės, c - stoginė automobiliui, d - integruota saulės elektrinė laivo korpuse (<http://www.staltika.lt/>)

Viskas priklauso nuo elektros energijos vartojimo poreikių, taip pat nuo saulės elektrinei keliamų technologinių, saugumo ir estetinių reikalavimų.

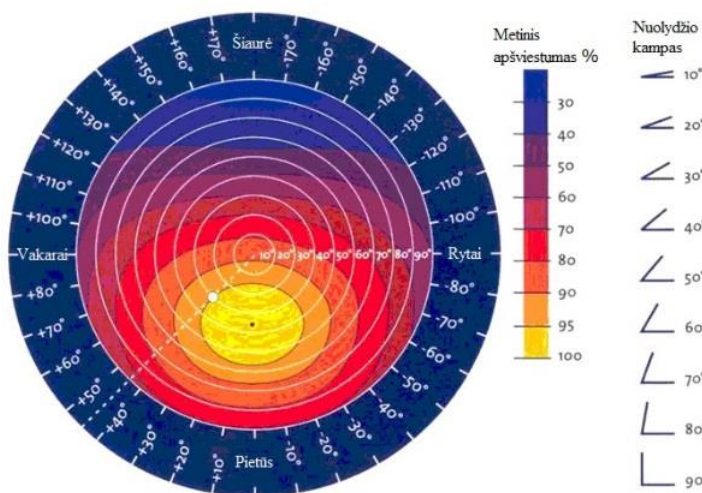
Saulės ištekliai ir saulės energijos naudojimo efektyvumas

Palankiausia panaudoti saulės energiją gali valstybės esančios arti ekvatoriaus, kaip Malta ar Kipras, čia saulės intensyvumas didžiausias, artėjant link ašigalių intensyvumas mažėja. Saulės energijos ištekliai Europoje pateikti 5 pav.



5 pav. Saulės energijos ištekliai Europoje (<http://www.staltika.lt/>)

Saulės energija efektyviausiai naudojama, kai saulės spinduliai sudaro statų kampą su plokštuma, tai yra saulės elementu. Saulės elementų optimalaus pasvirimo kampas nustatomas vadovaujantis duomenimis pateiktais grafiškai (6 pav.).



6 pav. Saulės elementų optimalaus pasvirimo kampo nustatymas (<http://www.staltika.lt/>)

Lietuvoje optimaliausias saulės elementų pasvirimo kampas yra apie 30-38 laipsniai. Esant įvairioms situacijoms (stogo plotas, įrengimai, šešėliai), galima pasvirimo kampo korekcija 15-38 laipsnių ribose.

Saulės elementų efektyvumas labai priklauso nuo montavimo padėties (7 pav.).



7 pav. Saulės elementų išdėstymo efektyvumo schema (www.estsolar.lt)

Saulės elektrinių priežiūra

Priežiūrėti saulės elektrinę nesudėtinga. Reikia atlikti tokius svarbiausius priežiūros darbus:

- patikrinti saulės modulius termovizoriumi ir nustatyti ar nėra blogų elementų modulyje;
- reguliariai arba pagal poreikį nupjauti veją saulės elektrinės teritorijoje;
- reguliariai arba pagal poreikį plauti saulės modulius;
- pagal poreikį valyti sniegą nuo saulės elementų.

Norint pastoviai stebėti ir aktyviai kontroliuoti elektrinės našumą galima įrengti nuotolinę elektrinės veikimo parametrų nuskaitymo sistemą.

Saulės elektrinių privalumai ir trūkumai

Saulės elektrinės kaip ir įvairūs mechanizmai turi įvairių privalumų ir trūkumų. Pagrindiniai privalumai ir trūkumai tokie:

Privalumai:

- paprasta priežiūra, nereikia išskirtinio dėmesio eksploatuojant;
- įsirengus saulės elektrinę tampama nepriklausomu nuo centralizuotų elektros tinklų;
- perteklinę elektros energiją galima parduoti centralizuotiems elektros tinklams;
- dėl didelio populiarumo mažėja saulės elektrinių kaina.

Trūkumai:

- nemažos pirminės investicijos saulės elektrinės įsigijimo ir montavimo kainos;
- kiekvienais metais saulės elementų efektyvumo mažėjimas;
- ribotas saulės elementų tarnavimo laikas.

Perspektyvos

„Saulės evoliucija“ gyvuoja jau kelis dešimtmečius – tikimasi, kad vieną dieną galima bus pilnai naudotis nemokama saulės energija. Tai iš tiesų gundo, nes saulėtą dieną iš 1 m² galėtume gauti 1000 W energijos.

Saulės elementų gamybos technologijos ir toliau sparčiai vystysis, kadangi jų populiarumas, o reiškia ir paklausa sparčiai didės. Turėtų mažėti saulės elektrinių kainos. Turėtų tobulėti saulės elementų gamybos technologijos ir atsirasti efektyvesnės saulės elektrinės.

Išvados

1. Saulės elektrinės efektyvumas tiesiogiai priklauso nuo saulės elementų tipo, eksploatavimo būdo ir oro sąlygų.
2. Saulės elektrinės labai populiarėja, kartu didėja jų pasiūla, todėl jų kainos mažėja ir toliau mažės.
3. Prisijungti prie elektros tinklų dažnai būna sudėtinga, kadangi elektros tinklų linijos būna toli nuo objekto. Saulės elektrinė suteikia laisvę statantis namą, kadangi nebėra poreikio jungtis prie centralizuotų elektros tinklų.
4. Turėtų tobulėti saulės elementų gamybos technologijos ir atsirasti efektyvesnės saulės elektrinės.

Literatūra

1. Abromas J., Baravykaitė, D. *Alternatyvios energetikos objektai vakarų Lietuvoje, jų poveikis vizualinei aplinkai ir poveikio optimizavimo galimybės*. Mokslas-Lietuvos ateitis. 2011. T. 3(3). 72-76 p.
2. Abrutis, V. 2009/28/EB dėl skatinimo naudoti atsinaujinančių išteklių energiją. [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-10-30]. Prieiga per internetą: http://www.lsta.lt/files/seminarai/091217_LEI%20seminaras/Abrutis.pdf.
3. Eicker, U. *Solar Technologies for Buildings*. Wiley. 2003. 336 p.
4. [Estsolar.lt/lt/produktai-ir-paslaugos/saules-jegaines](http://www.estsolar.lt/lt/produktai-ir-paslaugos/saules-jegaines) [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-15]. Prieiga per internetą: <http://www.estsolar.lt/lt/produktai-ir-paslaugos/saules-jegaines>.
5. EuroObserv 2013. *Photovoltaic barometre* [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro-jdp9.pdf.
6. EuroObserv 2014. *Photovoltaic barometre* [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-12]. Prieiga per internetą: http://www.energies-renouvelables.org/observ-er/stat_baro/observ/baro-jdp11_en.pdf.
7. Hirsch, A., Brandt, H., Veurman, W., Hemming, S., Nittel, M., Würfel, U., Putyra, P., Lang-Koetz, C., Stabe, M., Beucker, S., Fichter, K. *Dye solar modules for facade applications: Recent results from project ColorSol*. *Solar Energy Materials and Solar Cells*. 2009. 93 (6-7). 820-824 pages.
8. Yoon, S., Tak, S., Kim, J., Jun, Y., Kang, K., Park, J. *Application of transparent dye-sensitized solar cells to building integrated photovoltaic systems*. *Building and Environment*. 2011. 46 (10). 1899-1904 pages.
9. Kytra, S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Kaunas. Technologija. 2006. 301 p.
10. Klevienė, A., Perednis, E. Saulės energijos paklausos didinimo prielaidos. *Energetika*. 2012. T. 58, Nr. 3. 148-157 p.
11. [Mediapro.lt/saules-energijos-panaudojimas](http://www.mediapro.lt/saules-energijos-panaudojimas) [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-04-15]. Prieiga per internetą: <http://www.mediapro.lt/saules-energijos-panaudojimas/>.
12. Mokslon [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.mokslon.lt/kaip-veikia-saules-baterijos>.
13. Ozolinčius, O. *Atsinaujinantys energijos ištekliai*. Kaunas, VDU. 2007. 147 p.
14. Parida, B., Iniyar, S., Goic, R. *A review of solar photovoltaic technologies, Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2011. 15 (3). 1625-1636 pages.
15. Perednis, E., Kavaliauskas, A. *Saulės energijos naudojimo šilumai gaminti Lietuvoje tyrimai*. *Energetika*. 2005. Nr. 4. p. 49-53.
16. Rosa, A. 2009. *Fundamentals of renewable energy processes*. 2009. JAV: Academic Press. 864p.
17. [Saules elektrines.lt/lt/produktai/autonomi%C4%97s-saul%C4%97s-elektrin%C4%97s](http://www.sauleselektrines.lt/lt/produktai/autonomi%C4%97s-saul%C4%97s-elektrin%C4%97s) [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.sauleselektrines.lt/lt/produktai/autonomi%C4%97s-saul%C4%97s-elektrin%C4%97s>.
18. [Saules-energijos-sistemas/fotovoltines-elektrines/saules-elektriniu-irengimo-ypatumai-2](http://www.staltika.lt/Saules-energijos-sistemas/fotovoltines-elektrines/saules-elektriniu-irengimo-ypatumai-2) [interaktyvus], [žiūrėta: 2018-03-10]. Prieiga per internetą: <http://www.staltika.lt/Saules-energijos-sistemas/fotovoltines-elektrines/saules-elektriniu-irengimo-ypatumai-2>.
19. Singh, R., Banerjee, R. *Estimation of rooftop solar photovoltaic potential of a city*. *Solar Energy*. 2015. 115. 589-602 pages.
20. Šateikis, I. *Fotoelektrinių elementų kompleksinio naudojimo elektros ir šilumos gamybai galimybių tyrimas* LŽŪU ŽŪI Instituto ir LŽŪ Universiteto mokslo darbai. 2005. 37(3): 99-110 p.
21. Саврасов Ф. В., Ковалев, И. К. *Усследование эффективности работы солнечной батареи в полевых условиях*. *Энергетика*. 2012. Т. 321. №. 4. с. 165-168.

SOLAR POWER PLANTS AND THEIR DEVELOPMENT PERSPECTIVES

Summary

Every day, the sun produces enormous amounts of energy. This is the most powerful source of energy on the earth. The easiest way to turn solar energy into electricity is using of solar cells. With the constant growth of heat prices, with the decreasing oil, gas and solid fuel resources due to the rapid increase in environmental pollution, Lithuania is increasingly focusing on solar energy as an alternative source of energy. The article presents the methods of obtaining electricity from solar energy. The principles and types of operation of solar cells are described. Solar power plants are described, their constituent parts and operating principles are presented. Possible options for installing solar cells are discussed. The advantages and disadvantages of solar power plants are presented. The potential prospects for the development of solar power plants are reviewed.

Key words: solar cell, solar power plant, solar cell angle, efficiency, performance.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius, Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas
Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Tautvydas Doveika

Mokslo laipsnis ir vardas: studentas

Darbo vietą ir poziciją: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto, Elektros inžinerijos katedros studentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: techninių sistemų diagnostika

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 692 40553, tautvydas.doveika@tf.vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Audrius, Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University, Mechanics faculty, Mechanics and materials engineering department professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vgtu.lt

Author name, surname: Tautvydas Doveika

Science degree and name: student

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, Technical faculty, Department of electrical engineering student

Author's research interests: diagnostics of technical systems

Telephone and e-mail address: +370 692 40553, tautvydas.doveika@tf.vtdko.lt

KELEIVIŲ VEŽIMO APSKAITOS IR ATSISKAITYMO ELEKTRONINĖS SISTEMOS GALIMYBIŲ STUDIJA

Albinas Bačiliūnas¹, Nerijus Bagdanavičius², Šarūnas Kilius²

¹UAB Acoris, ²Kauno technikos kolegija

Anotacija

Vertinant viešojo transporto tendencijas tiek Lietuvoje, tiek ir užsienyje, matoma tendencija pereiti prie e-bilieto koncepcijos. Šiuo metu vis dar dažnai sutinkama klasikinė popierinių bilietų sistema kelia nemažai sunkumų – reikalinga grynųjų pinigų apskaita ir inkasavimas, vairuotojo laiko gaišatis atsiskaitant transporto priemonėje, nelanksti kainodara, sudėtinga lengvatinių keleivių apskaita ir jų apmokėjimas vežėjui. Todėl išanalizuotos esamos keleivių apskaitos sistemos ir rekomenduojami modernūs bei optimalūs aparatiniai-programiniai sprendimai, apimantys keleivių atsiskaitymo priemones, transporto apskaitos ir registracijos įrangą, transporto parko valdymo sistemą.

Reikšminiai žodžiai. Elektroninis bilietas, klientų apskaita, transporto valdymo sistema, elektroninė piniginė.

Įvadas

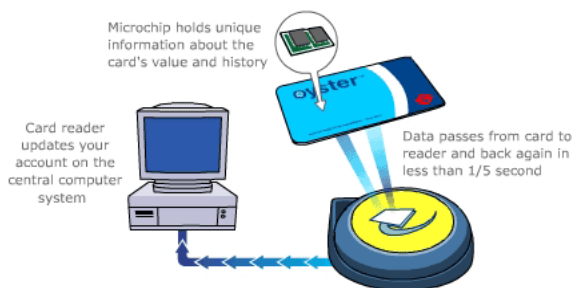
Techninių galimybių studijos užsakovas – UAB „Multivanas“ yra keleivinio transporto įmonė, vežanti keleivius reguliaraus susisiekimo maršrutais Alytaus mieste ir rajone. Šiuo metu atsiskaitymas už suteiktas paslaugas vyksta grynais pinigais tiesiogiai vairuotojui ir pavedimu iš savivaldybės, kaip kompensacijos už mokinių ir kitų keleivių, turinčių teisę važiuoti su nuolaida, vežimą. Esant tokiai situacijai, susiduriama su grynųjų pinigų apskaitos ir inkasavimo, bilieto neišdavimo, lengvatinių keleivių vežimo ir ataskaitų savivaldybei rengimo, kainodaros nelankstumo sunkumais.

Analizuojant viešojo transporto tendencijas Lietuvoje ir pasaulyje, siekiama įvertinti galimybes pereiti prie e-bilieto koncepcijos, juo labiau, kad dauguma keleivių turi elektronines korteles (mokiniai, studentai), į kurias galima būtų įkelti e-bilietą. Tai galėtų būti patogesnis atsiskaitymas už viešą transportą, lankstesnės galimybės (persėdimas, bilieto galiojimas tam tikram laikui, ir pan.) skatintų gyventojus persėsti iš automobilių į viešą transportą. Todėl būtina išanalizuoti esamą keleivių vežimo apskaitos ir atsiskaitymo situaciją bei rekomenduoti modernius ir optimalius aparatinčius-programinius sprendimus. Sprendimai turi apimti keleivių atsiskaitymo priemones (el. kortelės, išmanieji telefonai), mikroautobusų apskaitos ir atsiskaitymo įrangą, transporto parko centrinę valdymo ir apskaitos sistemą.

Pasaulyje įdiegtų sistemų apžvalga. Pastaruoju metu sparčiai tobulėjant informacinių technologijų sistemoms, visame pasaulyje pasiūlyta įvairių sprendimų e-bilietų (intelektualių kortelių) panaudojimui visuomeniniam transporte. Šiuo metu daugiausia tokių projektų realizuota Europoje bei Azijoje. Nors intelektualios kortelės gali būti ir yra naudojamos daugelyje skirtingų sričių – jų panaudojimas transporto bilietams yra vienas labiausiai paplitusių.

Londonas (Anglija)

Oyster yra Londono viešojo transporto bilietų sistema, viena iš pirmaujančių ir didžiausių integruotų kortelių sistemų pasaulyje. Londone gyvena apie 7 mln. gyventojų. Pagrindinė sistemos dalis yra Oyster kortelė (1 pav.), kuri gali būti naudojama atsiskaitant metro, autobusuose. Pastaruoju metu vykdomi pilotiniai projektai Oyster kortele atsiskaityti už nebrangius ir dažniau perkamus daiktus: laikraščiai, laisvalaikio prekės, bibliotekos ir pan. [4].



1 pav. Oyster kortelė

Šaltinis: <http://www.times-series.co.uk>

Naujos bilietų sistemos kūrimas ir diegimas Londone buvo paskirtas 1998 m. konsorciui „Transys“, kuris uždavinio įgyvendinimui pasitelkė pirmaujančias kompanijas – Electronic Data System Ltd, Cubic

Corporation, WS Atkins. Pasirinktos ISO 14443A standarto Philips MIFARE kortelės, kurių išplatinta apie 2,2 mln. vienetų.

Londono metro sistema turi 12 požeminių linijų, 267 stoteles, kurių bendras ilgis apie 400 km. Per metus pervežama apie 2 mlrd. keleivių [4]. Panašų keleivių kiekį perveža ir autobusai, kurių yra apie 5800. Kortelių informacijos nuskaitymui įrengta daugiau nei 16 000 kortelių skaitytuvų, kurie išdėstyti prie įėjimų į metro stotis, autobusuose bei kai kuriose nacionalinėse traukinių stotyse Londono apskrityje. Skaitytuvų pirminė funkcija – nuskaityti kortelėje išsaugotus duomenis: galiojimo laiką, pinigų likutį. Nuskaityta informacija perduodama į centrinę sistemą, kur saugomi įrašai apie visas Oyster korteles, jų pinigų likutį bei naudojimo istorija.

Talinas (Estija)

Talino miestas apima 159 kv. km. teritoriją, kurioje gyvena apie 400 tūkst. gyventojų. Miesto viešąjį transportą sudaro dvi autobusų kompanijos ir elektrinio transporto kompanija (troleibusai ir tramvajai). Viešajame transporte registruotų keleivių yra apie 115 tūkst., papildomai 10 % sudaro keleiviai, kuriems nereikia jokio bilieto (vaikai iki 7 metų bei vyresni nei 65 metų senjorai) [2].

Atsiskaitymui už transporto paslaugas naudojama ID bilieto sistema (2 pav.). Tai virtualus bilietas, perkamas elektroniniu būdu ir susietas su identifikacijos kortele (ID kortele). ID kortelėje integruotas lustas, kuriame saugoma atitinkama informacija. ID kortelės naudoja RFID technologiją. Keleiviams nereikia turėti fizinio bilieto, teisė į pravažįvimą viešuoju transportu įrodoma pateikus ID kortelę. Ši bilietų sistema leidžia apmokėti ne tik už visuomeninį transportą, bet ir už kitas paslaugas: įėjimas į renginius, muziejus ir panašiai.



2 pav. ID bilietas (Talinas)

Šaltinis: <http://www.eltis.org>

Šiai sistemai yra sukurtas internetinis puslapis www.pilet.ee, prie kurio gali jungtis šios sistemos naudotojai, ID bilietų naudotojai, distributoriai, paslaugų tiekėjai, bilietų kontrolieriai [2]. Puslapyje galima pasitikrinti bilieto galiojimo laiką bei būseną. Perkant ID bilietą, žmogus pateikia savo ID kortelės identifikacijos numerį, pagal kurį operatorius, naudodamas gyventojų registrą, sužino reikiamą informaciją apie paslaugos naudotoją. Kontrolės metu yra nuskaitomas kortelės identifikacijos numeris, pagal kurį kontrolierius gauna tik būtiną informaciją (teisę į lengvatą, bilieto tipą ir panašiai). Norint sužinoti bilieto galiojimą, tai galima padaryti Internete, specialiuose papildymo punktuose, o taip pat naudojantis GPRS, USSD. Praėjus vieneriems metams po sistemos įdiegimo, statistika parodė, kad pirkti elektroniniu būdu bilietus yra populiariu.

Hong Kong

Hong Kong'as yra vienas iš didžiausių prekybos, finansiniu bei gamybos atžvilgiu centrų pasaulyje, jame gyvena apie 7 mln. gyventojų. Šio miesto transporto tinklas taip pat yra vienas iš didžiausių pasaulyje. Per vieną dieną visuomeniniu transportu pervežama apie 10 milijonų keleivių. 1994 metais buvo nutarta įgyvendinti pirmą pasaulyje didelio masto bekontaktinių kortelių sistemą [3]. Iki tol egzistavo monetų bei popierinių bilietų sistema, traukiniuose – magnetiniai bilietai. Vėliau operatoriai dar pareikalavo, kad sistema būtų pakankamai lanksti ta prasme, kad ją būtų galima naudoti ir už transporto ribų, automobilių parkavimui, mažmeninėms prekėms.

Pagrindiniai Hong Kongo operatoriai (geležinkeliai, autobusai, priekabos) susijungė į bendrą įmonę. Creative Star Limited pristatė sistemą, kurią pavadino „Octopus“. 1997 metais sistema buvo pilnai paruošta ir išleista 4,4 milijonų kortelių visuomeninio transporto naudojimui. Ši sistema atnešė naudą abiem pusėms – transporto operatoriams bei keleiviams. Bekontaktinė kortelė gali atlikti visus informacijos mainus per mažiau nei 300 milisekundžių, tai reiškia, kad įsėdimas į autobusus ar traukinius žymiai pagreitėjo.

Octopus elektroninio mokėjimo sistemoje naudojama bekontaktinė kortelė, kurios pavadinimas yra „Octopus Card“ (3 pav.). Ši kortelė siūlo vartotojams lengvą keliavimą, apsipirkimą aplink Hong Kongą. Kiekvienoje Octopus kortelėje yra įstatytas mikročipas, kuris saugo pinigus. Vartotojai tiesiog prideda Octopus

kortelę prie skaitytuvo ir šis nuskaito atitinkamą sumą iš kortelės [3]. Octopus kortele galima atsiskaityti daugiau nei 296 skirtingose organizacijose, kurioms priklauso viešasis transportas, parkavimas, mažos parduotuvės, pramogų parkai, greito maisto aptarnavimas, kepyklos, parduotuvės, supermarketai, foto būdelės, kino teatrai, pramogų vietos, mokyklos ir t.t.



3 pav. Octopus kortelė (Hong Kong)

Šaltinis: <https://www.octopus.com.hk/en/consumer/octopus-cards/products/on-loan/personalised.html>

Situacija Lietuvoje

Per pastarąjį dešimtmetį e-bilieto sistema įdiegta Lietuvos didžiuosiuose miestuose – Vilnius, Kaunas, Klaipėda [1]. Juose naudojama lenkų gamintojo R&G įranga. Vėliau ši sistema buvo įdiegta Druskininkuose, 2016 – Šiauliuose. Naudojamų kortelių pavyzdžiai pateikti 4 paveiksle.



4 pav. Lietuvos didžiuosiuose miestuose naudojamų kortelių pavyzdžiai

Šaltiniai: <http://www.vilniusticket.lt/client/files/pages/134493248691.jpg>; <https://www.kvt.lt/wp-content/uploads/2017/05/Kauno-bilietas-borders-300x178.jpg>; http://www.klaipedatransport.lt/img/elements/0/6/block_56efd8d9926cc.png;

Nors šiomis sistemomis Lietuvoje naudojamos jau keletą metų, tačiau iki šiol susiduriama su eile problemų, vis dar reikalingi įvairūs sistemų tobulinimai. Tai šį kartą bandys atlikti Alytaus miestas.

Viešojo transporto informacinės sistemos (VTIS) funkcijos, uždaviniai, architektūra. Informacinė sistema keleiviniame transporte skirta dviem uždaviniams realizuoti [1]:

1. Transporto priemonės valdymo ir kontrolės: grafiko laikymasis; judėjimo parametrai (greitis, pagreitis, vaizdas priekyje); keleivių informavimas; telemetrija (kuro lygis, durų uždarymas).

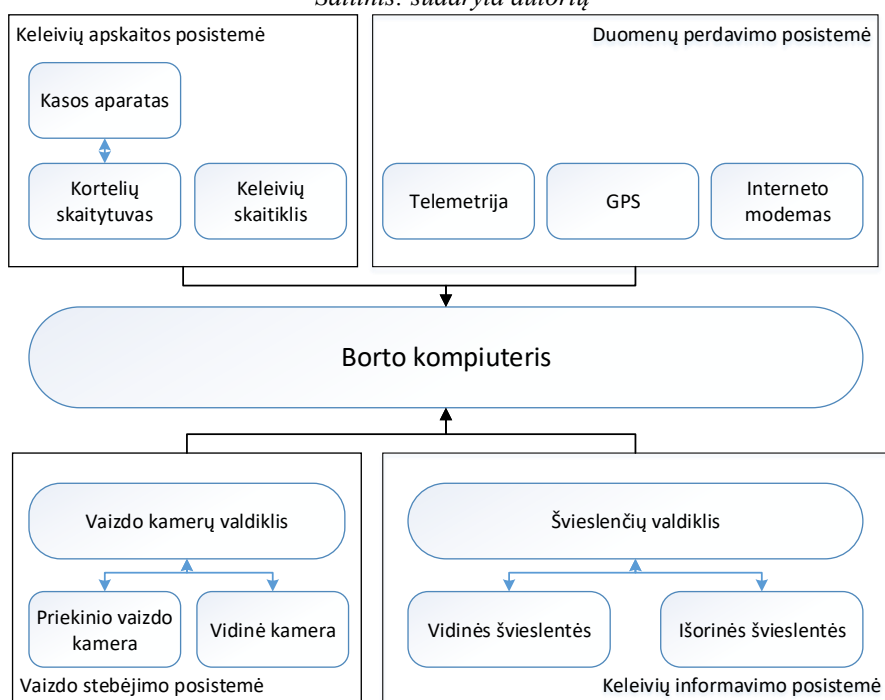
2. Keleivių apskaitos ir atsiskaitymo administravimas bei optimizavimas: tvarkos ir incidentų stebėjimas; keleivių apskaita; atsiskaitymas už važiavimą.

5 paveiksle pateikta viešojo transporto informacinės sistemos struktūra, kuri apjungia daug organizacijų ir informacinių sistemų: a) Transporto priemonės, b) Keleivių elektroninės kortelės, c) Keleivių informavimo sistema, d) Apmokėjimo už važiavimą sistema, e) Vežėjų įmonės, f) Savivaldybės viešojo transporto skyrius. Viena sudėtingiausių grandžių šioje informacinėje sistemoje yra keleivinio transporto priemonė [1]. Šios posistemės struktūrinė schema pateikta 6 paveiksle, jos sudedamąsias dalis sudaro: 1) elektroninio bilieto įranga; 2) borto kompiuteriai su GPS, 3/4G ir bilietų moduliais, skirtais keleivių apskaitai, artimo ryšio užtikrinimui bei duomenų perdavimui, transporto priemonių stebėjimui ir kitoms būtinoms funkcijoms užtikrinti; 3) kortelių skaitytuvai ir komposteriai; 4) fiskaliniai spausdintuvai; 5) švieslentės (transporto priemonės išorės priekinėje dalyje, šone, gale bei transporto priemonės vidinė švieslentė priekyje); 6) keleivių skaičiavimo įranga; 7) video kameros (išorėje ir viduje); 8) švieslentės gatvėse.



5 pav. Viešojo transporto informacinės sistemos struktūra

Šaltinis: sudaryta autorių



6 pav. Viešojo transporto priemonės informacinės sistemos struktūra

Šaltinis: sudaryta autorių

Reikalavimai techninės įrangos charakteristikoms ir funkcionalumui [1].

Elektroninės kortelės techninės charakteristikos:

1. Kortelės sąsajos tipas – kortelė turi būti bekontaktinė.
2. Minimalus atminties kiekis kortelėje – ne mažiau 1024 baitai.
3. Palaikomas standartas – kortelė turi palaikyti ISO/IEC 14443A standartą.
4. Matmenys – standartinės bankinės kortelės formato, D-1 85,60 × 53,98 mm.
5. Apipavidalinimo galimybės – ant kortelės galima atspausdinti papildomą informaciją, pavyzdžiui, brūkšninį kodą, logotipą, asmens nuotrauką (jei bankinės kortelės pavidalo).

Bendrieji reikalavimai transporto priemonių techninei įrangai:

1. Pateikiama techninė įranga turi tenkinti modulinės įrangos komponavimo principus. T.y. atskiri jos moduliai gali būti keičiami to paties ar kito gamintojo moduliais, jei jų išorinės sąsajos ir vidinis funkcionalumas suderinami su bendrais reikalavimais.

2. Visa pateikiama įranga turi turėti licenzijas bei kitus dokumentus, įgalinančius teisėtai ja naudotis.

3. Reikia užtikrinti, kad tiek fiskalinė, tiek kita įranga, kuriai būtinas sertifikavimas, turės reikiamus sertifikatus, leidžiančius šią įrangą naudoti Lietuvoje bei pateikti šiuos sertifikatus.

4. Įranga turi būti atspari vandalizmui bei apsaugota nuo neautorizuoto atidarymo.

5. Įranga turi būti pritaikyta transportui, atspari vibracijai, dulkėms, drėgmei, temperatūros pokyčiams.

6. Įrangos nominali darbinė įtampa – 12 / 24 V DC.

7. Įrangos darbinė temperatūra – nuo -20 C° iki +50 C°.

Reikalavimai borto kompiuteriui:

1. Reikalavimai bilietų transakcijų informacijos išsaugojimui – saugoti bendrą visų su kortelėmis susijusių transakcijų informaciją: transakcijos tipas; transakcijos numeris; įrenginio, kuris įvykdė transakciją kodas (tipas); įrenginio, kuris įvykdė transakciją numeris (identifikatorius); transakcijos data ir laikas; kortelės numeris.

2. Atsiskaitymo priemonių įvairovės užtikrinimas – turi sudaryti galimybę keleiviams atsiskaityti už kelionę elektroninėmis kortelėmis, pakabukais, laikrodžiais su elektroniniu lustu, mobiliais telefonais NFC bei BLE sąsajų pagalba.

3. Tolimo ryšio informacijos mainų užtikrinimas – turi užtikrinti galimybę bet kuriame maršruto taške priimti nedidelius kiekius informacijos (internetu pirkti bilietai, internetu papildytos piniginės, blokuotos kortelės ir pan.), taip pat turi būti užtikrinta galimybė perduoti nedidelius kiekius informacijos tolimo ryšio posistemėi (blokuotos kortelės, kortelių papildymas pagal internetu įvestą informaciją, informacija, susijusi su transporto priemonės judėjimu pasirinktu maršrutu ir pan.).

4. Artimo ryšio informacijos mainų užtikrinimas – turi būti užtikrinta galimybė priimti (nauji maršrutai, jų grafikai, blokuotųjų kortelių sąrašas ir pan.) ir perduoti (bilietų transakcijos, kelio modulio informacija ir pan.) didelius kiekius informacijos nedideliu atstumu.

5. Keleivių informacijos posistemės informacijos saugojimas – turi turėti galimybę saugoti informaciją, skirtą keleivių informavimui (stotelių ir maršrutų pavadinimai ir pan.). Informacijos saugojimo kiekis turi apimti ne mažiau 2 maršrutų (grafikų) kompleksus.

6. Reikalavimai saugomos informacijos kiekiui – turi būti išsaugoma ne mažiau kaip dviejų darbo dienų operatyvioji informacija.

7. Fiskalinių ataskaitų pateikimas – turi būti galimybė pageidaujamą fiskalinę informaciją ir ataskaitas spausdinti.

8. Papildoma informacija ant čekio – turi būti galimybė ant čekio spausdinti papildomą tekstinę informaciją.

9. Telemetrijos užtikrinimas – turi būti galimybė nuotoliniu būdu kontroliuoti pagrindinius autobuso parametrus (kuro lygis, durų uždarymas, judėjimo greitis, autobuso pajudėjimas, per didelis pagreitis, SOS mygtukas) bei esant reikalui išjungti/įjungti variklį.

Šiame straipsnyje pateikiama sutrumpinta ir apibendrinta informacija, daugiau informacijos yra pateikta Techninėje galimybių studijoje [1].

Išvados

1. Vertinant viešojo transporto tendencijas matoma, kad daugelis viešojo transporto įmonių pereina prie e-bilieto koncepcijos.

2. Atlikus e-bilieto taikymo galimybių analizę galima teigti, kad e-bilieto ir elektroninių informavimo sistemų įdiegimas suteikia ilgalaikę naudą visoms suinteresuotoms pusėms.

3. Nauda viešojo transporto keleiviams – mažesnės laiko sąnaudos, daugiau informacijos apie maršrutus, patogesnis kelionės planavimas, lankstesnis atsiskaitymas.

4. Nauda viešojo transporto įmonėms:

- Ilgainiui padidėja pajamos iš pagrindinės veiklos. Pajamų padidėjimą sąlygotų išaugęs viešojo transporto populiarumas. Populiarumo išaugimas yra dėsningas, kadangi išaugusi paslaugos kokybė skatins dažnesnį naudojimąsi paslauga.

- Patikimesnė bilietų apsauga. Elektroninė sistema minimizuoja galimybę klastoti bilietus.

- Lengvesnė keleivių apskaita.

- Galimos pajamos iš reklamos. Pajamos būtų gaunamos iš reklamos ploto nuomos informaciniuose stenduose (švieslentėse) viešojo transporto priemonių sustojimo vietose ar pačiose transporto priemonėse.

5. Nauda miesto savivaldybei:

- Efektyvus keleivių srautų valdymo galimybės, naudojant diferencijuotą kainodarą. Elektroninė e-bilietai sistema leis gauti patikimą informaciją apie keleivių srautų pasiskirstymą laike. Esant poreikiui, būtų galima taikyti nuolaidas paslaugoms ne piko metu.

- Optimalių maršrutų sudarymo galimybė. Turint išsamią informaciją apie keleivių srautus, miesto savivaldybės administracijos transporto skyrius galėtų koreguoti esamus maršrutus, siekiant išvengti keleivių pertekliaus atskiruose maršrutuose.

- Efektyvi viešojo transporto priemonių kontrolė. E-bilietai sistema leis nustatyti tikslią viešojo transporto priemonių buvimo vietą.

- Funkcionuojanti e-bilietai sistema sudarys galimybę integruoti ir plėsti kitas e-paslaugas mieste.

Literatūra

1. Bačiliūnas A., Bagdavičius N., Kilius Š. Keleivių vežimo mikroautobusais apskaitos ir atsiskaitymo sistema. Techninė galimybių studija. – 2017. – 75 p.
2. Introducing free public transport in Tallinn (Estonia). <http://www.eltis.org/discover/case-studies/introducing-free-public-transport-tallinn-estonia>
3. Public Transport in Hong Kong. <http://www.hongkong.net/transportation>
4. Transport for London. Oyster. <https://tfl.gov.uk/fares-and-payments/oyster>

Summary

When evaluating the public transportation trends in Lithuania and also abroad, there is a tendency observed associated with transition toward the concept of e-ticket. Currently, a traditional system of paper-based tickets is still encountered quite often, and it poses quite a number of difficulties: cash accounting and collecting is required, driver's time is wasted when paying for the trip inside the vehicle, inflexible pricing system, complicated accounting related to passenger exemptions and associated compensation for the driver. Therefore, existing passenger accounting systems were analyzed and both modern and optimal hardware-software solutions are suggested, encompassing passenger billing measures, transport accounting and registration equipment, and transport fleet management system.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Albinas Bačiliūnas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: UAB Acoris

Autoriaus mokslinių interesų sritys: el. kortelių sistemos (e-bilietai, e-pinigai, darbuotojų ir turto valdymas)

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 655 36062, albinas@acoris.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Nerijus Bagdavičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: intelektualios elektroninės sistemos, „Protingo namo“ sistemos, apsaugos nuo žaibo sistemos, elektroninių sistemų kokybė

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 689 13887, nerijus.bagdavičius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Šarūnas Kilius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: VŠĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, Elektronikos ir elektros inžinerijos krypties studijų programų departamento docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektroninės apsaugos sistemos, mikroprocesorinės valdymo sistemos, elektromobilių sistemos

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 23231, sarunas.kilius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Albinas Bačiliūnas

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences

Workplace and position: UAB Acoris

Author's research interests: electronic cards systems (e-tickets, e-money, management of employees and property)

Telephone and e-mail address: +370 655 36062, albinas@acoris.lt

Author name, surname: Nerijus Bagdavičius

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, Associated Professor

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Associated Professor of Electronics and Energy Study Programs Department, Faculty of Engineering Sciences

Author's research interests: Intelligent electronic systems, „Smart House“ systems, Lightning protection systems, Quality of electronic systems.

Telephone and e-mail address: +370 689 13887, nerijus.bagdanavicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Šarūnas Kilius

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences, Associated Professor

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Associated Professor of Electronics and Energy Study Programs Department, Faculty of Engineering Sciences

Author's research interests: electronic security systems, microprocessor based control system, systems of the electric vehicles

Telephone and e-mail address: +370 684 23231, sarunas.kilius@edu.ktk.lt

ISSN 2029-9303

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2017 Nr. 1

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**

Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Techninis redaktorius **Mantvydas Mieliauskas**

Tiražas 70 egz. 220 psl. Parengimo spaudai data 2018 – 06 - 29

Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@ktk.lt

Spausdino KTU spaustuvė/leidykla „Technologija“, Studentų g. 54, LT-51424 Kaunas

<http://ktu.edu/lt/leidykla>

El.p. leidykla@ktu.lt