

ISSN 2029-9303
ISSN 2783-6215



LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJA
HIGHER EDUCATION INSTITUTION

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
Mokslinių straipsnių žurnalas

ENGINEERING AND EDUCATIONAL TECHNOLOGIES

Kaunas, 2024

Vyriausioji redaktorė Doc. Dr. Lina Girdauskienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Redaktorių kolegija/Editorial Board:	
Doc. Dr. Jurgita Barynienė Kauno technologijos universitetas/ <i>Kaunas University Of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Ali Can <i>Karabuk universitetas/ Karabuk University (Turkija/Turkey)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Andrius Dargužis <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Sandra Ežmale <i>Malnava kolegija/ Malnava College (Latvija/Latvia)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Dr. Genutė Gedvilienė <i>Vytauto Didžiojo universitetas/ Vytautas Magnus University (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Dr. Ivans Griņevičs, Rygos technikos universitetas/ <i>Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Viktors Gutakovskis Rygos technikos universitetas/ <i>Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas Kauno technologijos universitetas/ <i>Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Habil. Dr. Gál József <i>Šegedo universitetas/ University of Szeged (Vengrija/Hungary)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Darius Kybartas <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University Of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Roy Knechtel <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University of Applied Sciences Schmalkalden (Vokietija/Germany)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Daiva Lepaitė Vilniaus universitetas/ <i>Vilnius University (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Prof. Dr. Zbigniew Lukasik <i>Radomo Kazimiero Pulaskio technikos ir humanitarinis universitetas/ Casimir Pulaski University of Radom (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Jonas Matijošius <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Doc. Dr. Tomas Mickevičius <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Rosita Norvaišienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Tomasz Perzyfiski <i>Radomo Kazimiero Pulaskio technikos ir humanitarinis universitetas/ Casimir Pulaski University of Radom (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Virgaudas Puodžiukas <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Alfredas Rimkus <i>Vilniaus Gedimino technikos universitetas/ Vilnius Gediminas Technical University (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Marius Saunoris <i>Kauno technologijos universitetas/ Kaunas University of Technology (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Rainer Schackmar <i>Šmalkaldeno taikomųjų mokslų universitetas/University of Applied Sciences Schmalkalden (Vokietija/Germany)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Doc. Dr. Raimondas Šadzevičius <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Boris Tudjarov <i>Sofijos technikos universitetas/ Technical University of Sofia (Bulgarija/Bulgaria)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Prof. Dr. Slawomir Wierzbicki <i>Varmijos Mozūrų universitetas/ University of Warmia and Mazury (Lenkija/Poland)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Rasa Žygienė <i>Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

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

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

Redakcijos adresas:

VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija

Tvirtovės al. 35, LT- 50155 Kaunas
Tel./faks. (8 37 308620)/(8 37 333120)
El. p. info@lik.tech
http://www.lik.tech

Address:

Lietuvos inžinerijos kolegija/ Lietuvos inžinerijos kolegija | Higher Education Institution

Tvirtovės av. 35, LT- 50155 Kaunas
Phone./fax. (+370 37 308620)/(+370 37 333120)
E-mail. info@lik.tech
http:// www.lik.tech

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.

© Lietuvos inžinerijos kolegija, 2024

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiami skaitytojai ir kolegos,

Mokslinių straipsnių žurnalo “Inžinerinės ir edukacinės technologijos” redkolegija pristatydamą Jums 2024 metų antrąjį numerį, džiaugiasi, jog šį kartą į Jūsų rankas patenka gana plataus spektro mokslinių publikacijų leidinys.

Dvidešimt penkiuose straipsniuose atsispindi tiek technologijos ir socialinių mokslų srities aktualijos, tiek ir realią taikomąją vertę turintys darbai. Šiame leidinio numeryje galime rasti ir pradedančių tyrėjų publikacijų.

Džiugu, kad mokslinius tyrimų rezultatus publikuoja tiek universitetų, tiek kolegijų tyrėjai arba tyrėjų grupės, o šių tyrimų rezultatų pasiekiamumas tampa prieinamas platesniam skaitytojų ratui.

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

Tikimės, kad visi paminėti aspektai paskatins skaitytojų susidomėjimą publikacijomis, dėkojame straipsnių autoriams ir tikimės sėkmingo tolesnio bendradarbiavimo.

Su pagarba,
vyriausioji redaktorė

dr. Lina Girdauskienė

TURINYS

SPORTINIO AUTOMOBILIO BMW325CUP PASIPRIEŠINIMO JUDĖJIMUI JĖGŲ MODELIAVIMAS	8
Tomas Liutkus Lietuvos inžinerijos kolegija	
DYZELINĖS „COMMON RAIL“ MAITINIMO SISTEMOS TEPUMO TYRIMAS	17
Tomas Mickevičius, Eimantas Daukintis Lietuvos inžinerijos kolegija	
KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ VIDAUS DEGIMO VARIKLIŲ GEDIMŲ POBŪDŽIO SĄSAJOS SU AUTOMOBILIO RIDA	23
Jokūbas Mackevičius, Marius Mažeika Lietuvos inžinerijos kolegija	
ELEKTRINIO AUTOMOBILIO BATERIJOS ĮKROVIMO GREIČIO PRIKLAUSOMYBĖS NUO TEMPERATŪROS TYRIMAS.....	29
Darius Juodvalkis Lietuvos inžinerijos kolegija	
INDUKTYVUMO RITĖS KOKYBĖS GERINIMAS INTEGRINIUOSE GRANDYNUOSE	35
Vytautas Mačaitis Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas	
AUTOMOBILIO SAAB 900 AERODINAMINIŲ APKROVŲ TYRIMAS NAUDOJANT SUKURTA PAKABOS AUKŠČIO MATAVIMO PROTOTIPĄ.....	40
Žilvinas Martišius, Rasa Žygienė, Artūras Aleksynas, Mindaugas Paškauskas Lietuvos inžinerijos kolegija	
GIRSTUČIO UPELIO ŠLAITŲ TVARKYMO SPRENDIMAI	49
Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius, Edmundas Šimoliūnas Lietuvos inžinerijos kolegija	
KELIŲ SU ŽVYRO DANGA DULKĖTUMĄ MAŽINANČIŲ MEDŽIAGŲ DAUGIAKRITERINS VERTINIMAS	56
Regina Motienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
DEFORMACINIŲ PJŪVIŲ TILTO KONSTRUKCIJOJE TECHNOLOGINIŲ SPRENDINIŲ IR ALTERNATYVIŲ VARIANTŲ ANALIZĖ	64
Regina Motienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETER OF LARGE-SPAN STEEL TRUSSES	71
Jūratė Mockienė Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution	
CASE STUDY: DESIGN CONSTRAINTS FOR A NOZZLE	78
Štys Esmeralda Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution	
RESEARCH ON WAVE ENERGY CONVERSION FOR HOME USE.....	88
Esmeralda Štys Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution	

SUSTAINABILITY AND ENERGY EFFICIENCY IN ARCHITECTURE THROUGH PHOTOVOLTAIC SYSTEMS	97
Esmeralda Štyps Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution	
KVADRATINIO SKERSPJŪVIO STRYPO PRESAVIMO JĖGOS ANALITINIS MODELIS	102
Jurijus Tretjakovas Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
JUOSTINIO KONVEJERIO JUOSTOS PAŽEIDIMAI BEI JUOS LEMIANČIOS PRIEŽASTYS	106
Diana Šateikienė Klaipėdos valstybinė kolegija	
OBJEKTYVIAI PAMATUOJAMŲ SOCIALINIŲ EKONOMINIŲ GEROVĖS RODIKLIŲ RAIŠKOS VERTINIMAS: BALTIJOS ŠALIŲ SITUACIJOS 2020-2023 METAIS ANALIZĖ	113
Kristina Burneikienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
VERSLO PRADĖJIMĄ ĮTAKOJANTYS VEIKSNIAI: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS STUDENTŲ SITUACIJOS ANALIZĖ	119
Kristina Burneikienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
DARBDAVIO PATRAUKLUMAS Z KARTOS ATSTOVAMS: TYRIMO PASIŪLYMAS	125
Lina Girdauskienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
DARBDAVIO PATRAUKLUMAS: PILOTINIS INŽINIERIŲ TYRIMAS	130
Lina Girdauskienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
SOCIALINIŲ TINKLŲ VAIDMUO „TALENTŲ MEDŽIOTOJO“ VEIKLOJE	134
Dovilė Valantiejiene, Lina Girdauskienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
ŽAIDYBINIMO TAIKYMO POVEIKIS ASMENINEI REPUTACIJAI	139
Dovilė Valantiejiene, Lina Girdauskienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
VISUOMENĖS APSAUGOS NUO ŽALINGO AZARTINIŲ LOŠIMŲ POVEIKIO UŽTIKRINIMO TEISINĖMIS PRIEMONĖMIS PROBLEMINIAI ASPEKTAI	144
Kęstutis Vitkauskas Lietuvos inžinerijos kolegija	
PIRMO KURSO STUDENTŲ ADAPTACIJĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS ATVEJO ANALIZĖ	155
Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė Lietuvos inžinerijos kolegija	
COMPETENCIES FOR CAREER SUCCESS IN LABOUR MARKET	161
Inga Dagilienė Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution	
STUDENTŲ DALYVAVIMAS AZARTINIULOSE LOŠIMULOSE: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS ATVEJO ANALIZĖ	168
Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučelienė Lietuvos inžinerijos kolegija	

SPORTINIO AUTOMOBILIO BMW325CUP PASIPRIEŠINIMO JUDĖJIMUI JĖGŲ MODELIAVIMAS

Tomas Liutkus

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Norint įvertinti automobilio reakciją į jam pateiktas įvestis galima tą reakciją sumodeliuoti, jei tik tam yra tinkama metodika ir parametrai. Šis darbas atliktas siekiant sukurti validžius pasipriešinimo judėjimui jėgų modelius BMW325Cup klasės sedano ir kupė tipo sportiniams automobiliams, kurių dėka būtų galima vertinti pasipriešinimo judėjimui įtaką keičiant važiuoklės geometriją bei kitas fizikines sąlygas. Modeliams validuoti pasitelkiama skysčių tėkmės dinamikos (CFD) analizė, kurios metu nustatomas priekinės projekcijos plotas bei aerodinaminio pasipriešinimo jėga. Rezultatai patvirtina modelio validumą bei numato galimybes vėlesniems tyrimams.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Aerodinaminis pasipriešinimas, pasipriešinimas riedėjimui, CFD analizė, automobilių dinamika.

Įvadas

Simuliacijos automobilių industrijoje ir automobilių sporte yra dominuojantis įrankis automobilių tobulinimui ir vystymui. Norint numatyti automobilio reakciją į tam tikras vairuotojo įvestis, galima sumodeliuoti tokius atoveiksmius naudojant moksliniais tyrimais pagrįstas judėjimo lygtis ir modeliuojamo automobilio parametrus. Kai kurie parametrai yra išmatuojami statiniais metodais, o kai kuriems atliekami įvairūs testai.

Vienas pagrindinių veiksnių, norint vertinti, modeliuoti automobilio gebėjimą akceleruoti, bei jo perduodamą galią – yra pasipriešinimo jėga. Ji susidaro iš įvairių jėgų, veikiančių automobilį, kaip – pasipriešinimas riedėjimui, trintis tarp besisukančių transmisijos detalių, aerodinaminis pasipriešinimas bei kelio nuolydis. Tikslus pasipriešinimo modelis automobilio darbinėmis sąlygomis yra itin svarbūs jo pajėgumo vertinimui bei kitų modelių validacijai.

Riedėjimo testas, norint nustatyti automobilio pasipriešinimą, naudojamas jau kelis dešimtmečius ir yra patikimas metodas nustatyti aerodinaminio bei pasipriešinimo riedėjimui koeficientus. Vėliau įrašyti matavimų duomenys yra apdorojami ir yra pritaikoma daugianarės funkcijos kreivė (angl. – *polynomial fitting*), ko pasekoje panaudojamas „least squares“ metodas išgauti pasipriešinimo koeficientus (SAE_J1263, 2010).

Išskyrus aerodinaminio pasipriešinimo koeficientą, siekiant validuoti gautus rezultatus, bet neturint galimybių naudotis vėjo tuneliu, taikomas skysčių tėkmės dinamikos (angl. – *Computational Fluid Dynamics*, toliau - CFD) modeliavimo metodas. Šiuo atveju, pasitelkus CFD programinę įrangą, virtualiame vėjo tunelyje simuliuojamas 3D automobilio modelis, ko pasekoje vertinama tokio modelio aerodinaminio pasipriešinimo jėga, bei išskiriami koeficientai, kurie validuoja sukurtą pasipriešinimo modelį.

Tyrimo tikslas: sukurti BMW325Cup klasės sportiniams automobiliams pasipriešinimo judėjimui jėgų modelį;

Tyrimo uždaviniai:

1. Atliktos mokslinės literatūros pagrindu, nustatyti pagrindines automobilio pasipriešinimo riedėjimui jėgų dedamąsias;
2. Naudojant riedėjimo testo metodiką nustatyti BMW325 Cup klasės sportinių automobilių pasipriešinimo judėjimui jėgų dedamųjų koeficientus;
3. Sukurti BMW325 Cup klasės sportinių automobilių skysčių tėkmės dinamikos modelius, atlikti CFD analizę aerodinaminio pasipriešinimo jėgų vertinimui.

Pasipriešinimas automobilio greitėjimui ir jo rūšys

Automobiliui greitėjant, veikia opozicinės jėgos, kurios priešinasi tokiam veiksmui ir verčia jį lėtėti. Todėl dalis varomosios jėgos yra sunaudojama įveikti pasipriešinimo jėgas. Pasak Gillespie (2021), tokios jėgos yra kelių rūšių, tai:

- aerodinaminis pasipriešinimas;
- pasipriešinimas riedėjimui;
- trintis besisukančiose automobilio detalėse;
- įkalmės veiksnys;
- vėjo pasipriešinimas;

Bendrai visos jėgos vadinamos kelio apkrovomis (angl. – *road loads*) ir skaičiuojamos

$$F_{Drag} = D_{Aero} + D_{RR} + D_{Slope} \quad (1)$$

čia: D_{Aero} – Aerodinaminis pasipriešinimas; D_{RR} – Pasipriešinimas riedėjimui; D_{Slope} – Įkalnės pasipriešinimas.

Esant lygiam, nuolydžio neturinčiam kelio profiliui, įkalnės veiksnys yra

Aerodinaminis pasipriešinimas

Oro tėkmė aplink automobilį yra labai sudėtingas veiksnys, tam supaprastinti 20-ojo amžiaus pradžioje buvo sukurtas pusiau-empirinis modelis, kuris leidžia apskaičiuoti aerodinaminio pasipriešinimo jėgą (priimant, jog nėra vėjo) (Katz, 1996):

$$D_{Aero} = \frac{1}{2} \rho C_D A v^2 \quad (2)$$

čia: C_D – Aerodinaminio pasipriešinimo koeficientas; A – Automobilio priekinės projekcijos plotas; ρ – Oro tankis

Koeficientas C_D nustatomas empiriniais metodais – vėjo tunelyje arba apskaičiuojamas naudojant riedėjimo testą. Kadangi automobilio dydis daro tiesioginę įtaką aerodinaminiam pasipriešinimui, kartais automobilio pasipriešinimo savybės yra nusakomos $C_D A$, o $\frac{1}{2} \rho v^2$ šioje formulėje išreiškiama kaip dinaminis oro slėgis. Labai svarbu pastebėti, jog aerodinaminis pasipriešinimas didėja su greičio priklausomybe kvadratu, kas parodo, kad važiuojant dideliu greičiu didžioji dalis varomosios jėgos išnaudojama įveikti šį pasipriešinimą.

Pasipriešinimas riedėjimui

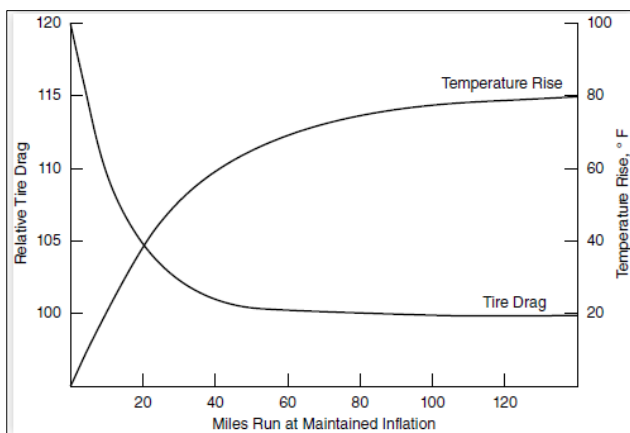
Esant mažam greičiui, važiuojant asfaltuota danga, pasipriešinimo riedėjimui jėga yra pagrindinė pasipriešinimo dedamoji. Standartiniuose, lengvuosiuose automobiliuose ši jėga yra pagrindinė kliūtis, iki kol aerodinaminis pasipriešinimas tampa dominuojančia pasipriešinimo jėga pasiekus maždaug 80 km/h greitį.

Literatūroje įvardijami bent septyni veiksniai, iš kurių susidaro pasipriešinimas riedėjimui (Gillespie, 2021):

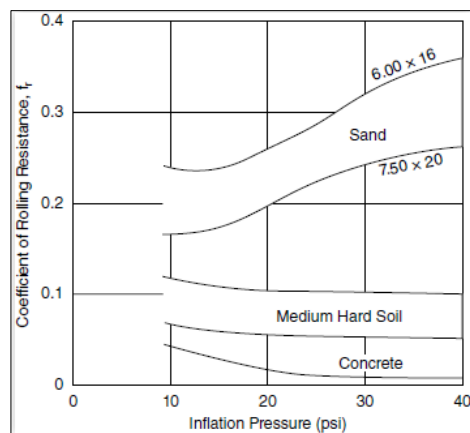
- Energijos nuostoliai dėl padangos šoninės sienelės deformacijos;
- Energijos nuostoliai dėl padangos protektoriaus deformacijos kontaktiniame plote;
- Trintis padangos kontaktiniame plote;
- Padangos praslydimas išilginėje bei šoninėje kryptimis;
- Kelio dangos deformacijos;
- Oro pasipriešinimas padangos viduje bei išorėje;
- Kelio dangos nelygumai;

Apskaičiuojant pasipriešinimą riedėjimui, naudojamas pasipriešinimo riedėjimui koeficientas C_{rr} ir atsižvelgiama į visų ratų vertikalią apkrovą, o tai priklauso ir nuo aerodinaminio prispaudimo.

Yra keli veiksniai, kurie gali gan efektyviai keisti pasipriešinimą riedėjimui, kaip padangos temperatūra ir vidinis slėgis. Kylant temperatūrai, pasipriešinimas riedėjimui mažėja, tarp 15 ir 25°C, nusistovi ir lieka gan statiškas:



1 pav. Padangos pasipriešinimo riedėjimui priklausomybė nuo jos temperatūros (Gillespie, 2021)



2 pav. Pasipriešinimo riedėjimui koeficiento priklausomybė nuo padangos vidinio slėgio, ant skirtingo kelio dangų (Gillespie, 2021)

Kintantis padangos vidinis slėgis, gali turėti tiek naudingą, tiek žalingą efektą pasipriešinimo dydžiui,

priklausomai nuo kelio dangos (2 pav).

Nors, dėl paprastumo, dažnai pasipriešinimas riedėjimui yra įvardijamas kaip pastovus matmuo, realybėje, jis yra tiesiogiai priklausomas nuo greičio, nes didėjant greičiui, padangos gumoje didėja deformacijos dažnis. Dėl specifinių gumos mišinių, skirtų padidinti sukibimą su danga, sportinės padangos turi kur kas didesnį pasipriešinimo riedėjimui koeficientą nei standartinės, viešajame eisme naudojamos padangos.

Dėl didelio kiekio dedamųjų, teisingai apskaičiuoti vieną pasipriešinimo riedėjimui koeficientą C_{rr} yra sunkus uždavinys, todėl nustatomo koeficiento tikslumas yra ginčijamas. Bet kuriuo atveju, yra viešai sutinkama, kad pasipriešinimas riedėjimui yra priklausomas nuo sunkio jėgos, veikiančios padangas:

$$C_{rr} = \frac{D_{RR}}{W} \quad (3)$$

čia: D_{RR} – pasipriešinimo riedėjimui jėga.

Nuostoliai besisukančiose detalėse

Dar viena pasipriešinimo rūšis susidaro iš visų besisukančių detalių trinties, kitaip sakant, pavaros nuostolių. Literatūroje ši pasipriešinimo rūšis nusakoma dviem dedamaisiais – R_{f0} ir R_{f1} , kadangi važiuojant mažu greičiu pasipriešinimas yra gan tolygus, tačiau greičiui didėjant, atsiranda pasipriešinimo priklausomybė nuo greičio (Preda et al., 2010):

$$R_f = R_{f0} + R_{f1}v \quad (4)$$

čia: R_{f0} – pavaros nuostoliai esant mažam greičiui; $R_{f1}v$ – pavaros nuostoliai su priklausomybe nuo greičio.

Verta paminėti, jog literatūroje koeficientai (formulė 5) yra žymimi skirtingai, taip pat skirtingai diskutuojama dėl jų reikšmės, t.y. ar tai – pavaros nuostoliai, ar pasipriešinimo riedėjimui koeficientai. SAE J1263 standartas koeficientus nusako kaip μ ir μ_0 , bei pažymi, jog tai padangų pasipriešinimo riedėjimui nuostoliai, taip pat nurodoma ir jų priklausomybė nuo padangos temperatūros (SAE_J1263, 2010). Crewe et al. koeficientus išskiria taip pat, kaip padangų pasipriešinimo – A_d ir B_d , kai antrasis yra priklausomas nuo greičio $B_d v$, bei turi temperatūros korekcijos faktorių K_T (1996). Toliau šiame tekste koeficientai žymimi A_D ir B_D .

Metodinė dalis

Siekiant nustatyti automobilį veikiančias pasipriešinimo jėgų dydį, galima naudoti kelis metodus. Vienas labiausiai paplitusių bandymų automobilių industrijoje yra riedėjimo testas (angl. – *Coast-down test*), kuris padeda nustatyti automobilio pasipriešinimo jėgą, ko pasėkoje galima vertinti degalų suvartojimo efektyvumą. Be pasipriešinimo riedėjimui, jis naudojamas įvertinti automobilio aerodinaminį pasipriešinimą ir puikiai koreliuoja su duomenimis, gautais iš vėjo tunelio (Andersen, 2015). Nesant galimybei automobilio aerodinaminio pasipriešinimo nustatyti vėjo tunelyje, kitas būdas – turėti realybę atitinkantį (validų) skysčių tėkmės dinamikos (angl. – *computational fluid dynamics, toliau – CFD*) modelį. Automobilių industrijoje CFD yra vienas iš pagrindinių įrankių automobilio dizaino vystymo ir optimizavimo procese. Čia tiriamo automobilio kompiuterinio dizaino modelis (angl. – *computer-aided design, toliau – CAD*) simuliuojamas virtualiame vėjo tunelyje, iš gautų rezultatų vertinami automobilio aerodinaminiai parametrai. CFD naudojamas tiek atskirų detalių, tiek pilno modelio dizainui vertinti (Ravelli, 2019).

Riedėjimo testo metodika

Atliekant testą, automobilis įsibėgėja iki numatyto, stabilaus greičio, tuomet įminama sankaba, atjungiama transmisija ir automobiliui leidžiama laisvai riedėti. Tokioje būsenoje automobilis rieda ir lėtėja tik veikiamas pasipriešinimo jėgų – aerodinaminio pasipriešinimo, pasipriešinimo riedėjimui ir trinties iš besisukančių detalių nuostolių, iki kol sustoja iki rimties taško. Matuojant automobilio greitį laiko atžvilgiu gaunamas neigiamas pagreitis, o žinant masę – jėga stabdanti automobilį, matavimai paremti antruoju Niutono dėsnio. Papildomai matuojami parametrai – vėjo greitis ir kryptis, kelio nuolydis, oro temperatūra, atmosferos slėgis. Turint šiuos parodymus galima nustatyti veikiančių jėgų dedamuosius. Siekiant turėti minimalias paklaidas, testas atliekamas laikantis nustatytų sąlygų (CECET, 2015):

- Bandymai atliekami saugioje, uždarytoje zonoje (trasoje);
- Turi būti važiuojama tik tiesiai, nekeičiant trajektorijos, tiesiu keliu;
- Testas vykdomas dvejomis kryptimis, važiuojant į priekį ir atgal;
- Idealiu atveju važiuojama viena kryptimi bent keturis kartus (viso – 8);
- Testui prasidėjus, sankaba turi likti įminata iki testo pabaigos, taip užtikrinama, jog transmisija nebus sujungta su varikliu;
- Esant per trumpai tiesiajam, kurios atkarpoje galima būtų atlikti visą testą, galima tai daryti atkarpomis, pasirenkant norimą greičių diapazoną;

- Kadangi bandymuose naudojamas sportinis automobilis, jis turi atitikti savo klasei keliamus techninius reikalavimus (BaTCC, 2024);
 - Langai turi būti uždaryti;
 - Padangos naudojamos, tokios, kaip numatyta techniniuose reikalavimuose, naudotos, pravažiavusios bent 200km, slėgis – vidutinis šiltoms padangoms;
 - Oro sąlygos: oro temperatūra 12-30°C, danga sausa, vėjas ne daugiau 5 m/s, turi būti žinoma vėjo kryptis;
 - Greitis: bandymas prasideda nuo 160km/h, kadangi toks buvo automobilio vidutinis greitis 2023m. BaTCC organizuojamose varžybose;
 - Bandymo rezultatams įrašyti naudojama duomenų rinkimo sistema, kuri automobilio CAN kanalais įrašo greitį, bandymo atlikimo laiką bei akselerometro parametrus;
 - Prieš bandymą reikiami jutikliai kalibruojami pagal įrangos gamintojo nurodymus;
 - Duomenys įrašyti 25Hz dažniu, GPS pagalba, kadangi standartinis automobilio perduodamas greitis įrašomas tik kaip sveikas skaičius ir šiuo atveju GPS gali perduoti tikslesnę informaciją.
- Atlikus bandymus, gaunama daug neapdorotų duomenų, reikia atlikti rezultatų analizę ir išfiltruoti netinkamus įrašus. Šiuo atveju netinkami įrašai:
- Absoliutus nuolydis < 0.01 rad;
 - Absoliutus vairo pasukimo kampas $< 10^\circ$;
 - Absoliutus šoninis pagreitis $> 0.15g$;
 - Akseleratorius ir stabdis = 0;
 - Variklio sūkliai ≤ 800 ;

Išfiltravus netinkamus rodmenis, tolimesnius veiksmus seka rezultatų patalpinimas į diagramą, kur kiekvienas įrašas atspindimas laiko ir greičio skalėse. Turint greičio ir laiko duomenis galima apskaičiuoti pagreitį, taip pat žinant masę, galima pritaikyti antrąjį Niutono dėsnį, apskaičiuoti automobilį veikiančią pasipriešinimo jėgą. Kiekvieno bandymo duomenis pateikus pasipriešinimo jėgos ir greičio diagramose (pav. 4), pritaikoma kvadratinė funkcija $ax^2 + bx + c$. Toliau apskaičiuojamas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis ir variacijos koeficientas. Jei variacijos koeficientas mažesnis už 100%, duomenys tinkami naudoti. Naudojant vidurkį ir standartinį nuokrypį kiekvienam gautam koeficientui, nustatomi ir atmetami rezultatai, kurių koeficientai yra nukrypę dviem ir daugiau standartiniais nuokrypiais nuo vidurkio vertės (CECET, 2015).

Išskaidytas daugianaris leidžia gauti norimus koeficientus:

- ax^2 , tai aerodinaminio pasipriešinimo išraiška, šiuo atveju x^2 – tai greitis, (žr. funkciją 2);
- $bx + c$, pasipriešinimo riedėjimui išraiška, x – greitis, (žr. funkciją 4)

Nustačius galutinius koeficientus, galima pasipriešinimo riedėjimui įtaką priimti kaip nekintančią ir keičiant automobilio aerodinaminis elementus vertinti aerodinaminio pasipriešinimo kitimą. Vis tik, realybėje, priklausomai nuo pridėto aerodinaminio elemento efekto, kinta ir vertikali apkrova, o tai turi įtakos pasipriešinimo riedėjimui jėgai.

CFD modeliavimo metodika

Skysčių tėkmės dinamikos modelis naudoja numerinius metodus būsenų lygtims spręsti ir rezultatus pateikti, kaip skysčių ir dujų elgseną (Guerrero & Castilla, 2020). Tokia analizė turi keturis etapus (Ratcliffe, 2019):

1. CAD modelio paruošimas;
2. Išankstinis apdorojimas (*angl. – pre-processing*);
3. Tinklelio pritaikymas;
4. Rezultatų apdorojimas ir analizė;

Vis tik reikia suprasti, jog CFD niekad nepakeis vėjo tunelio, dėl itin sudėtingos trimatės tėkmės.

Tiek pirmo, tiek antro automobilio geometrijos buvo skenuotos 3D skeneriu, o ne kurtos CAD, todėl rasta daug vietinių neatitikimų, paviršiaus anomalijų ir pradurtų paviršių. Atlikus paviršiaus atitaisymą: užtaisius ir sujungus tuščias ertmes, sujungus tarpus bei uždarius geometriją, modelis buvo paruoštas tinkamo pritaikymui. Geometrijai supaprastinti, automobilių dugnas pakeistas plokščiu, važiuoklės elementai pašalinti, ratų ertmės ir grotelės uždarytos. Taip pat galima naudoti pusės automobilio modelį, jei jis yra simetriškas (Guerrero & Castilla, 2020).

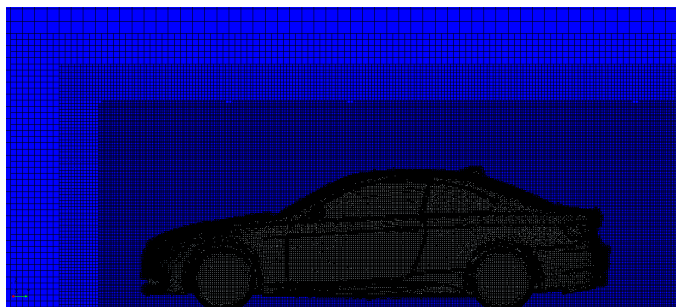
Pasirenkant tėkmės erdvės (*angl. – flow domain*) dydį, kurioje bus simuliuojama oro tėkmė, reikia atsižvelgti į ratų bazės ilgį. Pasirinkta, tėkmės erdvės ilgis priekyje būtų 2 automobilio ilgiai, gale – 4; viršuje – 2, į šoną – 2. Šiuo atveju ploto užimtumo santykis (*angl. – blockage ratio*) yra 4.9%, o tai yra vienas iš faktorių, leidžiantis analizės rezultatus laikyti tinkamais naudoti (<7.5%) (Altinisik et al., 2015).

Sutvarkius geometriją galima pritaikyti tinklę. Paviršiaus tinklė turi būti glotnus, be aštrių kampų,

kadangi atliekant tūrio tinklelio pritaikymą prizminis sluoksnis (*angl. – prism layer*) gali būti ištemptas nuo paviršiaus į tūrio tinklelį. Skysčių mechanikoje besiribojantis sluoksnis (*angl. – boundary layer*) yra itin svarbus, kadangi tėkmė šalia objekto paviršiaus yra daug sudėtingesnė nei laisvame sraute. Todėl atliekant CFD analizę būtina nurodyti, koks tinklelis bus ties objekto paviršiumi. Besiribojantis sluoksnis turi skirtingus regionus, priklausomai nuo Y^+ (jo aukščio) reikšmės: lipnus posluoksnis (*angl. – viscous sublayer*) ($Y^+ < 5$), pereinamasis sluoksnis ($5 < Y^+ < 30$) ir logaritminis sluoksnis ($Y^+ > 30$).

Kadangi tikslas yra išsiaiškinti pasipriešinimo įtaką kėbulo, o ne konkrečios detalės ar geometrijos įtaką oro tėkmei aplink automobilį, „high Y^+ “ metodas yra priimtinas. Anot Perry ir Marshall (2008), pilno automobilio geometrijas CFD galima modeliuoti aukšto sienos Y^+ metodu. Tai garantuoja, kad celės nebus pereinamajame regione ir besiribojančiame sluoksnyje tilps daugiau nei viena celė (Perry & Marshall, 2008). Taip pat tyrime pažymėta, jog pasipriešinimo ir keliamosios jėgos koeficientų paklaida tarp 12 milijonų celių smulkaus tinklelio ir 3 milijonų celių stambaus tinklelio yra vos 1%. Net 500 tūkst. celių modelis teturi 1.8% paklaidą (Perry & Marshall, 2008).

Tūrio tinklelio pritaikymas yra labai priklausomas nuo gerai paruošto paviršiaus tinklelio (Blazquez, 2016). Tinklelis gali būti stambus arba smulkus, skiriasi tik celių kiekis, priklausomai nuo kompiuterinės įrangos išteklių, galima naudoti smulkų tinklelį, kas duos tikslesnius rezultatus. Vis tik 5.5 milijono celių turintis Ford Ka modelis, stambiu tinkleliu, turėjo tik 4.7% aerodinaminio pasipriešinimo koeficiento skirtumą, lyginant su vėjo tunelio parodymais, o smulkus, turintis dvigubai tiek – vos 2.1% skirtumą, nuo vėjo tunelio parodymų (Lanfrit, 2005). Tai įrodo, jog net turint ribotus kompiuterinius išteklius ir naudojant stambų tinklelį, galima tikėtis pakankamai tikslų rezultatų. Aplink automobilį, tūrio tinklelyje naudojamos trys tinklelio tobulinimo zonos – arčiausiai automobilio geometrijai tūrio tinklelis tampa smulkesnis (3 pav.).



3 pav. Tūrio tinklelio tobulinimo zonos

Tinklelio apdirbimui skiriamas didelis dėmesys, kadangi nuo tinklelio paruošimo priklauso sprendimo greitumas ir tikslumas, ypač, jei tiriant yra svarbi konkreti tėkmės ar rezultatų zona.

Tėkmei nustatyti yra keli turbulenciniai tėkmės modeliai, tačiau RANS $k-\epsilon$ turbulencijos modelis (*angl. – solver*) yra populiariausias dėl savo patikimumo ir mažų skaičiavimo kaštų. Tai dviejų lygčių modelis, kuris atvaizduoja turbulencinę oro tėkmę aplink automobilį (Sadrehaghghi, 2022).

Lentelėje 1, nurodomi tinklelio parametrai CFD simuliacijai:

1 lentelė

Tinklelio parametrai

Pradinis dydis	100 mm
Prizminių sluoksnių skaičius	5
Prizminių sluoksnių ištempimas	1.2
Prizminio sluoksnio storis	10 mm
Minimalus paviršiaus dydis	1% pradinio dydžio
Numatomas paviršiaus dydis	15% pradinio dydžio

Ribinės sąlygos nurodytos simuliacijai:

- Priekinė siena – vėjo greičio įvadas, nustatytas 40 m/s (144 km/h);
- Galinė siena – išleidimo anga atmosferiniam slėgyje;
- Grindys – judančios grindys 40 m/s greičiu, automobilio judėjimo kryptimi;
- Simetrinė siena vidury automobilio;
- Stogas ir šoninė siena – „slidžios“ sienos;

Kai kuriose automobilio geometrijos zonose paviršiaus tinklelio dydis nustatomas individualiai, taip, smulkaus tinklelio pagalba, svarbiose vietose išryškinama tėkmė ir rezultatai.

Po tinklelio sukūrimo, atliekama jo diagnostika, tai patikina, jog tinklelis yra topologiškai validus ir

neturi neigiamo tūrio celių. Taip pat atsižvelgiama į pasvirimo kampo (*angl. – skewness angle*) ir celių kokybės ataskaitas.

Kartu su tinklelio parametrais, simuliacijai nurodomos pradinės fizikinės sąlygos:

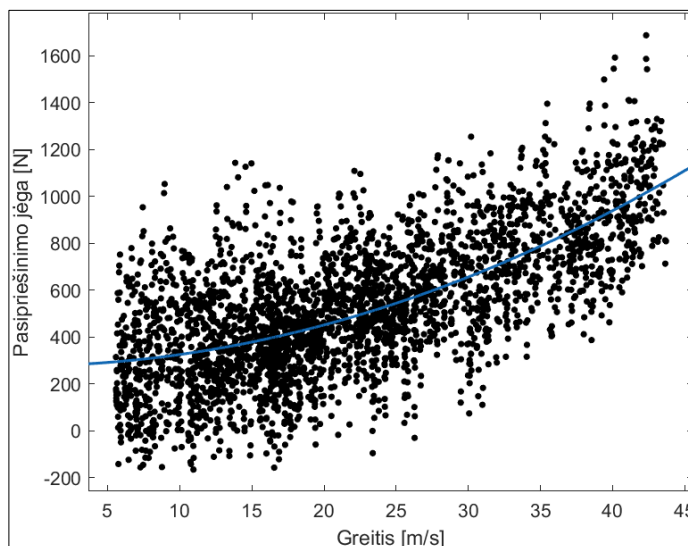
2 lentelė

Pradinės simuliacijos sąlygos

Laisvosios tėkmės greitis	40 m/s
Oro tankis	1.225 kg/m ³
Turbulencijos sąlygos	Intensyvumas + ilgio mastas
Turbulencijos intensyvumas	0.15%
Turbulencijos ilgio mastas	2.76 m (ratų bazė) (Guerrero & Castilla, 2020)
Turbulencijos greičio mastas	1 m/s

Rezultatų aptarimas. Riedėjimo testas

Kadangi vienas iš tyrimo uždavinių buvo įvertinti dviejų sportinių automobilių pasipriešinimo greitejimui įtaką, riedėjimo testas atliktas dvejais BMW325Cup automobiliais – sedano ir kupė kėbulais. Prieš atliekant testą, automobiliai buvo pasverti kartu su vairuotojais, nustatytais standartiniais (techninio reglamento) važiuoklės aukščiais, padangų slėgiais. Kartais GPS rodmenys įrašo keistus ir realybės neatitinkančius duomenis, kurie iškrenta iš konteksto, todėl buvo sukurtas papildomas filtras, kuris tuos netinkamus rodmenis nustatytų ir juos galima būtų pašalinti. Žinant masę yra paprasta nustatyti veikiančią pasipriešinimo jėgą, naudojant antrąjį Niutono dėsnį.



4 pav. Kvadratinės funkcijos pritaikymas riedėjimo testo rezultatams

Išfiltravus duomenis, nustatomi pritaiktų kvadratinių lygčių koeficientai (lentelės 3 ir 4). Atliekant paskutinį važiavimą antru automobiliu, įvyko techninis gedimas, todėl testas buvo sustabdytas ir nepratęstas dėl užtrukusio remonto.

3 lentelė

Pirmojo automobilio koeficientų rezultatai (sedanas)

Bandymo nr.	1	2	3	4	Vidurkis
C _D	0.3105	0.3057	0.3044	0.3075	0.3070
B _D	3.71*10 ⁻⁶	3.73*10 ⁻⁶	3.71*10 ⁻⁶	3.71*10 ⁻⁶	3.72*10 ⁻⁶
A _D	0.0213	0.0220	0.0237	0.0233	0.0225

4 lentelė

Antrojo automobilio koeficientų rezultatai (kupė)

Bandymo nr.	1	2	3	4	Vidurkis
C _D	0.2954	0.2909	0.2869	–	0.2911
B _D	4.54*10 ⁻⁶	4.42*10 ⁻⁶	4.36*10 ⁻⁶	–	4.44*10 ⁻⁶
A _D	0.01715	0.01670	0.01648	–	0.01678

Abiejų automobilių rezultatų funkcijų pritaikymo determinacijos rodiklis R² buvo > 0.6, tai parodo, jog atitikimas yra gan realus (Moore et al., 2013).

Atsižvelgiant į duomenis rastus viešai prieinamose duomenų bazėse, nurodoma, jog pirmojo automobilio (sedano) priekinės projekcijos plotas (A) yra 2.11m^2 , o aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas – 0.3, analogiškai kupė $A = 2.08\text{m}^2$, $C_D = 0.28$ (Carinf.com, 2024). Gauti rezultatai yra labai arti šių skaičių, o tai jiems suteikia validumo. Nustatyta, kiek didesnę aerodinaminio pasipriešinimo koeficientą galima paaiškinti kiek labiau išsikišusiais veidrodėliais (automobiliuose naudojami Anglijos rinkai skirti veidrodėliai, nes jie pigesni, prisukti ir paversti į išorę įvorėmis) ir papildomomis oro gaudyklėmis skirtomis išvesti aušinimą stabdžių sistemai.

Duomenys rodo, jog sedano A_D ir B_D koeficientai yra kur kas didesni, t.y. pasipriešinimas riedėjimui yra kur kas didesnis, ko pasekoje vidutiniškai 105N yra prarandama vien mechaniniams nuostoliams įveikti, o tai daro įtaką tiek gebėjimui greitėti, pasiekti aukštesnę maksimalų greitį bei degalų sąnaudoms ir nusidėvėjimui. Kaip vėliau paaiškėjo, pirmasis automobilis po lenktynių savaitgalio turėjo kiek išsiderinusių ratų geometriją, dėl ko padidėjo šlytis tarp padangos ir asfalto, todėl atsiranda daugiau mechaninių nuostolių.

Rezultatų aptarimas. CFD analizė.

Atlikus simuliaciją, kai likutiniai nuokrypiai (*angl. – residuals*) pasiekė konvergenciją (*angl. – convergence*), buvo nustatyti aerodinaminio pasipriešinimo koeficientai, išmatuota modelių priekinės projekcijos plotai. 5-oje lentelėje matomi gauti rezultatai iš CFD analizės, riedėjimo testų ir viešai prieinamų duomenų (C_D / A_{VPD}) bazių:

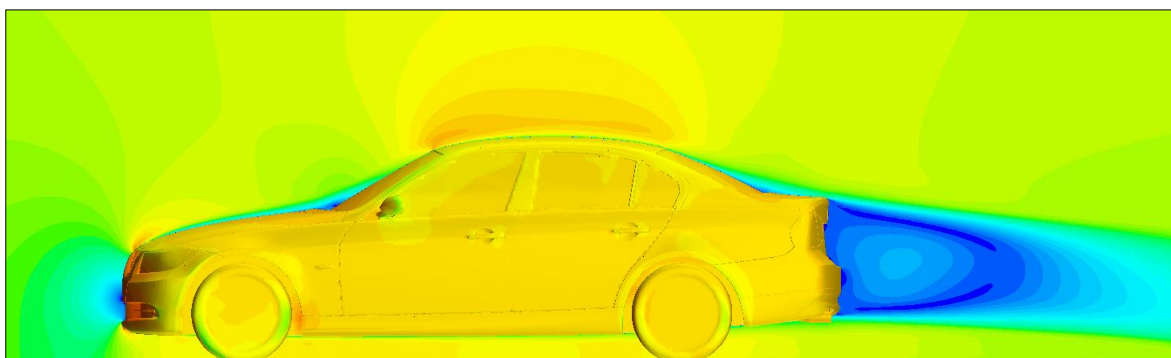
5 lentelė

Gautų tyrimo rezultatų lentelė

Automobilis	C_D CFD	C_D ried.	C_D VPD	A CFD	A VPD
Sedanas	0.3139	0.307	0.3	2.116m^2	2.11m^2
Kupė	0.3098	0.2911	0.28	2.059m^2	2.08m^2

Skirtumas tarp priekinės projekcijos ploto (A) antrajam automobiliui (kupė), tarp viešai prieinamų duomenų bazės duomenų (Carinf.com, 2024) ir CFD analizės, yra apie 210cm^2 , kas yra gan didelis nuokrypis net 3D skenerio sukurtai geometrijai. Todėl, atsižvelgus į koreliaciją tarp pirmojo automobilio (sedano) ir internete rastų duomenų, galima teigti, jog CFD analizės metodu rastas priekinės projekcijos plotas yra labiau tikėtinas.

Analizuojant aerodinaminio pasipriešinimo koeficientus C_D , CFD analizės metodu antrajam automobiliui (kupė) nustatytas kiek didesnis nei, kad riedėjimo testo metodu. Šiuo atveju netikslumas įmanomas dėl papildomų geometrijos elementų, išsikišusių tiek ant stogo, tiek automobilio apačioje, ko nėra pirmojo automobilio geometrijoje – antenos ir duslintuvo. Gavus tokią rezultatų koreliaciją galima teigti, jog tiek pasipriešinimo tiek CFD modeliai yra validūs ir naudotini.



5 pav. Skaliarinis vaizdas. Sienos vaizdas - tėkmės greitis, automobilio vaizdas - slėgio koef.

Naudojant skaliarinio vaizdo analizę, akivaizdu, kad didžiausią dalį aerodinaminio pasipriešinimo sudaro stagnacija, „tempinama“ gale automobilio (pav. 5). Šis „oro maišas“ susidaro už automobilio ir dėl žemo slėgio zonos traukia automobilį link savęs. Siekiant sutrikdyti šį reiškinį galima naudoti įvairius reflektorius, nukreipiančius tėkmę į šią automobilio zoną, pavyzdžiui – integruoti difuzorių.

Išvados

1. Remiantis moksline literatūra, nustatyta, jog automobilio pasipriešinimo judėjimui jėgų aibėje išskiriami šie veiksniai:

- Aerodinaminis pasipriešinimas;

- Padangų pasipriešinimas riedėjimui;
- Besisukančių transmisijos detalių nuostoliai;
- Įkalnės pasipriešinimas;
- Vėjo pasipriešinimas;

Atliekant tyrimą nustatyta, jog didžiausią įtaką automobilio gebėjimui akceleruoti dideliame greityje turi aerodinaminis pasipriešinimas, kadangi jis didėja su priklausomybe greičiui kvadratu. Pasipriešinimas riedėjimui modeliuojamas kartu su transmisijos nuostoliais ir jų dedamieji gali būti: slėgio ir temperatūros įtaka padangoms, susidėvėję guoliai, ratų suvedimas ir išvirtimas, transmisijos alyvos klampa ir t.t.

2. Analizuojant riedėjimo testo rezultatus išsiaiškinta, jog nustatytos aerodinaminio pasipriešinimo koeficientų vertės yra labai artimos tų, kurias galima rasti viešai prieinamose automobilių specifikacijų duomenų bazėse. Taip pat nustatyta, jog pirmojo automobilio (sedano) pasipriešinimo riedėjimui jėga yra kur kas didesnė, nei antrojo automobilio (kupė). Prieita prie išvados, jog dėl pirmame automobilyje išsiderinusios ratų geometrijos yra itin padidėjęs pasipriešinimas riedėjimui.

3. Atlikus CFD analizę nustatyti aerodinaminio pasipriešinimo koeficientai yra kiek didesni už, tuos, kurie buvo nustatyti riedėjimo testo metu. Tokie nuokrypiai yra tikėtini dėl 3D automobilio geometrijos apdirbimo. Nustatytas priekinės automobilio projekcijos plotas CFD programinėje įrangoje, kupė automobiliui, yra kiek mažesnis nei rastas internetiniuose šaltiniuose, o sedano – toks pat. Kadangi, po 3D skenavimo, kiti automobilio matmenys nepakitę, galima teigti, kad šiuo būdu nustatytas priekinės projekcijos plotas yra tikslesnis.

4. Skysčių dinamikos algoritmo taikymas leidžia sukurti ryšį tarp aerodinaminio pasipriešinimo jėgos rezultatų gautų iš riedėjimo testo ir vėjo tunelio simuliacijos. Todėl sulyginus aerodinaminio pasipriešinimo koeficientus tarp CFD analizės ir riedėjimo testo rezultatų nustatyta, jog rezultatai yra realūs, nuokrypiai yra minimalūs dėl 3D geometrijos netikslumų. Pasipriešinimo judėjimui modelis nusakomas kaip validus, todėl naudojant tą pačią metodiką galima atlikti pakeitimus kėbulo geometrijoje ir simuliacijos būdu nustatyti ar pakeitimai buvo naudingi siekiant sumažinti pasipriešinimo judėjimui jėgą. Taip pat validžius C_D koeficientus galima taikyti tolesniems tyrimams atliekant riedėjimo testą, norint iširti važiuoklės geometrijos, slėgio ir t.t. įtaką pasipriešinimo riedėjimui jėgai.

Literatūra

1. Altinisik, A., Kutukceken, E., & Umur, H. (2015). Experimental and Numerical Aerodynamic Analysis of a Passenger Car: Influence of the Blockage Ratio on Drag Coefficient. *Journal of Fluids Engineering*.
2. Andersen, L. G. (2015). *Rolling Resistance Modelling from Functional Data Analysis to Asset Management System*. Roskilde University.
3. BaTCC. (2024). *BMW 325 Cup Technical Regulations*. Nuskaityta iš https://batcc.eu/wp-content/uploads/2016/04/bmw-325-cup_2024_tr-official_.pdf
4. Blazquez, G. A. (2016). *Aerodynamic Analysis of the Undertray of Formula 1*. Nuskaityta iš https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/97079/Aerodynamic_analysis_of_the_undertray_of_Formula_1_Alberto_Gomez.pdf
5. Carinf.com. (2024). *Carinf.com*. Nuskaityta iš Carinf.com: <https://www.carinf.com/>
6. CECET. (2015). *Test Specification - Coastdown Testing*. Phoenix, Arizona: Intertek, Center for Evaluation of Clean Energy Technology.
7. Crewe, C. M., Passmore, M. A., & Symonds, P. (1996). Measurement of Formula One Car Drag Forces on the Test Track. *SAE Technical paper - 962517*.
8. Gillespie, T. (2021). *Fundamentals of Vehicle Dynamics Revised Edition*. SAE International.
9. Guerrero, A., & Castilla, R. (2020). Aerodynamic Study of the Wake Effects on a Formula 1 Car.
10. Katz, J. (1996). *Race Car Aerodynamics: Designing for Speed (Engineering and Performance)*. Bentley Publishers.
11. Lanfrit, M. (2005). Best practice guidelines for handling Automotive External Aerodynamics with FLUENT.
12. Moore, D. S., Notz, W. I., & Flinger, M. A. (2013). *The basic practice of statistics (6th ed.)*. New York, NY: W. H. Freeman and Company.
13. Perry, R. L., & Marshall, D. D. (2008). An Evaluation of Proposed Formula 1 Aerodynamic Regulations Changes Using Computational Fluid Dynamics. *26th AIAA Applied Aerodynamics Conference*. Honolulu, Hawaii: California Polytechnic State University.
14. Ratcliffe, M. (2019). Development of Vortex Generators to Enhance the Aerodynamic Efficiency of a Formula 4 Car. *Masters' dissertation*. Oxford Brookes University.
15. Ravelli, U. (2019). Aerodynamics of a 2017 Formula 1 car: Numerical Analysis of a Baseline Vehicle and Design Improvements in Freestream and Wake Flows. *PhD Thesis*. University of Bergamo.
16. Sadreghighi, I. (2022). *Turbulence Modelling with Case Studies*. Annapolis.
17. SAE_J1263. (2010). *Road Load Measurement and Dynamometer Simulation Using Coast Down Techniques*. SAE International.

MODELLING OF MOTION RESISTANCE FORCES FOR BMW325 CUP RACING CARS

Summary

A vehicle's response to a set of given inputs can be modelled, providing the appropriate methodology and a set of parameters are available. This study was conducted to produce valid drag force models for BMW325 Cup class race cars. Using such models enables the assessment of the impact of drag forces with different suspension setups and other physical conditions. To validate such models, Computational Fluid Dynamics (CFD) analysis was used, where the vehicles' frontal area and the aerodynamic drag force was determined. The projected results confirm the model's validity and suggest opportunities for further research.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Liutkus

Mokslo laipsnis ir vardas: Automobilių inžinerijos magistras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Lektorius praktikas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, automobilių inžinerija, mechanikos inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: +37063156060, t.liutkus@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Liutkus

Science degree and name: Master of Science, Automotive (Motorsport) Engineering

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Lecturer intern

Author's research interests: technical science, automotive engineering, mechanical engineering

Telephone and e-mail address: +37063156060, t.liutkus@lik.tech

DYZELINĖS „COMMON RAIL“ MAITINIMO SISTEMOS TEPUMO TYRIMAS

Tomas Mickevičius, Eimantas Daukintis

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateikiami eksperimentiniai tyrimai su dyzelinio variklio „Common rail“ degalų įpurškimo sistema. Mineralinių degalų ištekliai pasaulyje mažėja ir šiuo metu ypač svarbūs tyrimai, kurių rezultatai leistų efektyviau panaudoti mineralinius degalus ir didintų iš atsinaujinančių šaltinių pagamintų alternatyvių degalų naudojimą. Tyrimo tikslas buvo išsiaiškinti dyzelinių degalų ir aviacinių degalų JET A1 įtaką maitinimo sistemos darbo elementams. Bandymuose buvo panaudotos dvi įpurškimo sistemos, kurios buvo sumontuotos į įpurškimo bandymo stendą, ir dirbo kintamais režimais. Prieš pradėdant tyrimus, buvo atlikti siurblių našumo testai, stebimas plunžerinės poros paviršiaus šiurkštumas, bei analizuojamos paviršiaus nuotraukos. Tyrimas buvo vykdytas 300 valandų. Atlikus „Common-rail“ dyzelinės maitinimo sistemos ilgaamžiškumo tyrimus nustatyta, kad esant 110 MPa įpurškimo slėgiui ir panaudojus aviacinius JET A1 degalus, siurblio našumas 6,5 % sumažėja, palyginti su aukšto slėgio siurbliu, veikiančio dyzeliniais degalais. Analizuojant sąveikaujančių paviršių šiurkštumą nustatyta, kad sunkiausios tepimo sąlygos susidaro galinėse padėtyse kur sumažėjus plunžerio slydimo greičiui jis keičia judėjimo kryptį. Vertinant plunžerių paviršiaus vaizdus pastebimas skirtumas tarp naujų ir tyrime dalyvavusių paviršių.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: *Dyzeliniai degalai, aviaciniai Jet A-1 degalai, „common rail“ įpurškimo sistema, tepumas*

Įvadas

Vieni plačiausiai naudojamų degalų rūšių pasaulyje yra dyzeliniai degalai. Per pastaruosius dešimtmečius keliolika kartų išaugus lengvųjų ir sunkiasvorių transporto priemonių skaičiui, padidėjo dyzelinių degalų naudojimas. Senkančios pasaulinės naftos atsargos susiję su didėjančia mineralinės kilmės degalų paklausa bei didėjančia oro tarša ir anglies dioksido kiekiu.

Vieni pagrindinių rodiklių apibūdinantys degalų sistemos ilgaamžiškumą yra degalų klampa ir tepumas (Kaminski, P., 2024). Esant blogai degalų klampai, suprastės degalų išpurškimo kokybė ir pablogės aparatūros darbo sąlygos. Blogos klampos degalai padidins plunžerinės poros išsidėvėjimą. Žemas slydimo greitis ir didėjanti apkrova, yra pagrindinės ribinio tepimo ir dėl jo vykstančio dilimo susidarymo priežastys (García Carrero, A., 2022).

Svarbiausia alternatyvių degalų reikalavimas – negadinti sistemos ilgaamžiškumo. Reaktyviniai degalai – tai specialios paskirties degalai, frakcionuojantys iš distiliuotos žalios naftos. Reaktyviniai degalai pasižymi tuo, kad yra lakesni ir lengvesni už dyzelinius degalus. Viena pagrindinių reaktyvinių degalų sudėties dalių yra žibalas gautas distiliuojant naftą ar skalūnų dujas. Jet A-1 klasifikuojami kaip civilinio naudojimo aviaciniai degalai. Kariniai pramonei skirti aviaciniai degalai klasifikuojami pagal skirtingus standartus: F-34, JP-8 arba AVTUR/FSII.

Tyrinėjant alternatyvius degalus didelė dalis tyrėjų, tiria kaip skirtingos sudėties degalai įtakoja variklio darbo, deginių emisijos, variklio naudingumo rodiklius ir lygina juos su rezultatais gautais iš tradicinių degalų (Ağbulut et al., 2019). Todėl gaunamas rezultatas, kad tyrimų, kurie nagrinėja alternatyvių degalų įtaką degalų sistemos patikimumui yra mažiau. Skirtingos sudėties degalų ir jų mišinių fizinės ir cheminės savybės gali padidinti plunžerio ir adatos precizinių paviršių nusidėvėjimą, todėl tikslinga atlikti dyzelinių degalų ir aviacinių JET A1 degalų maitinimo sistemos patikimumo tyrimus.

Tyrimo objektas: maitinimo sistemos patikimumo rodikliai, tepumo parametrai.

Tyrimo tikslas – įvertinti aviacinių Jet A-1 degalų įtaką dyzelinės „Common rail“ maitinimo sistemos patikimumui.

Tiksliui pasiekti buvo sprendžiami šie uždaviniai:

1. Atlikti maitinimo sistemos patikimumo vertinimą, naudojant skirtingos sudėties degalus;
2. Atlikti eksperimentinius „Common rail“ degalų įpurškimo sistemos tepumo tyrimus, įpurškiant dyzelinius ir aviacinius Jet A-1 degalus.
3. Iširti aviacinių Jet A-1 degalų įtaką „Common rail“ didelio slėgio siurblio plunžerinių porų darbingumui.

Siekiant išspręsti iškeltus darbo uždavinius buvo pritaikyti indukcijos ir dedukcijos, abstrahavimo, empiriniai, analizės ir sintezės tyrimo metodai.

Teoriniai degalų įtakos maitinimo sistemos ilgaamžiškumui aspektai

Aukšto slėgio maitinimo sistema ir įpurškimas turi užtikrinti tinkamą degalų patekimą į degimo kamerą. Tam reikalinga, kad sistemoje būtų tinkamas slėgis, laiku išpurškiami degalai, sistemos tarnavimo trukmė būtų

pratęsta. Pagrindiniai įpurškimo sistemos komponentai yra įpurškimo siurblys, sukuriantis didelį slėgį ir purkštuvai, kurie didelio slėgio vamzdeliais sujungti su įpurškimo siurbliu. Dyzeliniai varikliai projektuojami dirbti tradiciniais mineraliniais degalais, todėl juos maitinant biodegalais ar alternatyviais degalais, iškyla įvairios techninės problemos. Naudojant alternatyvius degalus ar mišinius, pakinta degalų techninės savybės: tankis ir klampa, šilumingumas, cetaninis skaičius, užšalimo temperatūra ir kt. Šie rodikliai turi įtakos degalų tiekimo ir įpurškimo charakteristikoms bei degiojo mišinio kokybei, kuri savo ruožtu turi įtakos dyzelinio variklio darbo efektyvumo ir ekologiniams rodikliams (Malik et al., 2024).

2004 m. NATO ATO komitetas patvirtino Vieno kuro politiką (*Single fuel policy*), nurodytą NATO logistikos vadove (1997). Pagal šią politiką, Lietuvos kariuomenėje dyzelinis kuras sausumos transporto priemonėse, naudojančiose savaiminį užsiliepsnojamą, tarptautinėse operacijose buvo pakeistas aviaciniu žibalu (reaktyviniais degalais). Šiuo metu bandoma Vieno kuro politiką įgyvendinti ir Lietuvos Respublikos teritorijoje (Vilutienė et al., 2013). Aviaciniuose ir kt. reaktyviniuose varikliuose kaip degalai naudojamas žibalas, distiliuotas iš naftos arba skalūnų naftos.

Reaktyviniai degalai yra lengvesni ir lakesni nei dyzeliniai. Pagal išgarinimo temperatūros didėjimą naftos produktai iš naftos išdistiliuoja tokiu eiliškumu: dujos, benzinas, žibalas, dyzelinas (gazolis), mazutas (iš kurio vėliau vakuume išdistiliuojamos alyvos), todėl siekiant palengvinti frakcinę dyzelino sudėtį, žibalo frakcijas galima naudoti gaminant žieminių rūšių dyzeliną.

Autoriai pateikė dyzelinių degalų ir jų mišinių su etanolio ir biodyzelinu (D 69,61 % ir E 7,7 % ir B 27,69 %) įtakos „Common rail“ maitinimo sistemos darbo elementams tyrimų rezultatus. Dvi įpurškimo sistemos buvo sumontuotos ant įpurškimo bandymo stendo ir dirbo 600 valandų, tai prilygo sąlygoms, atitinkančioms apie 120 000 nuvažiuotų kilometrų. Prieš bandymus ir po jų autoriai atliko paviršiaus šiurkštumo ir siurblio našumo tyrimus. Gauti rezultatai leido suformuoti panašias išvadas ir nebuvo nustatyta didesnių pakitimų tiek dirbant su dyzeliniais degalais, tiek su dyzelinių degalų ir biodegalų mišiniais. Maitinimo sistemos detalių paviršiaus mikrogeometrijai ir tikslumui keliami aukšti (tolerancija 2–4 μm) reikalavimai. Gaminų paviršiumi suteikiamas $R_a = 0,02... 0,05$ μm šiurkštumas. Sumažėjus paviršiaus šiurkštumui, mažėja kiekis, galintis patekti į paviršiaus nelygumus. Tokioms sąlygoms net ir minimaliam slėgio padidėjimui, kontaktiniam paviršiumi gali kilti intensyvus adhezinis dilimas (Armas et al., 2011). Norint nustatyti, kaip degalai įtakoja sistemą, geriausia yra palyginti šiurkštumą ir metalo paviršių prieš ir po darbo ciklo. Anksčiau minėtame darbe, buvo matuojami R_a ir R_z šiurkštumo rodiklių vidurkiai, o degalų siurblio detalės buvo sveriamos prieš ir po tyrimo, norint nustatyti metalo nudilimą ir patirtus svorio nuostolius. Atlikus tyrimą panaudojant optinį mikroskopą nustatyta, kad pasiekta labai panašus rezultatas ir įtaka sistemai yra vienoda nepriklausomai nuo degalų tipo. Šiurkštumo parametrai R_a ir R_z pagrindiniuose elementuose yra nereikšmingai skirtingi, galima laikyti, kad svertinio rezultato tai neįtakoja. Svorio skirtumas visiems elementams neviršija 0,017% visa tai leistinose paklaidos ribose (Armas et al., 2011).

Straipsnio autoriai atliko etanolio priedo (7,7 %) dyzeliniuose degaluose įtakos „Common Rail“ įpurškimo sistemos darbo elementų ilgaamžiškumui tyrimus. Buvo vertinami plunžerio ir įvorės paviršiaus šiurkštumo R_a ir R_z parametrai, analizuojami plunžerinės poros paviršiaus vaizdai. Pateiktose išvadose autoriai nurodo, kad etanolio priedas neturėjo didesnės įtakos plunžerinės poros elementų dilimui (Temizer, I., Ari, A., 2023).

Daugelio mokslininkų tyrimų rezultatai parodė potencialias variklio darbo, panaudojant reaktyvinius degalus, galimybes be didelių variklio darbo proceso ir efektyvumo rodiklių pokyčių. Tačiau lieka ne visiškai ištyrtas reaktyvinių degalų, pasižyminčių mažesniu tankiu, klampa ir blogesnėmis tepumo savybėmis, palyginti su įprastiniais dyzeliniais degalais, ilgalaikis poveikis degalų įpurškimo sistemos elementams .

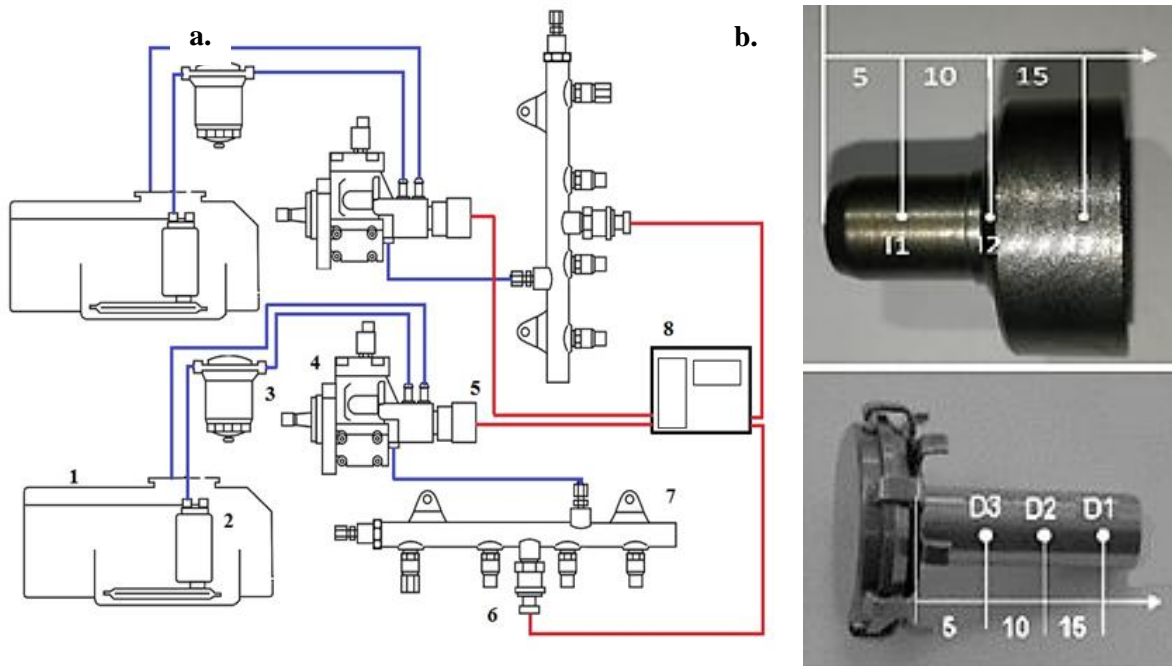
Tyrimo metodika

Tyrimai atlikti Vytauto Didžiojo universitete Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto degalų aparatūros laboratorijoje. Eksperimentiniams ilgaamžiškumo tyrimams buvo paruoštos dvi identiškos degalų įpurškimo sistemos, sumontuotos degalų aparatūros bandymo stende Motorpal NC 108-1291. Stendas buvo modifikuotas, taip kad galėtų veikti su dviem skirtingais degalais; jo principinė schema pavaizduota 1.1 pav.

Eksperimentiniuose tyrimuose buvo panaudoti degalai: Mineraliniai dyzeliniai degalai (DD), atitinkantys LST EN 590:2014+AC reikalavimus (C klasės), AB „Orlen Lietuva“ ir Aviaciniai degalai (JET A1), atitinkantis standarto ASTM D 1655 reikalavimus, AB „Orlen Lietuva“. Aviacinių Jet A-1 degalų įtakos didelio slėgio siurblio patikimumo bandymai atlikti, naudojant „Bosch“ firmos „Common Rail“ sistemos didelio slėgio degalų siurblius CR/CP1S3/R65/10.

Aukšto slėgio maitinimo sistema ir įpurškimas turi užtikrinti tinkamą degalų patekimą į degimo kamerą. Tam reikalinga, kad sistemoje būtų tinkamas slėgis, laiku išpurškiami degalai, sistemos tarnavimo trukmė būtų pratęsta. Pagrindiniai įpurškimo sistemos komponentai yra įpurškimo siurblys, sukuriantis didelį slėgį ir

purkštuvai, kurie didelio slėgio vamzdeliais sujungti su įpurškimo siurbliu. Purkštukai išlenda į cilindro degimo kameras. Degalų įpurškimo sistema, kurioje taikomas didelis slėgis ir laisvai reguliuojamas įpurškimo momentas (kontroliuojant variklio sūkių dažnį, apkrovą ir temperatūrą), valdoma elektroniniu būdu. Elektroninė degalų sistema, esant stabiliai būsenai ir vykstant trumpalaikėms operacijoms, leidžia maksimaliai sumažinti situacijas, kai siekiant sumažinti kietųjų dalelių emisiją, padidėja kiti emisijos komponentai.



1.1 pav. a. pav. Stendo principinė schema: 1 – degalų bakas; 2 – elektrinis degalų siurblys; 3 – degalų filtras; 4 – didelio slėgio siurblys; 5 – slėgio reguliavimo vožtuvas; 6 – slėgio akumuliatoriuje jutiklis; 7 – akumuliatorius; 8 – valdymo blokas. **b. pav.** Plunžerinės poros paviršiaus šiuurkštumo tyrimo vietos

Eksperimentinių tyrimo metu nuolatos buvo kontroliuojami degalų slėgiai mažo ir didelio slėgio kontūruose bei degalų temperatūra. Didelio slėgio siurblio patikimumui įvertinti buvo matuojami plunžerio, įvorės ir atraminės plokštumos (plunžerinės poros) paviršių šiuurkštumai. Paviršių šiuurkštumas buvo matuojamas profilometru Mahr ST 500. Plunžerių šiuurkštumo matavimo vietos pažymėtos atitinkamai D1, D2, D3 (1 b. pav.). Įvorių paviršiaus matavimo vietos pažymėtos atitinkamai I1, I2, I3. Paviršių šiuurkštumas buvo matuojamas 0,01 μm tikslumu 15 mm ilgio ruožuose. Matuojami buvo trys pagrindiniai paviršiaus šiuurkštumo parametrai: R_a – vidutinis aritmetinis profilio nuokrypis, tai nuokrypių nuo vidurinės linijos absoliučiuųjų reikšmių aritmetinis vidurkis. R_z – baziniame ilgyje išmatuotų penkių aukščiausių profilio viršūnės taškų ir penkių giliausių įdubų taškų absoliutinių vidurkių suma. R_{max} – atstumas tarp profilio aukščiausios viršūnės ir giliausios įdubos baziniame ilgyje. Abiejų degalų įtakos paviršių šiuurkštumui analizei buvo apskaičiuoti skirtumai ΔR_a , ΔR_z , ΔR_{max} t.y. plunžerių, įvorių ir atraminės plokštumos paviršių šiuurkštumo parametru R_a , R_z ir ΔR_{max} , išmatuotų bandymo pabaigoje ir pradžioje skirtumai.

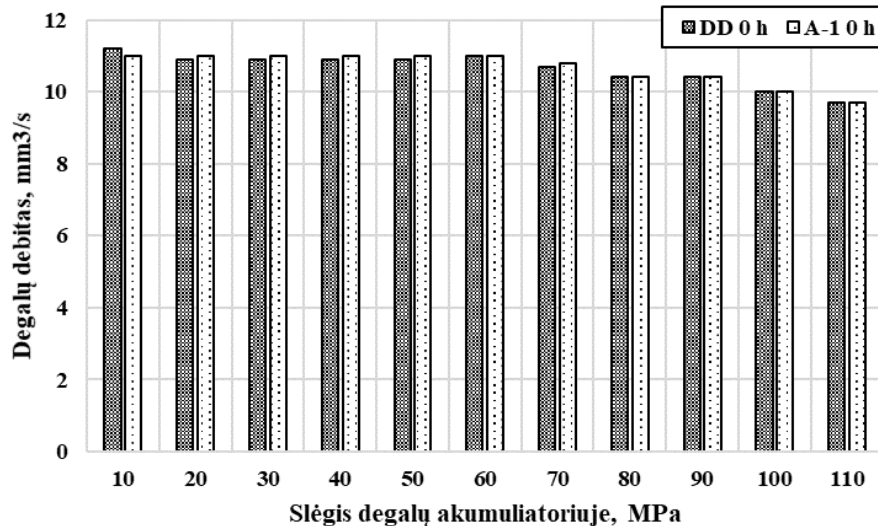
Tiriant buvo atliekami 3 pakartojimai, po to bandiniai pasukami 180° kampu ir matavimai pakartojami. Gautų eksperimentinių duomenų apdorojimui naudota Excel 2021 programa iš standartinio MS Office paketo. Analizei pateikti plunžerinių porų ΔR_a ir ΔR_z skirtumų parametrai. Siekiant geriau įvertinti tyrimų rezultatus, paviršiaus vaizdai analizuoti Nikon Inverted Metallurgical Microscope MA 100 mikroskopu. Fotografuojant optiniu mikroskopu naudotas 200 kartų didinimas.

Tyrimo rezultatai ir jų aptarimas

2 pav. pateiktas degalų debito priklausomybė nuo slėgio degalų akumuliatoriuje tyrimo pradžioje. Kaip matyti (2 ir 3 pav.) iš gautų tyrimo rezultatų, JET A1 degalai turi įtakos maitinimo sistemos darbo elementams. Siurbliui dirbant JET A1 degalais po 300 valandų darbo trūkusio tyrimo, buvo pastebėtas degalų debito sumažėjimas, esant didesniai negu 50 MPa slėgiui (3 pav.).

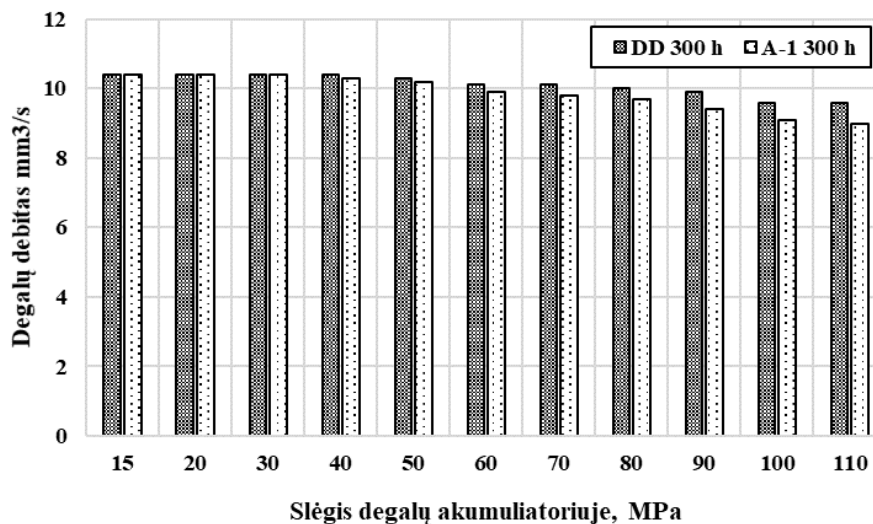
Vertinat gautus duomenis matyti, kad tam pačiam degalų kiekiui išpurkšti buvo reikalingas ilgesnis laiko tarpas. Debito sumažėjimas esant 50 MPa įpurškimo slėgiui buvo 1 % mažesnis, lyginant su įpurškiamais dyzeliniais degalais. Plunžerinė pora yra viena iš labiausiai apkrautų maitinimo sistemos elementų. Įvertinant palyginti prastas degalų tepamąsias savybes galima teigti, kad tai viena iš sunkiausių sąlygomis dirbančių

trinties porų dyzeliniame vidaus degimo variklyje.



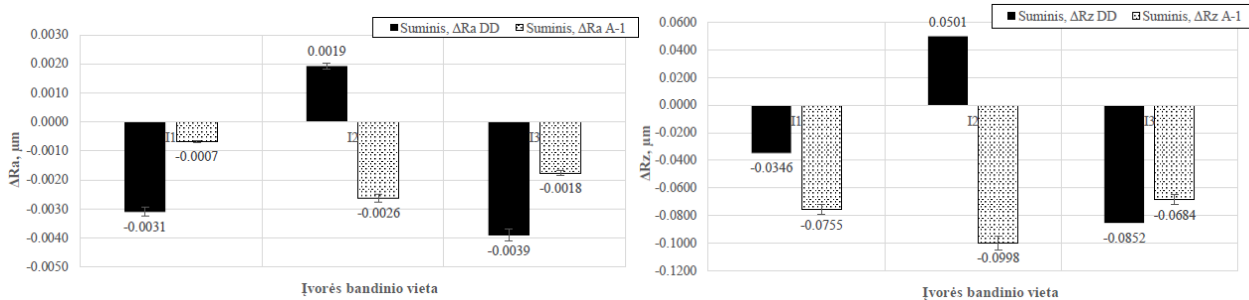
2 pav. Degalų debito priklausomybė nuo slėgio degalų akumuliatoriuje tyrimo pradžioje 0 h.

Po 300 h esant atitinkamai 60,0 MPa, 70,0 MPa, 80,0 MPa, 90,0 MPa ir 100 MPa slėgiui degalų debitas sumažėjo 2 %, 3,1 %, 4 %, 5,3 % ir 5,5 %. Esant 110 MPa slėgiui, šis degalų pratekėjimas siekė 6,5 %. Siurblio našumo sumažėjimas parodo, kad didelio slėgio siurblys greičiau išdyla ir praranda darbingumą Š Tuo tarpu dyzeliniais degalais dirbanti plunžerinė pora, išlaikė našumą. Iš šių rezultatų matoma, kad plunžerinė pora naudojant JET A1 degalus greičiau išdyla ir tampa nesandari.



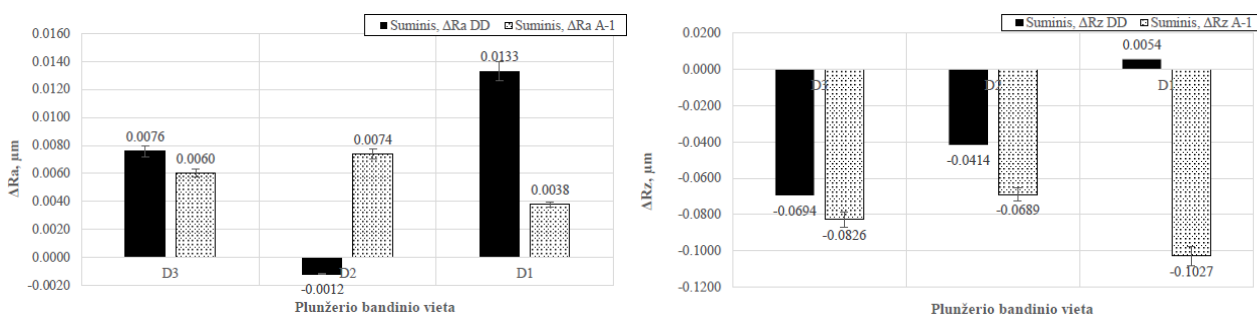
3 pav. Degalų debito priklausomybė nuo slėgio degalų akumuliatoriuje tyrimo pradžioje 300 h.

4 pav. pavaizduoti įvorių paviršiaus šiurkštumo skirtumai ΔR_a , ir ΔR_z išmatuoti po 300 h darbo. Sprendžiant apie įvorių paviršiaus pokyčius, matyti, kad dirbant dyzeliniais degalais paviršiaus šiurkštumas viršutinėje ir apatinėje dalyje sumažėjo, tuo tarpu vidurinėje dalyje, buvo gautas priešingas rezultatas. Įvorių I1 dalyje užfiksuota reikšmė buvo 3 karto didesnė už tame taške išmatuotą JET A-1 degalais dirbusių įvorių vietą. Skirtumas tarp skirtingų degalų išmatuotų reikšmių buvo gautas didesnis. Įvorių I3 dalyje, gauta reikšmė buvo 2 kartus didesnė, siurbliui veikiant su dyzeliniais degalais. Skirtumas tarp išmatuotų reikšmių siekė 0,0021 μm . Įvorių vidurinėje dalyje I2, ΔR_a šiurkštumo parametro padidėjimas buvo dvigubai didesnis, lyginant su aviaciniais JET A1 degalais veikiančio didelio slėgio siurblio.



4 pav. Įvorių paviršiaus šiurkštumo parametru ΔR_a ir ΔR_z skirtumai

Vertinant įvorių paviršiaus šiurkštumo ΔR_z pokyčius, galima pastebėti, kad įvorių paviršiaus šiurkštumo parametras I1 vietoje po 300 h darbo dyzeliniais degalais nežymiai sumažėjo, o bandinių I2 vietoje šiek tiek padidėjo. Aviacinių JET A-1 degalais, veikusių įvorių paviršių šiurkštumo sumažėjimas buvo gautas visose įvorių bandinių vietose. Įvorių paviršiaus šiurkštumo parametras, I3 bandinių vietoje buvo gautas 24 % didesnis, veikiant dyzeliniais degalais.



5. pav. Plunžerių paviršiaus šiurkštumo parametru ΔR_a ir ΔR_z skirtumai

5 pav. pavaizduoti plunžerių paviršiaus šiurkštumo pokyčiai ΔR_a ir ΔR_z , gauti išdirbus 300 valandų. Grafikuose pateikti plunžerių viršutinės dalies (D3), vidurinės dalies (D2) ir apatinės dalies (D1) šiurkštumo parametro ΔR_a ir ΔR_z suminiai rezultatai. Įvorių ir plunžerių suminiai rezultatai buvo gauti priešingi. Viršutinėje dalyje D3 užfiksuota pokyčių reikšmė tarp dirbusių degalų 21 % didesnė, negu dyzelinių degalų atveju. Plunžerių galinėje matuotoje vietoje D1, skirtumas buvo 0,0095 μm , lyginant su dyzeliniais degalais. Tuo tarpu D2 vietoje, dyzelinių degalų atveju, plunžerių paviršiaus šiurkštumas sumažėjo. Lyginant ΔR_z parametro suminius pokyčius, matyti, kad daugiausiai išsiskiria taškas D1. Šiame bandinio vietoje, naudojant dyzelinius degalus paviršiaus šiurkštumo reikšmė buvo didžiausia, lyginant su Jet A-1 degalais. Dirbant dyzeliniais degalais, plunžerių D3 ir D2 matavimo vietose, ΔR_z šiurkštumo parametro suminiai pokyčiai buvo atitinkamai 19 % ir 66 % mažesni, negu Jet A-1 degalais dirbančio plunžerio.

Išvados

1. Realiomis darbo sąlygomis JET A-1 degalais veikiančio Common Rail degalų įpurškimo sistemos didelio slėgio siurblio našumas, po 300 h degalų tiekimas sumažėjo 3,1 %, 5,3 % ir 6,5 %, esant atitinkamai 50,0 MPa, 70,0 MPa, 90,0 MPa ir 110,0 MPa slėgiui.
2. Įvorių I1 matavimo dalyje šiurkštumas ΔR_a sumažėjo dirbant dyzeliniais degalais, tuo tarpu ΔR_z parametras gautas dvigubai mažesnis aviacinių JET A1 degalų atveju.
3. Dirbant JET A1 aviaciniais degalais, plunžerių apatinės dalies D3 šiurkštumo parametras ΔR_a , gautas 26 % mažesnis, palyginti su dyzeliais degalais veikiančio didelio slėgio siurbliu.
4. Apibendrinus tyrimo duomenis galima teigti, kad aviaciniai JET A1 degalai spartina didelio slėgio siurblio precizinių detalių dilimą ir mažina jo patikimumą.

Literatūra

1. Ağbulut, Ü., Sardemir, S., & Albayrak, S. (2019). Experimental investigation of combustion, performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with diesel–biodiesel–alcohol blends. *Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering*, 41(9), 389.
2. Armas, O., Martínez-Martínez, S., & Mata, C. (2011). Effect of an ethanol–biodiesel–diesel blend on a common rail injection system. *Fuel Processing Technology*, 92(11), 2145-2153.

3. García Carrero, A. A. (2022). Experimental Study of the Fuel Effect on Diffusion Combustion and Soot Formation under Diesel Engine-Like Conditions (Doctoral dissertation, Universitat Politècnica de València).
4. Kaminski, P. (2024). Investigation Lubricity Performance of Lubricating Oil Used in Marine Diesel Engine—Fuel Injection Pump. *Applied Sciences*, 14(14), 6148.
5. Malik, M. A. I., Kalam, M. A., Abbas, M. M., Silitonga, A. S., & Ikram, A. (2024). Recent advancements, applications, and technical challenges in fuel additives-assisted engine operations. *Energy Conversion and Management*, 313, 118643.
6. Temizer, I., & Ari, A. (2023). Long term endurance analysis of the effects on ring wear and lubrication oil of biofuel used in a DI diesel engine. *International Journal of Engine Research*, 24(6), 2614-2627.
7. Vilutienė, V., Labeckas, G., & Slavinskas, S. (2013). Alternatyvių degalų panaudojimas dyzeliniame variklyje. *Journal of Management*, 12, 12.

LUBRICITY STUDY OF A HIGH-PRESSURE COMMON-RAIL FUEL INJECTION SYSTEM

Summary

The article presents experimental studies with common rail fuel injection system of diesel engine. Mineral fuel resources in the world are decreasing, and research is currently of particular importance, the results of which would allow for more efficient use of mineral fuels and increase the use of alternative fuels produced from renewable sources. The aim of the study was to find out the influence of diesel fuel and aviation fuel JET A1 on the working elements of the system. The tests used two injection systems, which were installed in the injection test bench and worked in alternating modes. Before starting the research, performance tests of the pumps were performed, the surface roughness of the plunger pair was observed, and surface photographs were analysed. The study was conducted for 300 hours. Common-rail diesel power system durability studies have shown that at 110 MPa injection pressure and using JET A1 aviation fuel, pump performance is reduced by 6.5% compared to a high-pressure diesel fuel pump. Analysing the roughness of the interacting surfaces, it was found that the most difficult lubrication conditions occur in the end positions, where when the sliding speed of the plunger decreases, it changes the direction of movement. When evaluating the surface images of the plungers, there is a noticeable difference between the new surfaces and the surfaces that participated in the study.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerijos tyrimai

Telefonas ir el. pašto adresas: +37061645666, tomas.mickevicius@lik.tech

Autoriaus vardas, pavardė: Eimantas Daukintis

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerijos tyrimai

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 37 308620 El. paštas: info@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Mickevičius.

Science degree and name: doctor, associate professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor.

Author's research interests: transport engineering.

Telephone and e-mail address: +37061645666, tomas.mickevicius@lik.tech

Author name, surname: Eimantas Daukintis.

Science degree and name: -

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, student

Author's research interests: transport engineering methodology.

Telephone and e-mail address: 0 37 308620 El. paštas: info@lik.tech

KROVININIŲ AUTOMOBILIŲ VIDAUS DEGIMO VARIKLIŲ GEDIMŲ POBŪDŽIO SĄSAJOS SU AUTOMOBILIO RIDA

Jokūbas Mackevičius, Marius Mažeika
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Krovininių automobilių variklių ir jų sistemų netinkamas veikimas yra viena iš pagrindinių transporto priemonių eksploatacijos problemų, turinčių tiesioginę įtaką transporto priemonių priežiūros kaštams, degalų sąnaudoms ir ekologiniam poveikiui. Vienas iš svarbiausių veiksnių, lemiančių variklio eksploatacines savybes ir gedimų dažnumą, yra rida. Šis tyrimas analizuoja, kaip krovininio automobilio rida koreliuoja su didesne tikimybe patirti variklio ir jo sistemų gedimus EURO VI standarto N3 kategorijos automobilių varikliuose. Šiame tyrime buvo nagrinėti krovininių automobilių duomenys, atsižvelgiant į skirtingas ridos kategorijas (0-150 tūkst. km, 150-300 tūkst. km, 300-450 tūkst. km, 450-600 tūkst. km, 600-750 tūkst. km, 750-900 tūkst. km., ir 900-1050 tūkst. km). Rezultatai parodė, kad, didėjant ridai, variklių ir jo sistemų gedimų daugėja. Automobiliuose, kurių ridos diapazonas nuo 750 iki 1050 tūkst. km variklio ar jo sistemų gedimų tikimybė yra 300 % didesnė lyginant su ridos diapazonu nuo 0 iki 300 tūkst. km. Tyrimas skirtas automobilių valdytojams ir techninės priežiūros įmonėms, siekiant geriau suprasti gedimų pasiskirstymo dinamiką planuojant įmonių veiklą.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Rida, EURO VI, vidaus degimo variklis, krovininis automobilis

Įvadas

Krovininiai automobiliai yra vienas svarbiausių logistikos sektoriaus elementų, užtikrinantis prekių ir žaliavų judėjimą tarp regionų ir šalių. Vien Europos sąjungoje (ES) šiuo metu yra naudojama apie 6,3 mln. krovininių automobilių, kurie ES perveža apie 80 % visų krovininių (European Automobile Manufacturers Association, 2024). Didelė krovininių automobilių rida ir intensyvus eksploatavimas kelia aukštus reikalavimus transporto priemonių patikimumui bei jų variklių efektyvumui. Vidaus degimo varikliai yra pagrindinis krovininių automobilių energijos šaltinis, 2023 metais 96,6 % visų parduodamų sunkvežimių (N3 kategorijos) buvo varomi dyzeliniais degalais ir tik 0,6 % buvo varomi elektra (European Automobile Manufacturers Association, 2024). Griežtėjantys ekologiniai reikalavimai verčia automobilių gamintojus nuolat atnaujinti ar tobulinti senas sistemas, tokias kaip išmetamųjų dujų recirkuliacija (EGR), dyzelino oksidacinis katalizatorius (DOC), kietųjų dalelių filtras (DPF), selektyvinis katalizatorius/AdBlue sistema (SCR) (Ligterink ir kt. 2016). Dėl ekologinių reikalavimų visi ES gaminami krovininiai automobiliai naudoja CR tipo maitinimo sistemas, kurios yra jautrios degalų kokybei (Osipowicz ir kt. 2018). Visoms šioms sistemoms veikiant tinkamai yra užtikrinamos mažesnės eksploatacinės išlaidos, ilgesnis variklio tarnavimo laikas, degalų sąnaudų efektyvumas ir mažesni kenksmingų aplikai medžiagų kiekiai. Daugelyje mokslinių tyrimų buvo siekiama išanalizuoti variklio parametru kitimo ir gedimų priežastis, tačiau mažai dėmesio skiriama tam, kaip tai susiję su automobilių rida. Krovininio automobilio rida ne tik atspindi transporto priemonės eksploatavimo intensyvumą, bet ir veikia įvairių komponentų nusidėvėjimą, o tai gali sukelti tam tikrus specifinius parametru pokyčius, kas nulems variklio gedimus. Tokie tyrimai yra itin svarbūs, nes padeda geriau suprasti, kaip eksploatacinės sąlygos ir techninės priežiūros dažnumas lemia variklio gedimus bei transporto priemonės tarnavimo laiką. Šiame straipsnyje siekiama išnagrinėti krovininių automobilių vidaus degimo variklių ir jų sistemų parametru kitimo pobūdį ir įvertinti jų sąsajas su automobilio rida. Tokia analizė yra būtina ne tik siekiant sumažinti transporto priemonių prastovas ir remonto išlaidas, bet ir optimizuoti techninės priežiūros strategijas, užtikrinant patikimesnį transporto parko valdymą. Straipsnyje aptariami pagrindiniai variklių ir jų sistemų parametru kitimo tipai, jų dažnumas bei analizės metodai, leidžiantys nustatyti ridos ir gedimų sąsajas.

Tyrimo tikslas: Ištirti krovininių automobilių variklių ir jų sistemų parametru kitimo pobūdžio priklausomybę nuo jų ridos.

Uždaviniai

1. Atlikti dyzelinių variklių gedimų apžvalgą naudojantis mokslinės literatūros duomenimis.
2. Parengti krovininių automobilių variklių ir jų sistemų gedimų pobūdžio priklausomybės nuo jų ridos tyrimo metodiką.
3. Nustatyti EURO VI N3 kategorijos automobilių variklių ir jų sistemų parametru kitimo pobūdžio priklausomybę nuo jų ridos.

Dyzelinių variklių ir jų sistemų gedimų apžvalga

Dyzelinių variklių gedimai yra aktuali tema automobilių inžinerijos srityje, nes šių variklių patikimumas ir efektyvumas tiesiogiai veikia transporto priemonių eksploataciją bei remonto sąnaudas. Mokslinėje

literatūroje išskiriami keli pagrindiniai gedimų tipai, jų priežastys bei diagnostikos metodai.

Degalų įpurškimo sistema, ypač „Common Rail“ (CR), yra vienas iš jautriausių dyzelinio variklio komponentų. Dažniausi šios sistemos gedimai susiję su purkštuvais ir siurbliais. Šie gedimai kyla dėl nekokybiškų filtrų, sistemos užteršimo, korozijos ar netinkamos degalų kokybės. Gedimai daro tiesioginę įtaką degalų sunaudojimui ir išmetamųjų teršalų kiekiui (Bacci di Capaci, ir Pannocchia, 2024). Gedimų priklausomybės nuo ridos mokslinėse publikacijose aptikti nepavyko.

AdBlue sistemos netinkamas veikimas yra aktuali problema moderniuose dyzeliniuose varikliuose, ypač siekiant atitikti griežtus emisijų standartus, tokius kaip EURO 6. AdBlue - tai specialus skystis, naudojamas SCR (Selective Catalytic Reduction) sistemose azoto oksidų (NOx) emisijoms mažinti. Dažniausios AdBlue sistemos netinkamo veikimo priežastys: AdBlue skysčio užterštumas arba prasta kokybė, dozavimo sistemos gedimai, kristalizacija AdBlue linijose (nepakankamas linijų šildymas sukelia AdBlue kristalizaciją, kuri blokuoja skysčio srautą), SCR katalizatoriaus problemos, elektronikos gedimai (valdymo bloką (ECU) klaidos arba netikslūs jutiklių duomenys (pvz., AdBlue lygio, temperatūros ar slėgio jutiklių gedimai) (Hlatká ir kt. 2021).

Turbokompresoriaus gedimai yra vieni dažniausiai pasitaikančių dyzelinių variklių problemų, nes šis komponentas veikia labai aukštose temperatūrose ir dideliais apsisukimais. Pagrindinės gedimų priežastys: tepimo sistemos problemos, bloga alyvos kokybė, degalų purkštuvų netinkamas veikimas, užterštas oras (patekęs per sugadintą oro filtrą) arba anglies nuosėdos pažeidžia sparnuotes (Filipezyk, 2013). Netinkamai degant mišiniui, cilindre susidaranti anglies dalelės gali užteršti turbokompresoriaus vidinius komponentus. Perkaitimas dėl netinkamo aušinimo sukelia sparnuočių deformaciją ar įtrūkimus. Staigus variklio išjungimas po intensyvaus darbo gali sukelti alyvos trūkumą turbokompresoriuje jam sukantis. Svetimkūniai, patekę į oro arba išmetimo sistemas, gali mechaniškai pažeisti sparnuotes (Knežević, 2020).

Kietųjų dalelių filtrai (DPF) yra būtini šiuolaikiniams dyzeliniams varikliams, tačiau jų regeneracijos procesai dažnai susiduria su problemomis dėl netinkamų alyvų, degalų su sieros priemaisomis ar netvarkingų maitinimo sistemų naudojimo (Ahmadbeigi ir kt. 2024). Dėl netinkamos regeneracijos filtro užsikimšimas gali sukelti variklio gedimus ir padidinti degalų sąnaudas (Zhang ir kt. 2023).

Apibendrinus literatūros šaltiniuose rastus duomenis galima teigti, didelė dalis gedimų dyzeliniuose varikliuose yra susiję su komponentais, kurie diegiami dėl aukštų ekologinių reikalavimų. Išskirtinai apie N3 kategorijos automobilių variklių gedimų analizę sistemingų duomenų mokslinėje literatūroje rasti nepavyko.

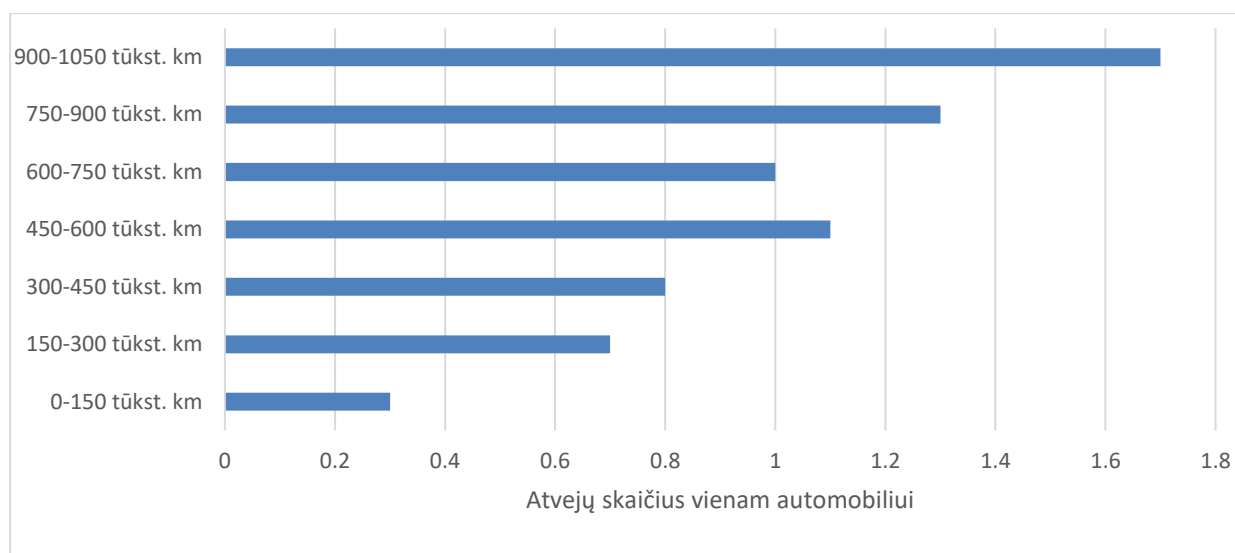
Tyrimo metodika

Tyrimui atlikti buvo pasitelktos transporto įmonių N3 kategorijos automobilių techninės priežiūros ir kokybės duomenų bazės. Iš viso buvo išanalizuotos 4 įmonių duomenų bazės. Duomenų bazių analizės tikslas – rasti automobilių variklių gedimų priklausomybę nuo automobilio ridos. Iš viso buvo įvertinti 110 vnt. N3 kategorijos EURO VI standartus atitinkančių automobilių duomenys. Šiam straipsniui buvo analizuotos 2014-2023 metų duomenų bazės ir panaudota tyrimo medžiaga aktuali šiai temai. Analizuojamų automobilių vidutinė metinė rida tiriamuoju laikotarpiu buvo 143870 km. Analizuojami automobilių parkai buvo sudaryti iš skirtingų automobilių gamintojų modelių, pagaminti nuo 2014 iki 2023 metų ir visi buvo varomi dyzeliniais varikliais. Duomenų apdorojimui buvo naudojama SPSS (angl. Statistical Package for the Social Sciences) programinė įranga.

Tyrimo rezultatai

Variklio ir jo sistemos vertinimas

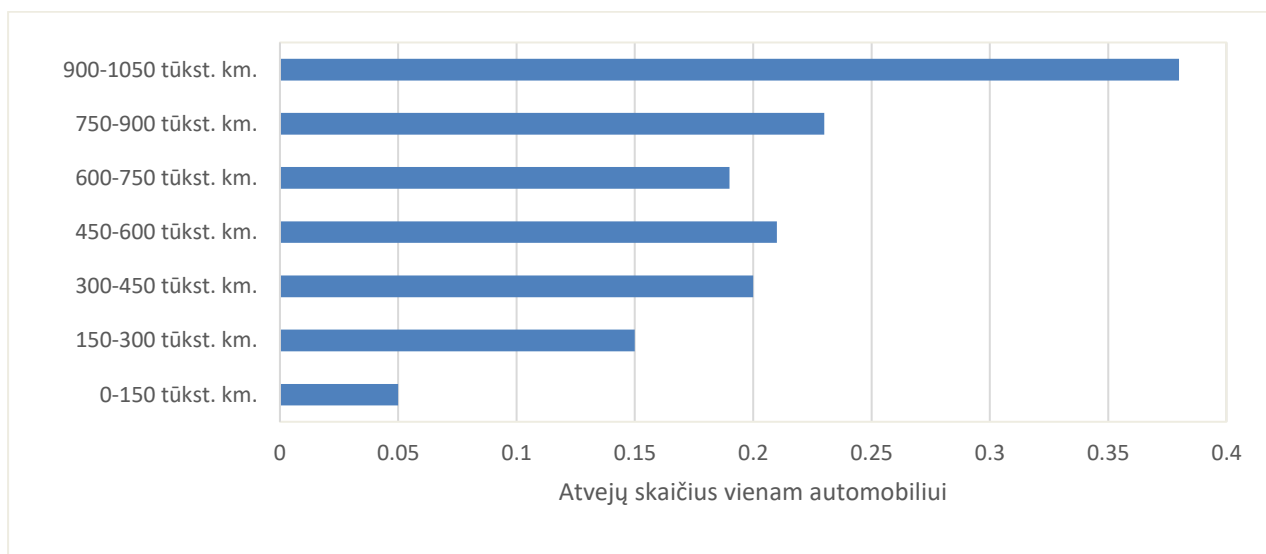
Atlikus 4 skirtingų įmonių krovinio transporto diagnostikos ir gedimų duomenų analizę buvo nustatyta, kaip pasiskirsto variklio ir jo sistemų komponentų gedimų dažnumas priklausomai nuo automobilio nuvažiuoto atstumo (1 pav.). Atlikus duomenų analizę nustatyta, kad gedimų skaičius didėja, didėjant ridai. Automobiliui įveikiant pirmuosius 150 tūkstančių kilometrų, jau vidutiniškai 30 % analizuojamo automobilių parko susiduria su variklio ar jo sistemų komponentų problemomis. Dauguma gedimų šiuo laikotarpiu būna garantiniai, bet įmonėms finansinių nuostolių sudaro prastovos ir krovinių pristatymo vėlavimai. Esant didesnei ridai (150 – 300 tūkst. km), vienam automobiliui tenka 0,7 gedimo, bet teigti, kad 70 % susiduria su variklio ir jo sistemų gedimais negalima, nes dalis automobilių buvo remontuoti po keletą kartų, dažniausiai dėl skirtingų komponentų gedimų. Panašios tendencijos pastebimos ir esant didesnėms ridoms. Kai rida apie 1 mln. km, gedimų skaičius jau siekia 1,7 vienam automobiliui, bet į šią imtį patenka mažiausias kiekis automobilių, nes analizuojamose įmonėse parkas nuolat naujinamas ir seniausi automobiliai yra parduodami.



1 pav. Variklio ir jo sistemų komponentų gedimų pasiskirstymo diagrama pagal sunkvežimio ridą

Gautų duomenų palyginti su kitų mokslininkų rezultatais galimybės nėra, nes mokslinėje literatūroje tokio tipo tyrimų su N3 kategorijos automobiliais rezultatų rasti nepavyko. Tikėtina, kad tokius tyrimus atlieka automobilių ir detalių gamintojai, bet duomenų neviešina.

CR purkštuvų parametrų kitimų analizė. CR sistema N3 kategorijos automobiliuose masiškai pradėta naudoti kartu su EURO VI standartu, nes jos pagalba buvo galima lengviau pasiekti keliamus ekologinius/ekonominius reikalavimus (IVECO 2014). Atliekant duomenų analizę buvo pastebėta, kad šioje sistemoje dažniausiai dėl parametrų pakitimo keičiami purkštuvai.

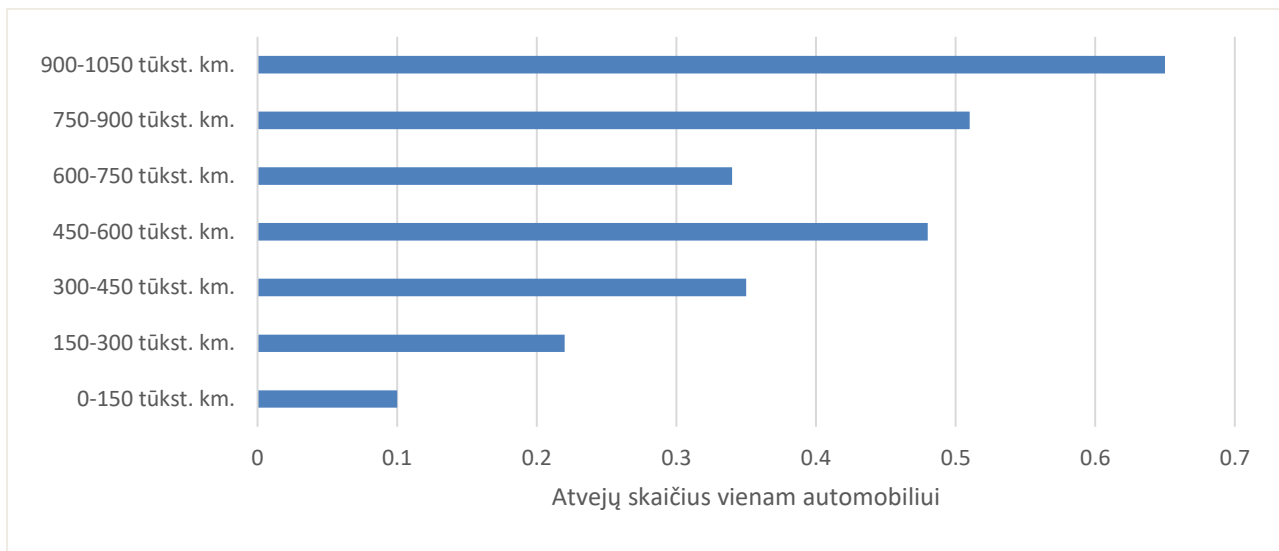


2 pav. Degalų purkštuvų gedimų pasiskirstymo diagrama pagal sunkvežimio ridą

Purkštuvų diagnostika yra sudėtinga, diagnostikos įranga išsamius parametrų matavimus atlieka tik išmontuotiems purkštuvams. Diagnostiniuose stenduose purkštuvai tikrinami imituojant tam tikrus darbinis režimus, ir būna atvejų, kai stendas nenustato, kuris purkštuvus kaltas dėl blogo variklio veikimo (degalų slėgio šuolių sistemoje). Tokiu atveju visi purkštuvai yra keičiami naujais. Mokslininkai kuria metodikas, kaip patikslinti diagnostiką variklio darbo metu, neišmontuojant purkštuvų (Stoek, 2021). Analizuojant purkštuvų parametrų kitimo priklausomybę nuo ridos (2 pav.), pastebima, kad su problemomis susiduriama jau per pirmuosius 150 tūkst. km. Tai galima sieti su gamintojo klaidomis arba bloga degalų kokybe (Chomik ir Łagowski, 2019). Didėjant automobilių ridoms, atvejų skaičius didėja, tai galima sieti su natūraliu susidėvėjimu. Ženklus atvejų padidėjimas matomas kai rida viršija 900 tūkst. km ir siekia 0,38 atvejo vienam automobiliui. Tai gali lemti kitų komponentų dėvėjimasis, bet išsamesniam atsakymui į šį pokytį reikalingi išsamesni tyrimai.

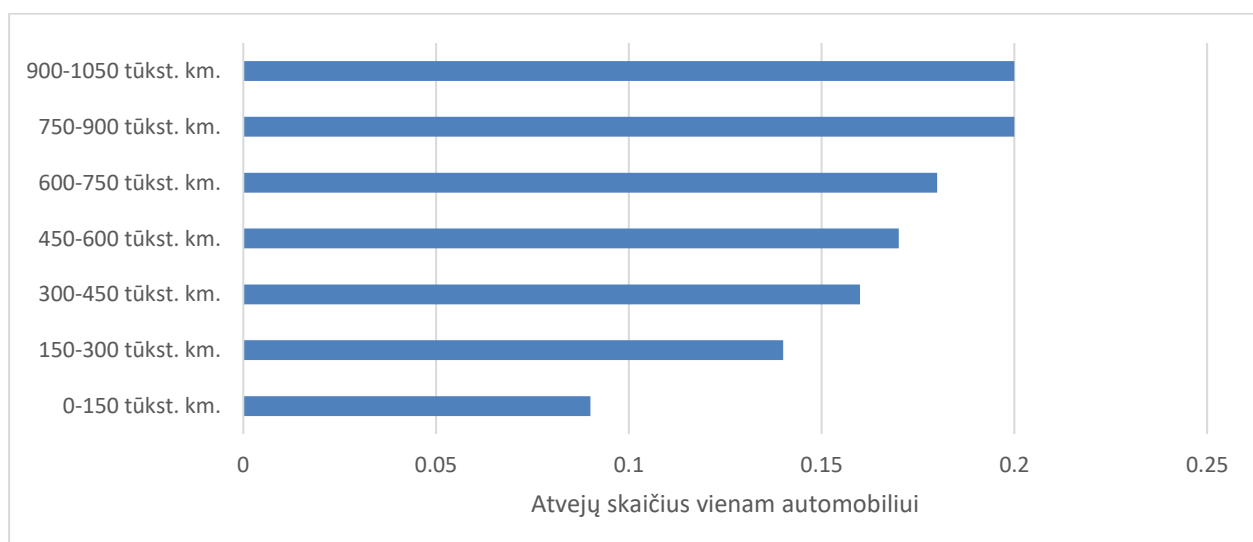
AdBlue sistemos parametrų kitimo analizė. AdBlue sistema, naudojama selektyviosios katalizinės

redukcijos (SCR) procesuose, yra būtina siekiant sumažinti azoto oksidų (NOx) emisiją. Tačiau pagal analizuojamus duomenis pastebima, kad sistema dažnai susiduria su įvairiomis problemomis, įskaitant komponentų gedimus, netinkamą dozavimą, užšalimą, purkštukų užsikimšimą ir jutiklių veikimo klaidas. Šios sistemos komponentų problemos analizuojamose transporto priemonėse prasideda nuo pirmųjų 150 tūkst. km ir vienam automobiliui pasitaiko 0,1 atvejo, bet teigti, kad apie 10 % automobilių turėjo tokių parametru neatitikimų negalima, nes dalis gedimų buvo pasikartojantys tuose pačiuose automobiliuose. Didėjant ridai, didėjo ir atvejų skaičius, kas gerai matoma 3 paveiksle. Automobilio ridai esant nuo 900 tūkst. km, pasitaiko 0,65 atvejo per 150 tūkst. km, kas komerciniame transporte aktualu vertinant patikimumą.



3 pav. Adblue sistemos gedimų pasiskirstymo diagrama pagal sunkvežimio ridą

Turbokompresorių parametru kitimo analizė. Šiuolaikiniai krovinių automobilių dyzeliniai varikliai yra neatsiejami nuo turbokompresorių. Turbokompresoriai yra taisomi/keičiami dėl pakitusių jų parametru, o laiku to nenustačius - dėl visiško sugadinimo. Turbokompresoriaus tarnavimo laikas yra priklausomas nuo kitu komponentu tinkamo veikimo ir eksploatacavimo ypatumu. Blogi, netinkamai veikiantys degalu purkštuvai, netinkamas DPF filtro veikimas ar netinkamas automobilio eksploatacavimas gali nulemti turbokompresoriaus parametru kitimus ar net gedimus (Filipczyk, 2013).



4 pav. Turbokompresoriaus gedimų pasiskirstymo diagrama pagal sunkvežimio ridą

Analizuojant iš įmonių gautus duomenis, pastebimas nuoseklus atvejų skaičiaus didėjimas didėjant automobiliu ridai ir esant ridai tarp 600 ir 750 tūkst. km. atvejų skaičius dvigubai didesnis nei esant ridai iki 150 tūkst. km. Kai rida virš 750 tūkst. km, vienam automobiliui tenka 0,2 atvejo (4. pav.). Tai gali būti susiję ir su kitu sistemu parametru kitimais, kas gali nulemti ir turbokompresoriaus resursą. Mokslinėje literatūroje N3 kategorijos automobiliu turbokompresoriu resurso tyrimu susietu su rida aptikti nepavyko, todėl palyginti

galimybių nėra. Variklio ir kitų jo sistemų, tokių kaip DPF, elektros generavimo, užvedimo ir t.t. gedimai buvo reti ir dažnu atveju būdavo tik kitų gedimų pasekmė, todėl šiame straipsnyje jie nėra analizuojami.

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima teigti, vidaus degimo varikliai ir jų sistemos reikalauja techninės priežiūros ir remonto visuose ridos diapazonuose. Per analizuotus 1050000 km varikliui ir jo sistemoms buvo fiksuota 6,9 gedimų atvejų vienam automobiliui. Dažniausiai šiame ridos diapazone buvo fiksuoti AdBlue (SCR) sistemos gedimai, kurie sudarė 2,65 atvejo vienam automobiliui. Šio tyrimo duomenys skiriasi nuo kitų mokslininkų rezultatų, nes šaltiniuose analizuojama lengvųjų automobilių arba senesni krovininių automobilių varikliai, kuriuose AdBlue sistema naudojama nebuvo (Filipezyk, 2013). Šio straipsnio pagrindu galima atlikti tolimesnius tyrimus, kurie būtų naudingi optimizuojant techninės priežiūros veiklas bei planuojant tam finansus.

Išvados

1. Mokslinės literatūros analizė atskleidžia dažniausiai pasitaikančius gedimus dyzeliniuose varikliuose ir jų sistemose bei parodo tyrimų trūkumą juos susiejant su N3 kategorijos automobilių rida.

2. Sudaryta metodika rasti automobilių variklių ir jų sistemų gedimų skaičius ir nustatyti jų priklausomybę nuo automobilio ridos, išanalizuojant 110 vnt. N3 kategorijos automobilio serviso istorijos duomenis.

3. Nustatyta EURO VI N3 kategorijos automobilių variklių ir jų sistemų parametų kitimo pobūdžio priklausomybė nuo jų ridos rodo, kad ridos diapazone nuo 750 iki 1050 tūkst. km variklio ar jo sistemų gedimų skaičius yra 300 % didesnis lyginant su ridos diapazonu nuo 0 iki 300 tūkst. km.

Literatūra

1. Ahmadbeigi, S., Ehteram, M., Naeimi, A. (2024). Weibull Analysis of DPF Failure Events and Reliability of Diesel Particulate Filters Utilizing After-Sales Maintenance Data. *Emission Control Science and Technology*. 10. 175-186.
2. Bacci di Capaci, R., Pannocchia, G. (2024). Advanced Methods for Monitoring and Fault Diagnosis of Control Loops in Common Rail Systems. *Processes*, 12(11), 2371. <https://doi.org/10.3390/pr12112371>
3. Chomik, Z., & Łagowski, P. (2019). The analysis of mechanical damage of Common Rail injectors. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 64(1), 13–20.
4. Dziedzic, P., Szczepański, T., Niewczas, A. & Ślęzak, M. (2021). Car reliability analysis based on periodic technical tests. *Open Engineering*, 11(1), 630-638. <https://doi.org/10.1515/eng-2021-0061>
5. European Automobile Manufacturers Association, (2024). Fact Sheet—Trucks. <https://www.acea.auto/fact/fact-sheettrucks/>
6. Filipezyk, J. (2013). Causes of automotive turbocharger faults. *Transport Problems*. 8. 5-10.
7. Hlatká, M., Kampf, R., Korec, K., Kalinová, E., Gross, P. (2021) Failure analysis and identification of causes of SRC system malfunctions – Case study, *Engineering Failure Analysis*, Volume 127, 105574, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2021.105574>.
8. IVECO. (2014) New Stralis Euro VI https://www.iveco.com/georgia/collections/catalogues/Documents/Brochures/Stralis_Product_Catalogue_E6.pdf
9. Knežević V., Orović J., Stazić L., Čulin J. (2020). Fault Tree Analysis and Failure Diagnosis of Marine Diesel Engine Turbocharger System. *Journal of Marine Science and Engineering*.; 8(12):1004. <https://doi.org/10.3390/jmse8121004>
10. Ligterink, N., Heijne, V., Stelwagen, U. (2016). Emission factors for diesel Euro-6 passenger cars, light commercial vehicles and Euro-VI trucks. 10.13140/RG.2.1.3608.7922.
11. Osipowicz, T., Abramek, K., Matuszak, Z., Jaskiewicz, M. Ludwinek, K., Poliak, M. (2018). The analysis of technical condition common rail fuel system components. 1-8. DOI: [10.1109/AUTOSAFE.2018.8373304](https://doi.org/10.1109/AUTOSAFE.2018.8373304)
12. Stoeck, T. (2021). Analytical methodology for testing Common Rail fuel injectors in problematic cases. *Diagnostyka*, 22(2), 47-52. <https://doi.org/10.29354/diag/135999>
13. Zhang, Z., Dong, R., Lan, G. et al. Diesel particulate filter regeneration mechanism of modern automobile engines and methods of reducing PM emissions: a review. *Environ Sci Pollut Res* 30, 39338–39376 (2023). <https://doi.org/10.1007/s11356-023-25579-4>

RELATIONSHIP BETWEEN THE NATURE OF TRUCK INTERNAL COMBUSTION ENGINE FAILURES AND MILEAGE

Summary

Failures of truck engines and their systems is one of the main operational problems in the transport sector, which has a direct impact on truck maintenance costs, fuel consumption and environmental impact. One of the most important factors determining engine performance and failure frequency is mileage dependence. This research analyses how truck mileage

correlates with a higher probability of experiencing engine and system failures in EURO VI standard N3 category vehicle engines. The research analysed truck data, considering different mileage categories (0-150 thousand km, 150-300 thousand km, 300-450 thousand km, 450-600 thousand km, 600-750 thousand km, 750-900 thousand km, and 900-1050 thousand km). The results showed that with increasing mileage, the number of engine and system failures increases. In trucks, when the mileage range is from 750 to 1050 thousand km, the probability of engine or its systems failures is 300% higher compared to the mileage range from 0 to 300 thousand km. The research is intended for truck owners and maintenance companies in order to better understand the dynamics of the distribution of failures when planning company activities.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Mažeika.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijų mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 608 62765, marius.mazeika@lik.tech

Autoriaus vardas, pavardė: Jokūbas Mackevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijų mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 608 62765, jokubas.mackevicius@stud.lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Marius Mažeika.

Science degree and name: doctor, associate professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor.

Author's research interests: technological sciences, transport engineering.

Telephone and e-mail address: +370 608 62765, marius.mazeika@lik.tech

Author name, surname: Jokūbas Mackevičius.

Science degree and name: -

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, student

Author's research interests: technological sciences, transport engineering methodology.

Telephone and e-mail address: +370 608 62765, jokubas.mackevicius@stud.lik.tech

ELEKTRINIO AUTOMOBILIO BATERIJOS ĮKROVIMO GREIČIO PRIKLAUSOMYBĖS NUO TEMPERATŪROS TYRIMAS

Darius Juodvalkis

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Elektra varomi automobiliai tampa vis populiarešni. 2024 m. duomenimis Lietuvoje yra įregistruota virš 15 tūkst. automobilių, kurie varomi vien elektros energija. Elektromobilių naudojimo ilgesnio nuotolio kelionėse galimybės ir patogumas pagrindė priklauso nuo įveikiamo atstumo su viena įkrova, baterijos įkrovimo trukmės ir įkrovimo infrastruktūros. Šiuo metu Lietuvoje elektromobilių įkrovimo infrastruktūra yra pakankama, kad būtų galima elektromobilį naudoti kelionėms po Lietuvą. Šiuolaikiniai modernūs elektra varomi automobiliai jau gali patikimai nuvažiuoti 200-300 km su viena baterijos įkrova, bet tai yra mažiau negu tradicinis automobilis gali nuvažiuoti su pilnu degalų baku, o tai reiškia, kad keliaujant elektromobiliu jį teks įkrauti kelionės metu. Įkrauti elektromobilio bateriją užtrunka taip pat ilgiau nei užsipilti degalų, todėl reikia atitinkamai planuoti kelionės laiką įvertinat sugaištą laiką įkrovimui. Įkrovimo trukmė priklauso nu daugelio parametų, o vienas iš jų yra baterijos temperatūra, kuri gali priklausyti nuo aplinkos temperatūros. Šio tyrimo metu nustatyta elektra varomo automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greitis ir trukmė realiomis sąlygomis.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Elektrinis automobilis, Li-ion akumuliatorių baterija, greitas krovimas (DC).

Įvadas

Elektrinių automobilių įkrovimo greitis vienas iš rodiklių nu kurio priklauso tokio automobilio naudojimo patogumas ir tinkamumas ilgesnėse kelionėse. Elektriniuose automobiliuose montuojamos ličio jonų (Li-ion) baterijos, kurių įkrovimo greitis priklauso nu įvairių parametų. Dalis šių parametų priklauso nu baterijos ir įkrovimo infrastruktūros, o kiti nu aplinkos sąlygų – pvz. baterijos temperatūra, kuri realiose situacijose dažnai gali nebūti optimali ir dėl to baterijos įkrovimo greitis gali būti netgi keletą kartų mažesnis negu deklaruojamas automobilio gamintojo.

Elektra varomi automobiliai daugelyje šalių, o tame tarpe ir Lietuvoje, tampa vis populiarešni - 2024 m. lapkričio 1 d. duomenimis iš viso Lietuvoje yra įregistruota 15286 vnt. vien elektra varomų automobilių (Regitra, 2024). Šiuolaikiniai elektra varomi automobiliai savo eksploatacinėmis savybėmis jau beveik nenusileidžia tradiciniams automobiliams su vidaus degimo varikliu ir gali būti sėkmingai naudojami tiek trumpose tiek ir ilgesnėse kelionėse. Ilgesnio nuotolio kelionėse elektra varomus automobilius paprastai reikia įkrauti kelionės metu ir jų tinkamumas tokioms kelionėms priklauso nu to kaip greitai tai galima atlikti.

Elektra varomi automobiliai gali būti įkraunami skirtingais būdais, t.y. iš kintamos srovės tinklo (AC) ir greito įkrovimo stotelėse nuolatine srove (DC). Įkrovimas kintama srove yra lėtesnis ir paprastai nenaudojamas ilgesnių kelionių metu. Tokiu atveju daug patogesnis ir tinkamesnis būdas įkrauti elektrinio automobilio aukštos įtampos bateriją yra naudojant greito įkrovimo stoteles, kurios krauna nuolatine srove. Šiuo atveju įkrovimo greitis priklauso nu elektromobilyje įrengtos baterijos savybių ir įkrovimo stotelės galimybių. Lietuvoje greito įkrovimo stelių tinklo tankis yra pakankamas, kad būtų galima patogiai keliauti vien elektra varomu automobiliu, o šiuolaikiniai elektromobiliai palaiko 50 kW ir didesnį įkrovimo greitį. Pvz. 2017 m. laidos Nissan Leaf automobilis su 24 kWh talpos baterija palaiko 50 kW didžiausią įkrovimo greitį, o 2022 m. laidos VW ID.3 palaiko net 124 kW įkrovimo greitį (Elektromobilių duomenų bazė. ID.3, 2022). Gamintojai deklaruoja automobilių palaikoma didžiausią įkrovimo greitį, kuris pasiekiamas tam tikromis idealiomis sąlygomis, o praktikoje įkrovimo greitis dažnai būna mažesnis. Vienas iš labai svarbių veiksnių nu kurio priklauso baterijos įkrovimo greitis yra jos temperatūra. Paprastai laikoma, kad 35°C baterijos temperatūra yra optimali greitam įkrovimui, o, jeigu ji didesnė arba mažesnė, įkrovimo greitis bus mažesnis. Dauguma šiuolaikinių elektrinių automobilių turi aukštos įtampos akumuliatorių baterijos aušinimo sistemas, o kai kurie turi ir jų pašildymo sistemas. Akumuliatorių baterijų optimalios temperatūros palaikymo sistemos leidžia užtikrinti didžiausią įkrovimo greitį. Pvz. 2017 m. laidos Nissan Leaf elektrinis automobilis naudoja pasyvią baterijos aušinimo sistemą, kurios galimybės labai ribotos ir dažnai ji nesugeba palaikyti optimalios baterijos temperatūros.

Šio tyrimo probleminis klausimas: kaip priklauso elektromobilio baterijos įkrovimo greitis nu temperatūros ir koks jis būna realiomis sąlygomis.

Tyrimo aktualumas: elektrinių automobilių baterijų įkrovimo greitis labai svarbi jų charakteristika. Gamintojai nurodo šios charakteristikos rodiklius, bet jie pasiekiami tik tam tikromis sąlygomis, kurių dažniausiai neįmanoma užtikrinti kasdienės elektromobilio eksploatacijos metu. Realiomis sąlygomis įkrovimo greitis gali būti mažesnis net kelis kartus, o vienas iš pagrindinių įkrovimo greitį lemiančių veiksnių yra baterijos temperatūra.

Šio tyrimo tikslas nustatyti elektrinio automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greičio priklausomybę nuo baterijos ir aplinkos temperatūros.

Pirmojoje straipsnio dalyje analizuojami elektromobilių baterijų įkrovimo būdai ir kiekybiniai rodikliai apibūrinantys įkrovimo greitį. Antroje dalyje pateikiama tyrimo, skirto nustatyti elektromobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greitį, metodika ir atlikimo eiga. Trečioji darbo dalis skirta tyrimų rezultatų analizei ir kiekybinių įkrovimo greičio rodiklių nustatymui bei vertinimui.

Tyrimas atliktas taikant šiuos metodus:

- techninės ir mokslinės informacijos analizė;
- natūriniai eksperimentai;
- matematinė statistinė analizė.

1. Elektromobilio baterijos įkrovimo greičio ir jo kiekybinių rodiklių teorinė analizė

Daugumoje elektra varomų automobilių kaip energijos šaltinis naudojamos įkraunamos ličio jonų baterijos. Ličio jonų baterijų įkrovimo greitis gali būti nusakomas momentine ar vidutine įkrovimo galia (kW). Vidutinė įkrovimo galia apskaičiuojama:

$$P_v = \frac{E_k}{t}; \quad (1)$$

čia E_k – įkrautos energijos kiekis (kWh); t – įkrovimo trukmė (h).

Šis rodiklis nėra rodomas automobilio ar įkrovimo įrangos informaciniame lange, nes gali būti apskaičiuotas tik konkretaus įkrovimo proceso pabaigoje, bet yra labai svarbus nes parodo kokį energijos kiekį galima įkrauti į bateriją per laiko vienetą.

Gali būti dar naudojamas baterijų įkrovimo greičio indeksas C (Wang H. ir kiti, 2023). C indeksas susijęs su baterijos talpa ir parodo per kiek laiko gali būti įkrauta baterija pilnai nuo 0 iki 100%. Baterijos įkrovimo greitis 1C reiškia, kad baterija pilnai gali būti įkraunama per 1 h, o įkrovimo greičio indeksas 0,5C reiškia, kad pilnai bateriją įkrauti prireiks 2 h. Kadangi daugumos elektromobilių gamintojai rekomenduoja jų baterijas įkrauti iki 80% įkrovos lygio (*SOC - State of Charge*) ir neiškrauti mažiau 20% *SOC*, todėl įkrovimo greičio indeksas C elektromobilių baterijoms dažniausiai nėra naudojamas.

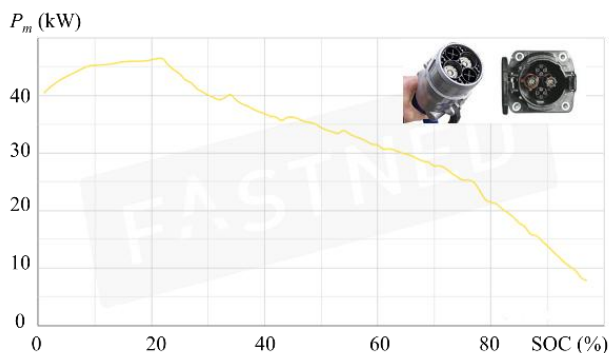
Kiekvienas elektromobilis važiavimui naudoja skirtingą energijos kiekį. Tai priklauso nuo elektromobilio techninių savybių, važiavimo sąlygų ir režimų. Elektromobilių borto kompiuteriai įkrovimo metu dažnai rodo įkrovimo greitį kilometrais per valandą (km/h). Šiuo atveju įkrovimo greitis (V_c) apskaičiuojamas įvertinant momentinę įkrovimo galią ir konkretaus elektromobilio energijos sąnaudas:

$$V_c = \frac{P_m}{q_{vid}}; \quad (2)$$

čia P_m – momentinė įkrovimo galia (kW); q_{vid} – elektromobilio vidutinės energijos sąnaudos (kWh/km).

Šis rodiklis yra netipinis ir naudojamas tik elektromobiliuose, bet jis labai informatyvus vartotojui apskaičiuojant kelionės elektromobiliu trukmę. Taip pat galima apskaičiuoti įkrovos metu pasiektą vidutinį įkrovimo greitį (km/h), bet tai galima atlikti tik įkrovus bateriją ir žinant kiek tai užtruko.

Elektromobilio baterijos momentinis įkrovimo greitis priklauso nuo daugelio parametru – baterijos konstrukcijos, baterijos temperatūros, įkrovos lygio ir įkrovimo infrastruktūros galimybių. Šiuolaikiniai elektromobiliai gali palaikyti iki 250 kW momentinį įkrovimo greitį, bet šis rodiklis nėra informatyvus nes pasiekiamas tik tam tikromis sąlygomis ir trumpam laikui. Daug informatyvesnis yra vidutinis baterijos įkrovimo greitis tam tikrame *SOC* lange, pvz. *SOC* 20-80% ir įkrovimo greičio kitimo priklausomybė nuo baterijos *SOC*. Pvz. gamintojas deklaruoja, kad 2017 m. laidos Nissan Leaf automobilis palaiko didžiausią įkrovimo galią 46 kW, o jį įkraunant nuo 20% iki 80% *SOC* gaunama vidutinė įkrovimo galia yra 36 kW. Šio automobilio įkrovimo galios priklausomybė nuo baterijos *SOC* pateikta 1 pav (Elektromobilių duomenų bazė. Nissan Leaf, 2017).



1 pav. Nissan Leaf baterijos įkrovimo galios priklausomybė nuo *SOC*

Analizuojant 1 pav. pateiktą grafiką matome, kad didžiausia įkrovimo galia pasiekama kai baterijos SOC yra apie 20%, didėjant SOC įkrovimo galia mažėja, o, esant baterijos SOC 80%, įkrovimo galia siekia tik 20 kW. Realiomis sąlygomis ši priklausomybė ir įkrovimo galios prie skirtingo SOC gali būti kitokios, nes tai priklauso nuo baterijos temperatūros (Yang X. ir kiti, 2018). Nissan Leaf automobilyje baterija neturi pašildymo galimybių, o aušinimas vykdomas oru, todėl realiomis sąlygomis dažnai baterija nebūna optimalios temperatūros ir įkrovimo procesas užtrunka ilgiau. Mažesnis įkrovimo greitis gali būti žiemos metu dėl žemos aplinkos temperatūros ir vasaros metu dėl aukštos. Kai kurie automobilių gamintojai naudoja efektyvias baterijos temperatūros palaikymo sistemas. Šiose sistemose baterijos moduliai ar celės aušinami/šildomi skysčiu. Vieną iš efektyviausių baterijos temperatūros palaikymo sistemą naudoja Tesla markės automobiliai, nes jų baterijose aušinamos ir/ar šildomos kiekviena baterijos celė (Kannan C. ir kiti, 2021). Tesla markės automobiliuose yra baterijos paruošimo greitam krovimui funkcija (Tesla, 2024). Ši funkcija išjungia automatiškai, kai automobiliu važiuojama krautis į Tesla Supercharger įkrovimo vietas, bet tai būtina nurodyti automobilio navigacijos programoje.

2. Elektromobilio baterijos įkrovimo tyrimo metodika ir eiga

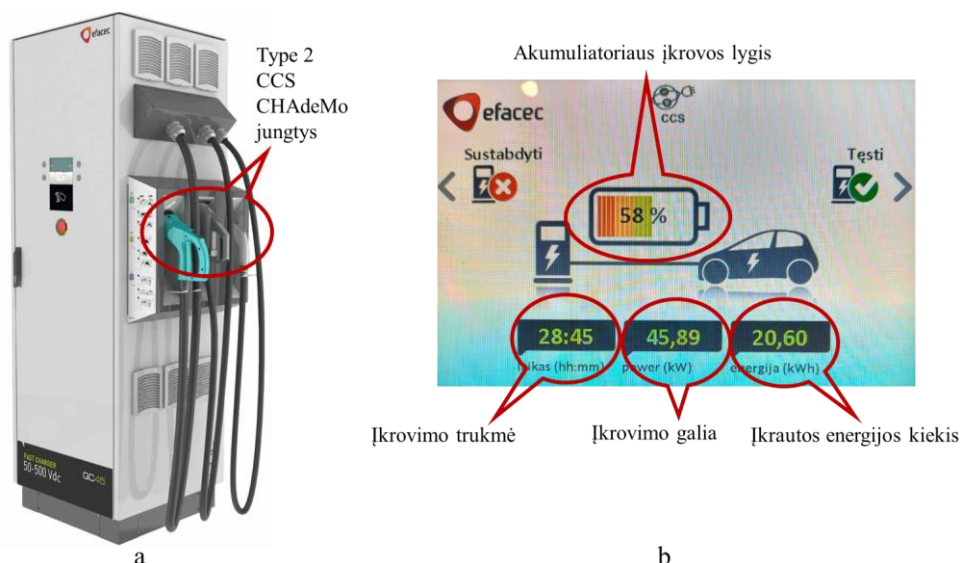
Atliekamo tyrimo tikslas yra nustatyti aplinkos temperatūros įtaką elektrinio automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greičiui. Tyrimas pradėtas 2023 m. rugsėjo mėn., o baigtas 2024 m. liepos mėn. Toks ilgas tyrimų laikotarpis parinktas atsižvelgiant į tikslą, kad būtų galima nustatyti elektromobilio baterijos įkrovimo proceso rodiklius ir jų priklausomybes nuo skirtingų ir aktualių Lietuvos regionui aplinkos temperatūrų. Tyrimas atliekamas realiomis automobilio kasdienės eksploatacijos sąlygomis. Tokiomis sąlygomis ne visada galima užtikrinti vienodą baterijos įkrovos lygį įkrovimo proceso pradžioje. Daugelis elektromobilių gamintojų, esant žemai aplinkos temperatūrai, rekomenduoja palaikyti visuomet didesnę baterijos įkrovos lygį. Pvz. VW ID.3 vartotojo vadove nurodoma, kad esant vidutinei ir šiltai aplinkos temperatūrai rekomenduojama palaikyti ne mažesnę nei 20% baterijos įkrovos lygį, o, esant šaltai aplinkos temperatūrai, visuomet palaikyti ne mažesnę nei 40% baterijos įkrovos lygį (VW, 2022). Tyrimo metu fiksuota didžiausia aplinkos temperatūra buvo 29°C, o žemiausia -3°C.

Tyrimo metu naudotas 2017 m. laidos Nissan Leaf automobilis, kuris komplektuojamas su 24 kWh talpos ličio jonų baterija. Tyrimo metu naudoto automobilio pagrindinės ir tyrimui aktualios yra šios charakteristikos (EV, 2017):

- HV baterijos visa talpa – 24 kWh;
- HV baterijos naudojama talpa - 22 kWh;
- Didžiausias baterijos įkrovimo galia - 46 kW;
- Vidutinė baterijos įkrovimo galia (20-80%) - 36 kW.

Šis automobilis gali būti įkraunamas AC ir DC srove. Tyrimų metu automobilis kraunamas tik greitu įkrovimu DC srove per CHAdeMO jungtį. CHAdeMO įkrovimo jungtis užtikrina iki 50 kW įkrovimo galią. Tyrimų metu automobilio rida buvo apie 40.000 km, o, pagal automobilio prietaisų skydelyje rodomą informaciją, tikėtina baterijos būklė SOH apie 80%.

Tyrimo metu automobilis buvo įkraunamas Efacec QC45 greito įkrovimo stotele (2 pav. a).



2 pav. Efacec QC 45 įkrovimo stotelė (a) ir jos informacinis ekranas (b)

Ši įkrovimo stotelė pasirinkta, nes ji turi CHAdeMO jungtį ir užtikrina 47 kW įkrovimo galią, o tai yra pakankama tyrimo naudotam elektromobiliui, kuris gali palaikyti didžiausią 46 kW įkrovimo galią.

Įkraunant automobilį fiksuojama įkrovimo stotelės informaciniame ekrane (2 pav. b) fiksuojama:

- įkrovimo trukmė (t);
- įkrautos energijos kiekis (E_k).

Tyrimo metu kiekvieno eksperimento vidutinė įkrovimo galia apskaičiuojama pagal pirmame skyriuje pateiktą 1 formulę. Aplinkos temperatūra nustatoma remiantis automobilio išorės temperatūros jutiklio parodymais. Automobilio baterijos temperatūra nėra matuojama ir laikoma, kad baterijos temperatūra krovimo pradžioje atitinka aplinkos temperatūrą, nes prieš įkrovimą automobilis būna ilgą laiką (> 6h) stovėjęs, o iki įkrovimo vietos važiuojama apie 2 km atstumas neintensyviu režimu.

Atlikus visus tyrimo eksperimentus apskaičiuojama vidutinė viso tyrimo metu gauta vidutinė įkrovimo galia (P_{vsum}):

$$P_{vsum} = \frac{\sum_{i=1}^n E_k}{\sum_{i=1}^n t}; \quad (3)$$

čia n – natūrinių eksperimentų kiekis.

Šis rodiklis nėra informatyvus ir neatspindi elektromobilio baterijos įkrovimo greičio konkrečiomis sąlygomis, bet įvertinant, kad automobilių gamintojai nenurodo sąlygų, kuriomis esant pasiekama jų deklaruojama elektromobilio baterijos įkrovimo vidutinė galia, tai yra tikslinga ją apskaičiuoti. Tokiu atveju automobilių naudotojams šis rodiklis leistų tiksliau žinoti kokia bus tikėtina reali vidutinė metinė elektromobilio baterijos įkrovimo galia tam tikrame klimatinės zonos regione.

Baterijos įkrovos lygis įkrovimo pradžioje (e_1) ir pabaigoje (e_2) nustatomas pagal parodymus automobilio skydelyje ir įkrovimo stotelės informaciniame ekrane (2 pav. b). Žinant šiuos parodymus ir eksperimento metu įkrautos energijos kiekį (E_k) apskaičiuojama 1% baterijos įkrovos vertė ($E_{1\%}$):

$$E_{1\%} = \frac{E_k}{e_2 - e_1}; \quad (4)$$

Apskaičiuotą baterijos 1% vertę ($E_{1\%}$) lyginant su naujos baterijos 1% verte ($E_{1\%N}$) galima nustatyti tikrąją elektromobilio baterijos būklę (SOH - *State of Health*):

$$SOH = \frac{E_{1\%}}{E_{1\%N}} \times 100\%; \quad (5)$$

Naujos baterijos 1% vertė apskaičiuojama automobilio gamintojo deklaruojamą HV baterijos naudojamą talpą dalinant iš 100. Baterijos SOH parametras yra vienas svarbiausių jos būklę apibūdinančių kiekybinių rodiklių, kuris nusako jos likutinę talpą.

3. Tyrimo rezultatai ir jų analizė

Tyrimo metu fiksuoti rezultatai ir šiais rezultatais remiantis apskaičiuoti matematiniai kiekybiniai baterijos įkrovimo greičio rodikliai pateikti 1 lentelėje. Šioje lentelėje duomenų pateikimo eiliškumas yra pagal tyrimo metu buvusią aplinkos temperatūrą.

1 lentelė

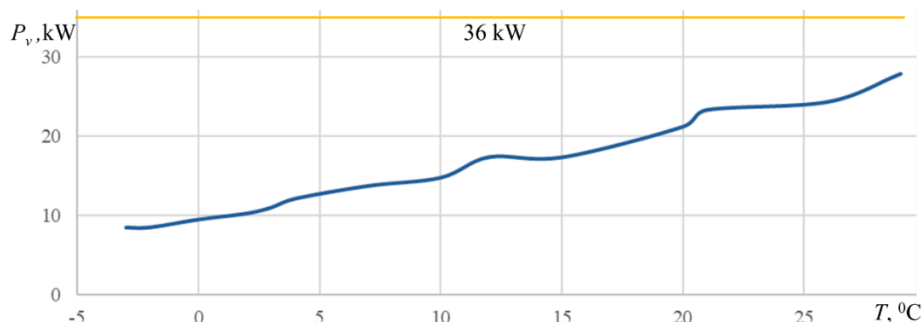
Nissan Leaf baterijos įkrovimo tyrimo rezultatai

$T, ^\circ\text{C}$	E_k, kWh	t, min	$e_1, \%$	$e_2, \%$	P_v, kW	$E_{1\%}, \text{kWh}$	$SOH, \%$
-3	5,2	37	43	79	8,43	0,14	66
-2	7,9	56	34	86	8,46	0,15	69
0	6,9	45	33	79	9,20	0,15	68
0	6,3	40	31	74	9,45	0,15	67
2	5,7	30	30	67	11,40	0,15	70
2	9,2	54	26	88	10,22	0,15	67
2	7,11	40	34	79	10,67	0,16	72
3	7,2	42	29	77	10,29	0,15	68
3	7,49	41	28	78	10,96	0,15	68
4	7,65	38	33	83	12,08	0,15	70
7	5,7	25	38	77	13,68	0,15	66
10	7,85	32	28	79	14,72	0,15	70
12	7,5	26	31	80	17,31	0,15	70
15	8,06	28	31	83	17,27	0,16	70
20	8,1	23	29	80	21,13	0,18	72
21	9,3	24	27	87	23,25	0,16	70
26	8,9	22	28	85	24,27	0,16	71
29	8,8	19	26	83	27,79	0,15	70
$\sum_{i=1}^n E_k = 134,86$		$\sum_{i=1}^n t = 622$		$P_{vsum} = 13$			

Apibendrinant tyrimo rezultatus galima daryti išvadą, kad elektromobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greitis priklauso nuo aplinkos ir/ar baterijos temperatūros. Analizuojant 1 lentelėje pateiktus tyrimo metu gautus rezultatus ir matematiškai apskaičiuotus kiekybinius rodiklius matoma vidutinės įkrovimo galios priklausomybė nuo aplinkos temperatūros. Elektromobilio Nissan Leaf baterijos mažiausia vidutinė įkrovimo galia nustatyta kai aplinkos temperatūra buvo žemiausia (-3°C) ir ji buvo 8,43 kW, o didžiausia vidutinės įkrovimo galia gauta prie didžiausios aplinkos temperatūros (29°C) ir ji yra 27,79 kW. Taip pat matoma, kad visame tyrimo temperatūrų intervale vidutinė įkrovimo galia kinta beveik tiesine priklausomybe nuo aplinkos temperatūros. Vertinant vidutinės įkrovimo galios skirtumą matoma, kad aplinkos temperatūrai esant žemiau 0°C vidutinė elektromobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo galia yra apie tris kartus mažesnė nei esant 25°C ir daugiau temperatūrai.

Analizuojant apskaičiuotas baterijos būklės *SOH* parametro reikšmes taip pat galima pastebėti priklausomybę nuo aplinkos ir/ar baterijos temperatūros, bet šiuo atveju skirtumai nėra tokie dideli kaip vidutinės įkrovimo galios. Didžiausias nustatytas baterijos *SOH* 72%, o mažiausias 66%. Vertinant, kad baterijos įkrovos lygis buvo nustatomas tik 1% tikslumu parodymais, galima teigti, kad baterijos *SOH* nepriklauso nuo temperatūros ir yra apie 70%. Kitų mokslininkų atliktuose tyrimuose (Wang L. ir kiti, 2022) taip pat nustatyta, kad ličio jonų baterijas naudojant temperatūrų nuo -5°C iki 50°C intervale galima taikyti tą patį *SOH* parametro nustatymo metodą ir nevertinti temperatūrų įtakos.

3 pav. grafike pateikta tyrimo metu nustatyta vidutinės įkrovimo galios priklausomybė nuo temperatūros realiomis sąlygomis.



3 pav. Nissan Leaf įkrovimo vidutinės galios priklausomybė nuo aplinkos temperatūros

Pateiktame grafike geltona horizontali linija žymi automobilio gamintojo deklaruojamą vidutinę įkrovimo galią kai baterija kraunama nuo 20% iki 80%. Tyrimo metu nustatyta didžiausia vidutinė įkrovimo galia realiomis sąlygomis esant 29°C , bet ji siekia tik apie 80% automobilio gamintojo deklaruojamos vidutinės įkrovimo galios. Aplinkos temperatūrai esant neigiamai tyrimo metu nustatyta vidutinė baterijos įkrovimo galia siekia tik 25% gamintojo deklaruojamos vidutinės įkrovimo galios.

1 lentelėje pateiktuose duomenyse galima pastebėti, kad daugumoje atvejų įkrovimo procesas pradėtas ne nuo 20% *SOC*, o nuo 30% ar netgi daugiau. Siekiant tikslesnių tyrimo rezultatų ir objektyvesnio jų palyginimo su gamintojo deklaruojamais duomenimis tikslinga būtų įkrovimo procesą visada pradėti esant baterijos *SOC* 20%. Būtina atkreipti dėmesį, kad tyrimas buvo atliktas realiomis sąlygomis kasdienės automobilio eksploatacijos metu, todėl dėl objektyvių priežasčių ir saugos ne visada yra galimybė tai užtikrinti.

Viso tyrimo metu gauta vidutinė baterijos įkrovimo galia yra 13 kW. Apibendrinant galima teigti, kad viso tyrimo metu didžiausia ir artima gamintojo deklaruojamai vidutinei įkrovimo galiai pasiekama tik šiltomis vasaros dienomis, o žiemos periodu tikėtina automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo galia gali būti netgi 3 kartus mažesnė nei deklaruoja automobilio gamintojas. Tai reiškia, kad ir laikas, kuris sugaištamasis elektrinio automobilio baterijos įkrovimui, tikėtina bus tris kartus ilgesnis, o tai reiktų vertinti kai automobilis naudojamas ilgesnio nuotolio kelionėse.

Išvados

Atliktas tyrimas, kurio metu ištirta elektrinio automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greičio priklausomybė nuo aplinkos temperatūros realiomis sąlygomis, kai ji įkraunama nuolatine srove greito įkrovimo stotelėje:

- nustatyta, kad aplinkos temperatūra turi didelę įtaką automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo greičiui ir, mažėjant temperatūrai, baterijos įkrovimo greitis taip pat mažėja, o įkrovimo proceso trukmė ilgėja;
- tyrimo metu nustatytas didžiausias baterijos įkrovimo greitis kai aplinkos temperatūra yra 25°C ir daugiau. Šiuo atveju vidutinė baterijos įkrovimo galia vieno įkrovimo proceso metu yra apie 25 kW.
- mažiausias įkrovimo greitis gautas aplinkos temperatūrai esant 0°C ir mažiau. Šiuo atveju vidutinė

baterijos įkrovimo galia vieno įkrovimo proceso metu yra tik apie 9 kW;

- visais atvejais vidutinė baterijos įkrovimo galia yra mažesnė nei deklaruojama automobilio gamintojo. Vidutinė baterijos įkrovimo galia artima gamintojo deklaruojamai galiai pasiekama tik šiltomis vasaros dienomis, o žiemos metu, tikėtina automobilio Nissan Leaf baterijos įkrovimo galia, gali būti netgi 3 kartus mažesnė nei deklaruojama automobilio gamintojas.

Literatūra

1. Elektromobilių duomenų bazė. ID.3, 2022. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 11 28). Prieiga per internetą: <https://ev-database.org/car/1831/Volkswagen-ID3-Pro#charge-table>
2. Elektromobilių duomenų bazė. Nissan Leaf, 2017. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 11 30). Prieiga per internetą: <https://ev-database.org/car/1019/Nissan-Leaf-24-kWh#charge-table>
3. EV charakteristikos. 2017. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 12 06). Prieiga per internetą: <https://www.evspecifications.com/en/model/960711>
4. Yang X., Zhang G., Ge S., Wang C. Fast charging of lithium-ion batteries at all temperatures, Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.115 (28) 7266-7271. 2018
5. Kannan C., Vignesh R., Karthick C., Ashok B. Critical review towards thermal management systems of lithium-ion batteries in electric vehicle with its electronic control unit and assessment tools. Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering. 2021
6. Regitra. Atviri duomenys, 2024. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 11 25). Prieiga per internetą: <https://www.regitra.lt/lt/atviri-duomenys/?datayear=2024&dataquery=>
7. Tesla, 2024. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 11 30). Prieiga per internetą: https://www.tesla.com/ownersmanual/modely/en_us/GUID-BEE08D47-0CE0-4BDD-83F2-9854FB3D578F.html
8. VW. Vartotojo vadovas. ID.3 2022. [interaktyvus]. (žiūrėta 2024 12 05). Prieiga per internetą: <https://www.volkswagen.co.uk/en/owners-and-services/my-car/manuals.html>
9. Wang H., Wang C., Jiang C., Zhou J., Liu W., Ji Z., Meng G., Zhao F. High-power charging strategy within key SOC ranges based on heat generation of lithium-ion traction battery, Journal of Energy Storage, Volume 72, Part A, 2023
10. Wang L., Qiao S., Lu D., Zhang Y., Pan C., He Z., Zhao X., Wang R. State of health estimation of lithium-ion battery in wide temperature range via temperature-aging coupling mechanism analysis, Journal of Energy Storage, Volume 47, 2022

RESEARCH ON THE DEPENDENCE OF THE CHARGING SPEED OF AN ELECTRIC CAR BATTERY ON TEMPERATURE

Summary

Electric cars are becoming increasingly popular. As of 2024, over 15 thousand cars powered solely by electricity were registered in Lithuania. The possibilities and convenience of using electric cars for longer distance travel mainly depend on the distance covered on a single charge, the battery charging time and the charging infrastructure. Currently, the charging infrastructure for electric cars in Lithuania is sufficient to allow the use of an electric car for trips around Lithuania. Modern, modern electric cars can already reliably travel 200-300 km on a single battery charge, but this is less than a traditional car can travel with a full tank of fuel, which means that when traveling by electric car, it will have to be charged during the trip. Charging an electric car battery also takes longer than filling up with fuel, so you need to plan your trip accordingly, taking into account the time spent on charging. The charging time depends on many parameters, one of which is the battery temperature, which may depend on the ambient temperature. This study determined the charging speed of the battery of the electric car Nissan Leaf and found that in real-life conditions of daily operation of the car, the average charging capacity of the battery is always lower than declared by the manufacturer, and at ambient temperatures below 0°C it is about 3 times lower.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Juodvalkis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto technologijos, inžinerinių tyrimų metodologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 14365, darius.juodvalkis@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Juodvalkis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associated professor.

Author's research interests: transport technologies, engineering research methodology.

Telephone and e-mail address: +370 682 14365, darius.juodvalkis@lik.tech

INDUKTYVUMO RITĖS KOKYBĖS GERINIMAS INTEGRINIUISE GRANDYNUOSE

Vytautas Mačaitis

Vilniaus Gedimino Technikos Universitetas

Anotacija

Straipsnyje nagrinėjama induktyvumo ričių svarba integriniuose grandyнуose, ypač dažnio valdymo, energijos konversijos ir signalo apdorojimo srityse. Apžvelgiami pagrindiniai ričių parametrai, tokie kaip induktyvumas, rezonansinis dažnis ir kokybės faktorius, bei aptariamos parazitinių elementų įtakos. Pateikiami konstrukcijos bei medžiagų parinkimo sprendimai, leidžiantys optimizuoti ričių efektyvumą esant skirtingiems dažniams. Aukštos kokybės ritės sumažina energijos nuostolius, elektromagnetinius trikdžius ir padidina įrenginių stabilumą. Straipsnis pabrėžia technologinių patobulinimų svarbą siekiant didesnio efektyvumo ir patikimumo, kas ypač aktualu mažinant šiuolaikinius elektronikos įrenginius.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Integriniai grandynai, Induktyvumo ritė, Naoelektronika, Mikroelektronika.

Įvadas

Šiame straipsnyje nagrinėjama induktyvumo ričių kokybės problema integriniuose grandyнуose, kuri tampa vis aktualesnė dėl sparčiai tobulėjančių elektronikos technologijų ir didėjančių reikalavimų mažesnių, efektyvesnių bei funkcionesnių elektronikos prietaisų kūrimui. Induktyvumo ritės, kurios yra esminis komponentas dažnio valdymo, energijos konversijos ir signalo apdorojimo srityse, tiesiogiai veikia grandyno efektyvumą, energijos nuostolius bei elektromagnetinius trikdžius. Tinkamos konstrukcijos ir aukštos kokybės ritės yra būtinos siekiant sumažinti energijos nuostolius, triukšmo lygį ir padidinti įrenginio stabilumą, kas yra ypač svarbu šiuolaikinėje elektronikoje (Wang et al. 2016).

Tyrimo objektas – induktyvumo ritės integriniuose grandyнуose, kurios naudojamos įvairiose elektronikos srityse, reikalaujančiose aukšto efektyvumo ir patikimumo.

Straipsnio tikslas – iširti induktyvumo ričių kokybės gerinimo galimybes integriniuose grandyнуose, atsižvelgiant į jų konstrukciją, naudojamas medžiagas ir parazitinių komponentų įtaką, siekiant optimizuoti jų veikimą skirtingų dažnių ruože.

Uždaviniai:

Apžvelgti pagrindinius induktyvumo ričių parametrus, tokius kaip induktyvumas, rezonansinis dažnis ir kokybės faktorius, kurie lemia jų veikimą.

Išnagrinėti konstrukcijos ir medžiagų parinkimo sprendimus, kurie gali pagerinti ričių efektyvumą.

Išanalizuoti parazitinių elementų įtaką ritės kokybei ir pasiūlyti būdus jų poveikiui mažinti.

Pateikti induktyvumo ričių kokybės gerinimo metodikas, kurios taikytinos įvairiuose dažnių ruožuose.

Naudojami metodai: Straipsnyje taikomi literatūros analizės, teorinių modelių kūrimo ir matematinių formulų sudarymo metodai, skirti analizuoti induktyvumo ričių struktūrinius ir parazitinius parametrus. Taip pat naudojama eksperimentinių rezultatų analizė, remiantis ankstesnių tyrimų duomenimis.

Straipsnio struktūra: Įvade pagrindžiamas temos aktualumas ir nurodomi tyrimo tikslai bei uždaviniai. Pirmame skyriuje pristatomi pagrindiniai induktyvumo ričių parametrai, jų įtaka grandyno efektyvumui. Antrame skyriuje aptariami konstrukciniai ir medžiagų parinkimo aspektai, kurie leidžia optimizuoti ričių veikimą. Trečiame skyriuje išanalizuojami parazitiniai elementai ir jų poveikio mažinimo būdai. Ketvirtame skyriuje pateikiami kokybės gerinimo metodai, taikomi įvairių dažnių diapazonuose. Pabaigoje pateikiamos išvados, apibendrinančios tyrimo rezultatus ir išryškinančios rekomendacijas ateities darbams.

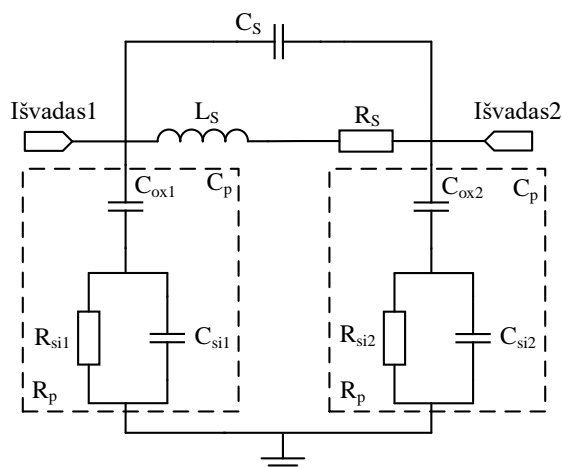
Pagrindiniai induktyvumo ričių parametrai

Apibrėžiant induktyvumo ritės efektyvumą, išskiriami šie pagrindiniai parametrai: induktyvumo ritės kokybės faktorius – Q_I , tai yra bedimensinis dydis; induktyvumo ritės induktyvumas – L_I , parametras matuojamas henriais H; induktyvumo ritės rezonansinis dažnis – f_r , natuojamas hercais Hz.

Induktyvumo ritės konstrukciją išreiškiantys parametrai yra šie: ritės plotis – W_I ; S_I – tarpai tarp induktyvumo ritės vijų; induktyvumo ritės vijų skaičius – n_I ; induktyvumo ritės storis – t_I ; išorinis induktyvumo ritės skersmuo – $D_{I\text{S}}$; vidinis induktyvumo ritės skersmuo $D_{I\text{VD}}$. Pateikti parametrai lemia aukščiau išvardintus parametrus – induktyvumo ritės kokybės faktorių bei induktyvumą (Pan, Yin, and Li 2004).

Induktyvumo ritės modelis

KMOP technologijose induktyvumo ritės supaprastinta ekvivalentinė schema su parazitiniiais parametrais pateikta 1 paveiksle.



1 pav. Induktyvumo ritės supaprastinta ekvivalentinė schema
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Šiame paveiksle matoma, kad nuosekliai sujungtas induktyvinis bei rezistyvus komponentai atitinkamai žymimi L_S ir R_S . Atstumas tarp induktyvumo ritės vijų sukuria parazitinę talpą, kuri žymima C_S . Talpa esanti tarp induktyvinės ritės apačios ir silicio plokštelės pagrindo yra žymima simboliu C_{ox} . Silicio plokštelės pagrindo varža ir talpa atitinkamai žymimos simboliais R_{si} ir C_{si} . Apibendrintai R_{si} , C_{si} ir C_{ox} parazitiniai komponentai gali būti apjungti ir aprašomi šiais ekvivalentiniais parametrais R_p ir C_p .

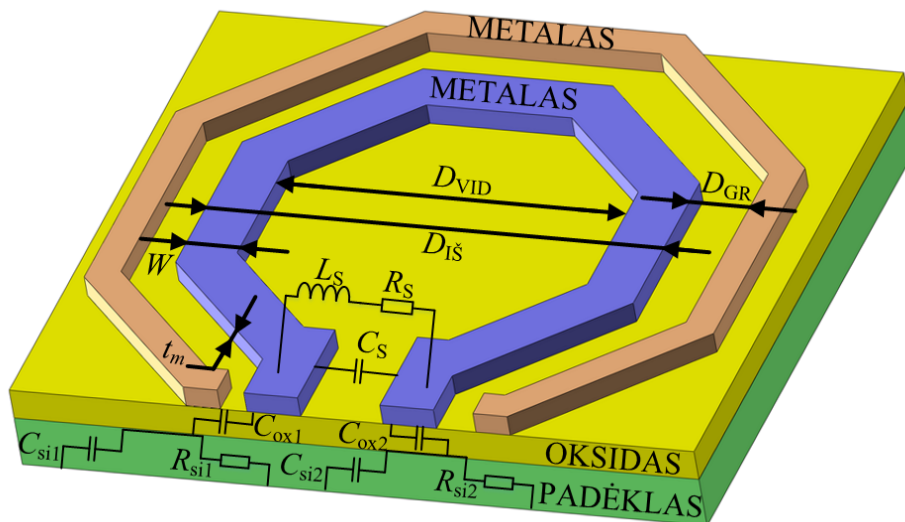
Sukurtas induktyvumo ritės trimatis modelis pateiktas 2 paveiksle. Šiame paveiksle pateikti pagrindiniai aukščiau išvardinti induktyvumo ritės parametrai.

Silicio padėklo talpa C_{si} nustatoma pagal toliau pateiktą formulę:

$$C_{si} = \frac{W l_1 C_0}{2}. \quad (1)$$

Viršuje pateiktoje formulėje W_1 – induktyvumo ritės metalo vijos plotis, C_0 silicio padėklo talpa tenkanti ploto vienetui, talpa priklauso nuo padėklo fizikinių savybių bei kinta ribose nuo 10^{-2} iki 10^{-3} fF/ μm^2 . Silicio padėklo talpa R_{si} nustatoma pagal toliau pateiktą formulę:

$$R_{si} = \frac{2}{W_1 l_1 G_0}. \quad (2)$$



2 pav. Induktyvumo ritės trimatis modelis
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Viršuje pateiktoje formulėje G_0 silicio padėklo laidumas tenkantis ploto vienetui, laidumas priklauso nuo padėklo fizikinių savybių bei kinta ribose nuo 7 iki 10 S/ μm^2 . Oksido talpos tarp induktyvumo ritės ir silicio padėklo C_{ox} išreiškiama šia formule:

$$C_{ox} = W_1 l_1 \left(\frac{\varepsilon_{ox}}{2t_{ox}} \right). \quad (3)$$

Šioje formulėje ε_{ox} – oksido dielektrinė skvarba dažnai $3,45 \times 10^{-11}$ F/m priklausomai nuo oksido šio parametro vertė gali skirtis. t_{ox} nusako atstumą tarp induktyvumo ritės apačios ir silicio padėklo šis atstumas dar apibūdinamas kaip oksido storis. Ekvivalentinė talpa C_p yra:

$$C_p = C_{ox} \left(\frac{1 + \omega^2 (C_{si} + C_{ox}) C_{si} R_{si}^2}{1 + \omega^2 (C_{si} + C_{ox})^2 R_{si}^2} \right). \quad (4)$$

Ekvivalentinė talpa R_p yra:

$$R_p = \frac{1}{\omega^2 C_{ox}^2 R_{si}} + \left(R_{si} \left(\frac{(C_{si} + C_{ox})^2}{C_{ox}^2} \right) \right). \quad (5)$$

Talpa C_s , kurią lemia atstumas tarp induktyvumo ritės vijų aprašoma šia formule:

$$C_s = n W_1^2 \left(\frac{\varepsilon_{ox}}{t_{ox, M1-M2}} \right). \quad (6)$$

Šioje formulėje parametras n nusako induktyvumo ritės vijų skaičių, parametras $t_{ox, M1-M2}$ nusako atstumą tarp vijų. Ekvivalentinė varža R_s išreiškiama pateikta formule:

$$R_s = \frac{\rho_l l_1}{W_1 \rho \left[1 - e^{-\frac{t_m}{\delta}} \right]}, \quad (7)$$

čia ρ_r – metalo savitoji elektrinė varža, t – metalo storis mikronais, δ – aukštadažnio paviršinio laidumo gylis, šis parametras aprašomas šia formule:

$$\delta = \sqrt{\frac{\rho_r}{\pi \mu f}}, \quad (8)$$

čia f – dažnis išreikštas GHz, μ – magnetinė skvarba, ρ_r – metalo savitoji elektrinė varža. Ritės induktyvumas išreiškiamas šia formule:

$$L_s = K_1 \mu_0 n^2 \frac{D_{vid}}{1 + K_2 \rho_t}, \quad (9)$$

čia D_{vid} – induktyvumo ritės vidutinis skersmuo, kuris yra:

$$D_{vid} = \frac{D_{VID} + D_{IS}}{2}. \quad (10)$$

Formulėje (8) ρ_r – induktyvumo ritės sąlyginis tankis išreiškiamas šia formule:

$$\rho_r = \frac{D_{IS} - D_{VID}}{D_{IS} + D_{VID}}. \quad (11)$$

Formulėje (9) K_1 ir K_2 – Wheeler koeficientai, kurie priklauso nuo induktyvumo ritės formos, šių koeficientų vertės pateiktos 2.2 lentelėje (Mohan et al. 1999).

1 lentelė

Wheeler koeficientų išraiškos

Induktyvinės ritės forma	K_1	K_2
Kvadratas	2,34	2,75
Šešiakampis	2,33	3,82
Aštuonkampis	2,25	3,55

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Atsižvelgiant į 2 paveiksle pateiktą ekvivalentinę schemą induktyvumo ritės kokybę, įvertinant parazitinius parametrus išreiškiama:

$$Q = 2\pi \cdot \frac{[\text{maksimali magnetinė energija-maksimali elektrinė energija}]}{\text{energijos praradimas viename virpesių cikle}}, \quad (12)$$

$$Q = \frac{\omega L_s}{R_s} \cdot \frac{1}{1 + \frac{R_s}{R_p} \left[\left(\frac{\omega L_s}{R_s} \right)^2 + 1 \right]} \cdot \left[1 - \frac{R_s^2 (C_s + C_p)}{L_s} - \omega^2 L_s (C_s + C_p) \right]. \quad (13)$$

Iš šios lygties matoma, kad pirma lygties dalis

$$\frac{\omega L_s}{R_s} \quad (14)$$

nusako magnetinę energiją sukauptą kartu su važiniais nuostoliais. Antroji lygties dalis

$$\frac{1}{1 + \frac{R_s}{R_p} \left[\left(\frac{\omega L_s}{R_s} \right)^2 + 1 \right]} \quad (15)$$

nusako silicio padėklo parazitinių elementų lemiamus nuostolius. Trečioji lygties

$$\left[1 - \frac{R_s^2 (C_s + C_p)}{L_s} - \omega^2 L_s (C_s + C_p) \right] \quad (16)$$

dalis apibūdina savirezonanso poveikį kokybei, kuri lemia nuostoliai dėl parazitinių talpų. Apibendrinant galima teigti, kad induktyvumo ritės kokybė priklauso nuo šių pagrindinių veiksnių: ritės induktyvumo, ritės ir aplinkinių medžiagų savybių bei pasirinkto centrinio dažnio. (Dai, Hong, and Liu 2008; Lopez-Villegas et al. 2000; Yang, Dai, and Hong 2011).

Induktyvumo ritės kokybės gerinimo tendencijos

Didėjant dažniui, didėja ir R_s reikšmė, kurią labiausiai įtakoja paviršinio laidumo efektas ir artumo reiškinys. Artumo reiškinys sukelia netolygų srovės tankio pasiskirstymą laidininko skerspjuvyje, kai šalia teka srovė kitu laidininku. Induktyvumo ritės kokybę galima pagerinti keičiant ritės metalo plotį ir storį – didinant šiuos parametrus mažnami rezistyviniai nuostoliai, o tai didina kokybę, kaip matyti iš (5) formulės.

Svarbu vengti aštrių kampų induktyvinėje ritėje, nes jie padidina ritės linijos varžą ir lemia nuostolius, mažinančius kokybę. Dėl šios priežasties aukštos kokybės ritės dažnai yra ovalios, o ne kampuotos. Kitas kokybės gerinimo būdas – parazitinės talpos tarp vijų mažinimas, taip didinant savirezonansinį. Naudojant vienos vijos ritę, galima išvengti šios talpos, bet tai riboja induktyvumą.

Didinant atstumą tarp ritės ir silicio padėklo pagal (1) lygtį, mažėja padėklo talpa. Padėklą padengus storu silicio oksido sluoksniu, kuris veikia kaip izoliacija, galima dar labiau sumažinti parazitinius nuostolius ir padidinti ritės kokybę.

Esant žemiems dažniams, nuostoliai dažniausiai susidaro ritės metale dėl jo varžos, todėl kokybę galima padidinti naudojant platesnę, storesnę ir laidžią metalinę liniją. Aukštiems dažniams didžiausi nuostoliai susidaro tarp ritės ir silicio padėklo, todėl kokybei gerinti mažinamas atstumas tarp vijų ir ritės išorinis skersmuo.

Išvados

1. Induktyvumo ričių kokybės svarba: Moderniuose elektroniniuose įrenginiuose, ypač energijos konversijos ir signalo apdorojimo sistemose, kokybiškos induktyvumo ritės yra būtinos siekiant mažesnių energijos nuostolių ir didesnio veikimo stabilumo. Kokybiškos ritės ne tik mažina grandynų trikdžius, bet ir didina bendrą įrenginių efektyvumą bei patikimumą.

2. Ričių konstrukcijos parametrai: Ritės induktyvumas, kokybės faktorius ir rezonansinis dažnis tiesiogiai priklauso nuo konstrukcinių savybių, tokių kaip vijų skaičius, ritės plotis bei atstumas tarp vijų. Šie parametrai lemia parazitinių talpų ir varžų atsiradimą, kurie daro įtaką ričių savybėms esant skirtingiems dažniams.

3. Kokybės gerinimo metodai: Siekiant pagerinti ritės kokybę, galima naudoti platesnes ir storesnes metalines vijas bei vengti aštrių kampų, kas padeda sumažinti varžos nuostolius. Be to, parazitinę talpą mažinti padeda atstumo didinimas tarp ritės ir silicio padėklo arba storas izoliacinis sluoksnis, pvz., silicio oksidas.

4. Dažnių įtakos aspektai: Žemų dažnių srityje didžiausi nuostoliai susidaro metale dėl jo varžos, todėl čia svarbus laidumo didinimas. Aukštų dažnių srityje kokybė priklauso nuo induktyvumo ir parazitinių komponentų sąveikos, tad būtina optimizuoti atstumus tarp vijų ir reguliuoti išorinius matmenis, kad sumažėtų energijos nuostoliai.

5. Technologinės galimybės: Tolimesnis induktyvumo ričių tobulinimas reikalauja naujų medžiagų ir konstrukcijos sprendimų, kad būtų galima prisitaikyti prie vis augančių elektronikos pramonės reikalavimų, susijusių su įrenginių mažinimu ir energijos vartojimo efektyvumo didinimu.

Literatūra

1. Dai, Ching-Liang, Jin-Yu Hong, and Mao-Chen Liu. 2008. "High Q-Factor CMOS-MEMS Inductor." doi:10.48550/ARXIV.0805.0915.
2. Lopez-Villegas, J.M., J. Samitier, C. Cane, P. Losantos, and J. Bausells. 2000. "Improvement of the Quality Factor of RF Integrated Inductors by Layout Optimization." *IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques* 48(1): 76–83. doi:10.1109/22.817474.
3. López-Villegas, José M, Josep Samitier, Charles Cané, Pere Losantos, and Joan Bausells. 2000. "Improvement of the Quality Factor of RF Integrated Inductors by Layout Optimization." 28. doi:10.1109/22.817474.
4. Mohan, S.S., M. Del Mar Hershenson, S.P. Boyd, and T.H. Lee. 1999. "Simple Accurate Expressions for Planar Spiral Inductances." *IEEE Journal of Solid-State Circuits* 34(10): 1419–24. doi:10.1109/4.792620.
5. Pan, S. J., Wen-Yan Yin, and Le-Wei Li. 2004. "PERFORMANCE TRENDS OF ON-CHIP SPIRAL INDUCTORS FOR RFICS." *Progress In Electromagnetics Research* 45: 123–51. doi:10.2528/PIER03062303.
6. Wang, Naigang, Bruce B. Doris, Andrea Bahgat Shehata, Eugene J. O'Sullivan, Stephen L. Brown, Stephen Rosnagel, John Ott, et al. 2016. "High-Q Magnetic Inductors for High Efficiency on-Chip Power Conversion." In *2016 IEEE International Electron Devices Meeting (IEDM)*, San Francisco, CA, USA: IEEE, 35.3.1-35.3.4. doi:10.1109/IEDM.2016.7838547.
7. Yang, Ming-Zhi, Ching-Liang Dai, and Jin-Yu Hong. 2011. "Manufacture and Characterization of High Q-Factor Inductors Based on CMOS-MEMS Techniques." *Sensors* 11(10): 9798–9806. doi:10.3390/s111009798.

INDUCTOR QUALITY IMPROVEMENT IN INTEGRATED CIRCUITS

Summary

This article explores the critical role of inductors in integrated circuits, with a particular focus on applications in frequency control, energy conversion, and signal processing. Inductors are essential components that directly affect circuit efficiency, energy losses, and noise levels. As electronic technology advances, there is a growing demand for devices that are smaller, more functional, and energy-efficient, making high-quality inductors a priority. The article discusses key parameters influencing inductor performance, including inductance, quality factor, and resonant frequency, along with structural parameters like coil width, spacing, and thickness.

A model illustrating parasitic components, such as capacitance between coil layers and resistance within the silicon substrate, provides insights into the impact of these factors on inductor quality. By optimizing coil thickness, width, and spacing, designers can reduce resistive losses and improve performance across different frequencies. Further, the article highlights techniques to reduce parasitic capacitance by increasing the distance from the silicon substrate or applying a thick silicon oxide insulation layer.

For high-frequency applications, reducing inductor size and adjusting coil geometry are shown to improve quality. Ultimately, the article underscores the need for innovative materials and designs to meet the challenges of miniaturized electronics, supporting the growing demand for reliable and efficient electronic devices.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vytautas Mačaitis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: Vilniaus Gedimino Technikos Universiteto, Elektronikos fakulteto, Kompiuterijos ir ryšių technologijų katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Nanoelektronika, mikroelektronika, integrinių grandynų topologijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37052744753, vytautas.macaitis@vilniustech.lt

AUTOMOBILIO SAAB 900 AERODINAMINIŲ APKROVŲ TYRIMAS NAUDOJANT SUKURTĄ PAKABOS AUKŠČIO MATAVIMO PROTOTIPĄ

Žilvinas Martišius, Rasa Žygienė, Artūras Aleksynas, Mindaugas Paškauskas
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Šio tyrimo tikslas – ištirti SAAB 900 aerodinamines apkrovas skirtingais greičiais ir nustatyti pakabos aukščio pokyčius naudojant sukurtą matavimo prototipą. Eksperimentai buvo atlikti realiomis sąlygomis, matuojant automobilio pakabos aukščio pokyčius ir vertinant aerodinaminių jėgų poveikį stabilumui bei važiuoklės elgsenai. Sukurtas pakabos aukščio matavimo prietaisas buvo išbandytas skirtinguose greičiuose, o jo matavimo paklaida neviršijo ± 5 mm, lyginant su rankiniais matavimais. Gauti duomenys leido tiksliai nustatyti važiuoklės aukščio pokyčius, kuriuos sukėlė aerodinaminės jėgos. Rezultatai parodė, kad esant 120 km/h greičiui, teorinė aerodinaminė apkrova buvo 432,15 N, o eksperimentiškai išmatuota 460 N, skirtumas siekė 6,5 %, kas patvirtina matematinio modelio tikslumą. Be to, nustatyta, kad didėjant automobilio greičiui, aerodinaminis pasipriešinimas didėja, o tai daro įtaką degalų sąnaudoms ir automobilio valdymo savybėms. Aerodinaminės apkrovos priklausomybė nuo greičio ir pakabos aukščio buvo analizuojama taikant trapecinę integravimo taisyklę, leidžiančią apytiksliai įvertinti apkrovos pasiskirstymą diskretizuotoje erdvėje. Kadangi tyrimas apėmė ribotą greičio ir apkrovos intervalą, kvadratinė priklausomybė šiame diapazone gali būti laikoma beveik tiesine. Siekiant patikslinti aerodinaminių apkrovų modelį, ateityje rekomenduojama išplėsti eksperimentų diapazoną didesniems greičiams ir įvairioms apkrovoms.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Aerodinaminė apkrova, automobilio dinamika, pasipriešinimo kampas, turbulencija, oro srautas.

Įvadas

Automobilių aerodinamikos tyrimai dažniausiai atliekami vėjo tuneliuose arba CFD (angl. *Computational Fluid Dynamics*). modeliavimu, tačiau tokie metodai yra brangūs ir ne visuomet tiksliai atspindi realias sąlygas. Autoriai Hucho ir Gino (1987) teigia, kad automobilio paviršius, nėra lygus todėl ir apskaičiuoti jo aerodinamines apkrovas yra labai sudėtinga, o rezultatai dažnai būna netikslūs. Straipsnio autoriai neaptiko informacijos, kad Lietuvoje ar jos apylinkėse būtų eksploatuojami vėjo tuneliai, kuriuose galimi eksperimentai su automobiliu. Be to, tinkamos CFD programos licencija gali būti neprieinama dėl aukštų išlaidų ir reikalauti papildomų apmokymų darbu su ja. Autoriai Wang, Li et al. (2023) automobilių veikiančių aerodinaminių jėgų matavimui siūlo naudoti kompaktiškus, plonų juostelių tipo slėgio jutiklius. Tokie jutikliai gali būti montuojami ant išorinių automobilio dalių ir dėl savo miniatiūrinių gabaritų jie neturi šalutinės įtakos automobilio konstrukcijai. Jie taip pat gali užtikrinti duomenų teikimą realiu laiku. Matavimai gali būti atliekami jau minėtame vėjo tunelyje arba realiomis sąlygomis, tačiau tiesioginės informacijos apie automobilio važiuoklės aukščio pokyčius trasos atžvilgiu gaunama nebus.

Straipsnyje (Burgin, Barfield, 2021) nagrinėjama aerodinaminių elementų įtaka sportinių automobilių savybėms ir charakteristikoms. Aerodinaminių elementų konstrukcijos poveikiui nustatyti buvo taikytas CFD metodas, naudojant 3D automobilio modelį sukurtą SOLIDWORKS V17 programoje. Straipsnyje (Wieser, Nayeri, Paschereit, 2020) autoriai pateikia šoninio vėjo įtaką automobilio aerodinaminėms apkrovoms. Bandymai buvo atlikti vėjo tunelyje, esant užduotam 0, 5 ir 10 laipsnių šoniniam vėjui. Autoriai Kurec, Piechna, (2019) atliko tyrimą kaip šoniniai automobilio aptakai gali įtakoti transporto priemonės stabilumą posūkio sąlygomis. Naudojant CFD modeliavimo metodą, tyrimas patvirtino, kad šoniniai aptakai gali sumažinti automobilio pasipriešinimą, kartu pagerindami stabilumą, ypač esant šoniniam vėjui.

Straipsnyje (Duarte, Mendes, 2022) pristatomi tyrimo apie DRS (angl. *Drag Reduction System*) pritaikyto varžybų automobiliui rezultatus. Kaip ir daugeliu kitų atvejų, tyrimui buvo naudotas CFD modeliavimas. Straipsniuose (Jones et al., 2023) ir (Sun, Li, Zhang, 2019) analizuojama aktyvių pakabų problematika, kurių automatiniam reguliavimui būtini pakabos aukščio nustatymo jutikliai. Šiuose straipsniuose pačių jutiklių konstrukcija ir veikimo principas nedetalizuojamas. Autoriai Wang, Jiang, Zuo, (2022) tyrinėdami dvigubos dujų kameros hidropneumatinių statramstį, pakabos aukščiu nustatyti naudoja keletą 0-100 MP dujų/alyvos slėgio jutiklių.

Apžvelgtuose šaltiniuose pateikiami specifinių tyrimų rezultatai, kurie ne visuomet galėtų būti unifikuojami sportinio automobilio aerodinaminių charakteristikų įvertinimui. Keli tarptautiniai aerodinamikos forumai ir autoriai Hucho, Gino, (1987) siūlo naudoti realiomis sąlygomis judančio automobilio važiuoklės aukščio jutiklius aerodinaminių apkrovų matavimui. Tačiau komercinių sprendimų šiai sistemai įdiegti kol kas rasti nepavyko.

Važiuoklės aukščio stebėjimo sistema automobiliuose nėra nauja. Šia sistema (Edgar, 2018, 248 p.) pagrįstos bent kelių automobilio sistemų veikimas, tokių kaip: žibintų aukščio reguliavimo sistema, orinės

pakabos aukščio reguliavimo sistema, tarp ašinės stabdžių jėgos paskirstymo sistema.

Automobilio aukščio stebėsenos sistemos funkcija – vizualiai parodyti, koks važiuoklės aukščio pokytis atsiranda realiu laiku, automobiliui judant, dėl aerodinaminių apkrovų. Ši problema svarbi inžinieriams, projektuojantiems automobilių aerodinaminius elementus, bei jų parametrų stebėsenai realiomis sąlygomis. Naudodamiesi šia sistema, inžinieriai gali stebėti, ar testuojamas aerodinaminis elementas generuoja keliamąją galią (*lift*) ar prispaudžiamąją jėgą (*downforce*), kai automobilis juda įvairiais greičiais. Analizuojant gautus duomenis, galima paskaičiuoti, kiek padidėjo prispaudžiamoji jėga ar sumažėjo keliamoji galia, palyginti kelis aerodinaminius elementus tarpusavyje, arba įvertinti kelių aerodinaminių elementų sąveiką. Tokia sistema padeda tiksliau suprasti aerodinaminių elementų poveikį automobilio dinamikai ir prisideda prie efektyvesnio automobilių dizaino kūrimo proceso.

Temos aktualumas. Automobilių aerodinamika yra svarbi tiek sportiniams, tiek kasdien naudojamiems automobiliams, nes ji tiesiogiai veikia degalų sąnaudas, stabilumą ir bendrą transporto priemonės efektyvumą. Mažesnis oro pasipriešinimas leidžia transporto priemonei efektyviau naudoti energiją, sumažinti degalų sąnaudas ir pagerinti valdymo savybes, ypač važiuojant dideliu greičiu. Tradiciniai aerodinamikos tyrimo metodai, tokie kaip vėjo tunelių bandymai ar skaitmeniniai CFD modeliai, yra plačiai naudojami, tačiau jie turi trūkumų. Vėjo tuneliai reikalauja didelių investicijų, specialios infrastruktūros ir ne visada tiksliai atspindi realias eksploatacijos sąlygas. CFD modeliavimas gali pateikti išsamią analizę, tačiau tam reikalinga brangi programinė įranga. Dėl šių priežasčių svarbu ieškoti alternatyvių, praktiškų metodų, leidžiančių tirti automobilių aerodinamiką realiomis sąlygomis. Vienas iš tokių metodų – važiuoklės aukščio matavimo prietaisai, leidžiantys stebėti, kaip aerodinaminės apkrovos veikia automobilio pakabą judėjimo metu. Tokie matavimai realiuoju laiku suteikia galimybę įvertinti aerodinaminių sprendimų efektyvumą ir transporto priemonės stabilumą esant skirtingiems greičiams. Tad *probleminis tyrimo klausimas*: kokie inžineriniai būdai ir metodai yra tinkamiausi SAAB 900 aerodinaminėms apkrovoms tirti esant skirtingiems automobilio greičiams ir įvairioms apkrovoms?

Tyrimo tikslas – ištirti SAAB 900 aerodinamines apkrovas skirtingais greičiais ir nustatyti pakabos aukščio pokyčius naudojant sukurtą matavimo prototipą

Tiksliui pasiekti suformuluoti uždaviniai:

1. Sukurti ir išbandyti SAAB 900 pakabos aukščio matavimo prietaisą realiomis sąlygomis bei įvertinti jo matavimo tikslumą.
2. Sukurti automobilio SAAB 900 aerodinaminės apkrovos matematinį modelį ir atlikti skaičiavimus, o gautus duomenis palyginti su eksperimentiškai išmatuotomis reikšmėmis.

Tyrimo metodai: literatūros analizė, skaitiniai metodai, automobilio aerodinaminės apkrovos ir pakabos aukščio modelių kūrimui, eksperimentiniai bandymai matematinio modelio tikslumui įvertinti. Eksperimento duomenų apdorojimas ir analizė atlikti su Matlab programine įranga, inžinerinis projektavimas MPLAB X IDE – matavimo prietaiso mikrovaldiklio programiniam kodui rašyti, „Proteus 8” programa – prietaiso elektrinės principinės schemos projektavimui ir simuliacijai.

Praktinė nauda ir pritaikymo galimybės. Sukurta sistema leidžia realiuoju laiku stebėti automobilio važiuoklės aukščio pokyčius, kuriuos sukelia aerodinaminės apkrovos, suteikdama informaciją apie aerodinaminių elementų veikimą. Tyrimo rezultatai padeda geriau suprasti aerodinaminių elementų įtaką transporto priemonių dinaminiam parametrui, tokiems kaip prispaudimo jėga ar oro pasipriešinimas. Tai gali būti naudinga ne tik inžinieriams, tobulinantiesiems automobilių aerodinamiką, bet ir automobilių gamintojams, siekiantiems pagerinti transporto priemonių stabilumą ir efektyvumą.

Šį tyrimą sudaro dvi dalys: automobilio pakabos aukščio stebėjimo prietaiso sukūrimas ir testavimas, bei aerodinaminių apkrovų matematinio modelio kūrimas ir gautų rezultatų palyginimas su realiai išmatuotomis reikšmėmis.

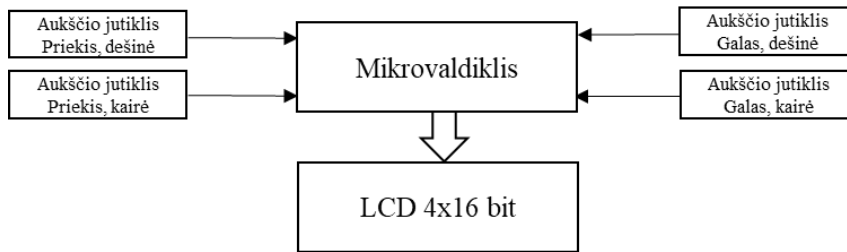
Automobilio pakabos aukščio matavimo prietaiso projektavimas ir testavimas

Projektuojamas prietaisas turi sekti automobilio aukštį virš kelio dangos jam važiuojant. Prietaiso techniniai reikalavimai ir funkcijos: maitinimo įtampa - 12 V, aukščio matavimas atliekamas ± 5 mm tikslumu, keturiuose taškuose prie kiekvieno rato, duomenų atvaizdavimui naudojamas skystų kristalų ekranas (LCD), aukščio matavimas pasirinktas centimetrais, dėl optimalaus simbolių skaičiaus ekrane, taip pat numatyta galimybė ekrane išvesti aukščio jutiklių įtampą, kas apdorojant duomenis gali būti praktiškiau. Renkantis matavimo prietaiso komponentus atkreiptas dėmesys į jų temperatūrinius režimus, siekiant sklandaus prietaiso darbo nuo -20 iki $+50$ °C, kas leistų atlikti automobilio bandymus įvairiais metų laikais.

Supaprastinta automobilio važiuoklės aukščio nustatymo prietaiso struktūrinė schema parodyta 1 paveiksle.

Aukščio nustatymo prietaise naudojami standartiniai Febi 32328 aukščio jutikliai, jų montavimo būdas

automobilyje SAAB parodytas 2 paveiksle.



1 pav. Supaprastinta automobilio pakabos aukščio matavimo prietaiso struktūrinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Naudojant liniuotę buvo išmatuoti aukščiai nuo kelio dangos iki 3 paveiksle nurodytų automobilio dugno taškų. Išmatuoti atstumai pateikti 1 lentelėje.



2 pav. SAAB automobilyje sumontuotas pakabos aukščio jutiklis

Šaltinis: nuotrauka autorių

Buvo išmatuoti tuščio automobilio, automobilio su vairuotoju ir automobilio su pilnu kuro baku aukščiai virš kelio dangos. Įvertinta automobilio vairuotojo, jo sėdynės ir keleivio sėdynės svoriai - 110 kg. Automobilio bake buvo 50 litrų degalų.



3 pav. Taškai ties kuriais buvo matuotas automobilio dugno aukštis virš kelio dangos

Šaltinis: nuotrauka autorių

Įvairių bandymų (1 lentelė) būdu nustatyta, kad esant pilnai ištrauktam automobilio amortizatoriui, jutiklis išduoda 4,48 V įtampą, o esant pilnai suspaustai automobilio spyruoklei, jutiklis išduoda 0,48 V įtampą. Šios reikšmės užfiksuotos prie galinio kairės pusės rato, kur automobilio dugno poslinkis kelio dangos atžvilgiu buvo didžiausias:

$$\Delta l = l_{max} - l_{min} = 25 \text{ cm} - 12 \text{ cm} = 13 \text{ cm} = 130 \text{ mm}, \quad (1)$$

čia: Δl -automobilio dugno aukščio nuo kelio dangos maksimalus pokytis, l_{max} - maksimalus automobilio dugno aukštis nuo kelio dangos, l_{min} - minimalus automobilio dugno aukštis nuo kelio dangos.

Jutiklio darbinės įtampos diapazonas:

$$\Delta U_{jutiklio} = U_{max} - U_{min} = 4,48 \text{ V} - 0,48 \text{ V} = 4,0 \text{ V}, \quad (2)$$

čia: $\Delta U_{jutiklio}$ -jutiklio įtampų skirtumas, U_{max} - jutiklio įtampa, esant l_{max} , U_{min} - jutiklio įtampa, esant l_{min} .

Iš (1) ir (2) matoma, kad maksimalus automobilio pakabos aukščio pokytis yra 130 mm, o aukščio jutiklio įtampa atitinkamai kinta 4,0 V ribose. Jei naudojamų jutiklių svirtis būtų kraštinėse (min ir max) padėtyse, jutiklių įtampa atitinkamai būtų 0 ir 5 V. Jutiklių signalų apdorojimui ir informacijos išvedimui panaudotas PIC18F24K22 mikrovaldiklis, kurio keitiklio analogas - kodas skiriamoji geba yra 10 bitų. Atsižvelgiant į tai, mažiausia vieno diskrečio lygio vertė yra:

$$\Delta U_{diskret.} = \frac{U_{jutiklio\ at.}}{2^n - 1} = \frac{5}{2^{10} - 1} = 0,00489\ V, \quad (3)$$

čia: $\Delta U_{diskret.}$ - vieno diskrečio lygio vertė, $U_{jutiklio\ at.}$ - atraminė jutiklio įtampa, n - keitiklio analogas-kodas skiriamoji geba.

Kadangi jutiklių maksimali 5 V įtampa atitinka 1024 reikšmę 10 bitų analoginio-diskretinio keitiklio skalėje, tai 0,48 V atitinka 100, o 4,48 V – 917 keitiklio reikšmę. Iš čia seka, kad aukščio matavimai atliekami $\frac{130\ mm}{917-100} = 0,16\ mm$ intervalais, ko visiškai pakanka nustatytam $\pm 5\ mm$ matavimų tikslumui pasiekti.

1 lentelė

Liniuote išmatuoti automobilio dugno aukščiai virš kelio dangos

Matavimo sąlyga	Matavimo automobilyje vieta	Priekis kairė aukštis, cm	Galas kairė aukštis, cm	Galas dešinė aukštis, cm	Priekis dešinė aukštis, cm
Spyruoklė visai susispaudus		-	12,0	12,5	-
Spyruoklė apkrauta automobilio svoriu		14,2	17,5	18,0	13,8
Spyruoklė apkrauta +110 kg		13,4			13,0
Spyruoklė apkrauta automobilio svoriu su pilnu kuro baku +50 kg		-	16,8	17,6	-
Amortizatorius pilnai ištrauktas		-	25,0	23,9	-

Šaltinis: sudaryta autorių

Suprojektuoto važiuoklės aukščio matavimo prietaiso prototipo bandymai buvo atlikti realiomis sąlygomis. Pirmiausiai buvo išmatuotas automobilio dugno aukštis kelio dangos atžvilgiu, esant kiek įmanoma panašioms sąlygoms, kaip ir atliekant matavimus su liniuote. Siekiant kuo tiksliau įvertinti matavimų tikslumą, matavimai buvo atliekami 5 kartus, su 30 min. intervalais. Prototipo rodomas aukštis, lyginant su matavimais liniuote, skyrėsi per 1-5 mm priklausomai nuo taško ties kuriuo buvo matuojama. Matavimai naudojant prototipą buvo atliekami realiomis sąlygomis (lenktynių trasoje), kur daugybė nuolat kintančių veiksnių (tokių kaip kelio danga, reljefas, ir t.t.). Pakabos mechaniniai elementai (amortizatoriai, spyruoklės ir t.t.) gali elgtis skirtingai, priklausomai nuo oro sąlygų. Šį skirtumą įtakoja kintančios matavimo sąlygos, lyginant su matavimais liniuote sudėtinga sulaukti identiškų oro sąlygų, kurios gali turėti įtakos pakabos mechaninių elementų savybėms, taip pat ir kelio dangos charakteristikos galėjo pasikeisti, ypač įvertinant faktą, kad tai yra lenktynių trasa. Apibendrinant galima teigti, kad sukurtas prototipas pakabos aukštį matuoja ne mažesniu kaip $\pm 5\ mm$ tikslumu.

Aerodinaminės apkrovos modelio palyginimas su eksperimentiniais duomenimis

Aerodinaminė apkrova F_A priklauso nuo automobilio greičio, paviršiaus ploto, oro tankio ir aerodinaminio koeficiento:

$$F_A = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2, \quad (4)$$

čia: ρ – oro tankis (priklausantis nuo oro sąlygų eksperimento metu), A – automobilio priekinio paviršiaus plotas, C_d – aerodinaminis koeficientas, v – automobilio greitis.

Sudarytas kombinuotas aerodinaminės apkrovos modelis, priklausantis nuo pakabos aukščio ir apkrovos:

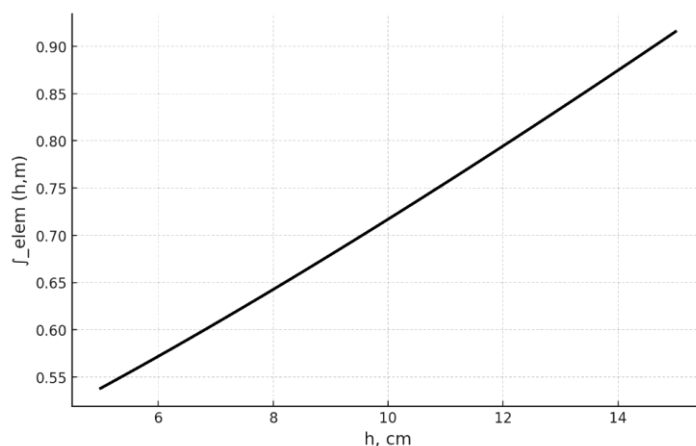
$$F_{Akomb}(h, m) = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot C_d \cdot v^2 \int(h, m), \quad (5)$$

čia: $\int(h, m)$ yra funkcija, apibūdinanti, kaip automobilio aukštis ir apkrova įtakoja aerodinaminę apkrovą.

Ratų apkrova tiesiogiai veikia automobilio stabilumą ir prispaudžiamąją jėgą, tad:

$$F_{ratai}(h, m) = \sum_{i=1}^4 (k_i m_i(h)), \quad (6)$$

čia: k_i – koeficientas, nusakantis kiekvieno rato įtaką bendram aerodinaminiam pasipriešinimui, $m_i(h)$ – kiekvieno rato apkrova, priklausanti nuo automobilio aukščio ir apkrovos.

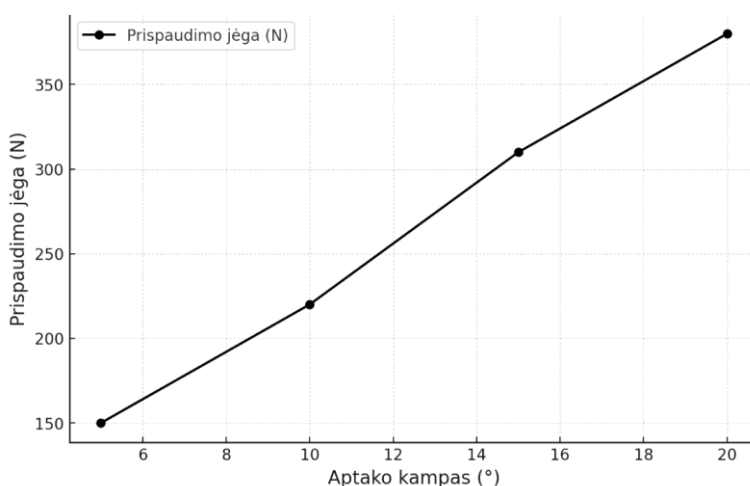


4 pav. Aerodinaminio elemento reikšmės esant skirtingiems aukščiams h
Šaltinis: sudaryta autorių

Aerodinaminiai elementai, tokie kaip galinis aptakas, taip pat turi reikšmingą poveikį automobilio aerodinaminiais parametrams, tai:

$$F_{Aelem}(h, m, \theta) = C_{apt} \cdot \sin(\theta) \int_{elem}(h, m), \quad (7)$$

čia: C_{apt} – koeficientas, nusakantis galinio aptako efektyvumą, θ – aptako pasipriešinimo kampas, $\int_{elem}(h, m)$ – funkcija, apibūdinanti aerodinaminio elemento įtaką priklausomai nuo automobilio pakabos aukščio (h) ir apkrovos (m).



5 pav. Aerodinaminės prispaudimo jėgos priklausomybė nuo aptako kampo (θ).
Šaltinis: sudaryta autorių

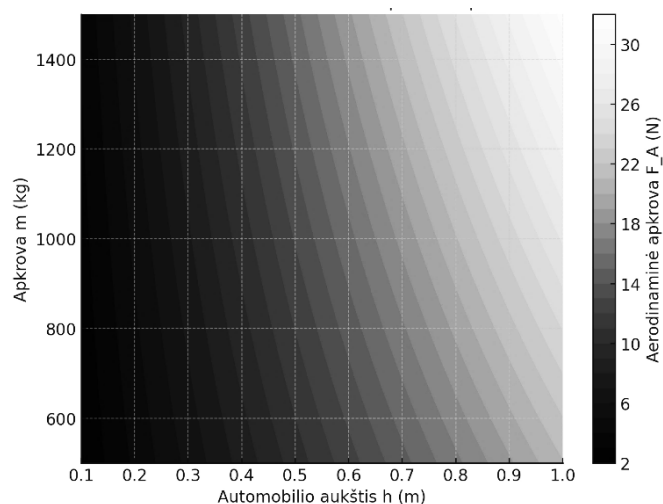
Aerodinaminės prispaudimo jėgos priklausomybė nuo aptako kampo (θ) parodyta 5 paveiksle.

Tai $\int_{elem}(h, m)$:

$$\int_{elem}(h, m) = 0,5 \cdot \frac{h}{10} \cdot \left(1 + \frac{m}{m_{max}}\right), \quad (8)$$

čia: m_{max} – maksimali apkrova.

Apdorojant duomenis, kiekviena iš integruojamų funkcijų $\int(h, m)$ ir $\int_{elem}(h, m)$ detalizuojamos pagal automobilio aukščio pokyčius Δh ir apkrovos pokyčius Δm .



6 pav. Diskretizuotas aerodinaminės apkrovos paviršius
Šaltinis: sudaryta autorių

Naudojama trapecinė integravimo taisyklė (Chapra, et. al., 2021.):

$$\int_{h_{min}}^{h_{max}} \int_{m_{min}}^{m_{max}} f(h, m) dm dh \approx \sum_{j=1}^{N_h} \sum_{k=1}^{N_m} \frac{f(h_{j-1}, m_{k-1}) + f(h_j, m_k)}{2} \cdot \Delta m_k \cdot \Delta h_j. \quad (9)$$

čia: $\Delta m_k = m_k - m_{k-1}$, $\Delta h_j = h_j - h_{j-1}$ - atstumus tarp diskretizacijos taškų, j aukščio h diskretizacijos indeksas, o k - apkrovos m diskretizacijos indeksas.

Aerodinaminės apkrovos skaičiavimų pradiniai duomenys pateikti 2 lentelėje, o diskretizuotas aerodinaminės apkrovos paviršius parodytas 6 paveiksle. Iš grafiko nustatyta, kad didėjant automobilio apkrovai, didėja ir aerodinaminė apkrova, o aukštesnė pakaba - didesnę aerodinaminę apkrovą.

2 lentelė

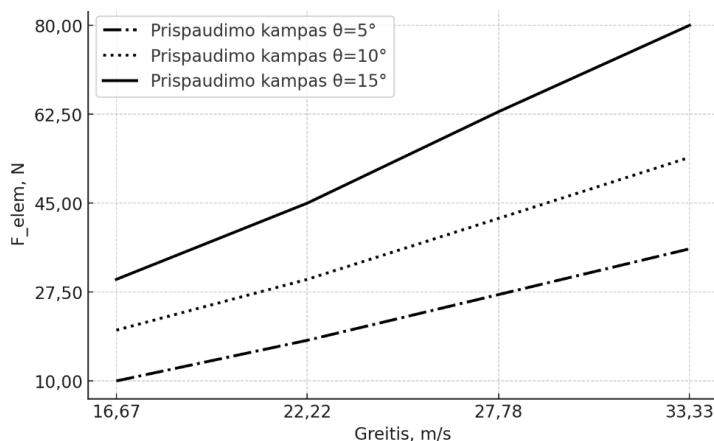
Aerodinaminės apkrovos skaičiavimų pradiniai duomenys

Nustatytas parametras	Reikšmės
Oro tankis, ρ , kg/m ³	1,225
Priekinio paviršiaus plotas, A , m ²	2,0
Aerodinaminis koeficientas, C_d	0,32
Greitis, v (skaičiuojami įvairūs greičiai), km/h	60, 80, 100, 120
Koeficientas, nusakantis kiekvieno rato įtaką bendram aerodinaminiam pasipriešinimui, k_i	0,1
Galinio aptako kampas, laipsniais.	5

Šaltinis: sudaryta autorių

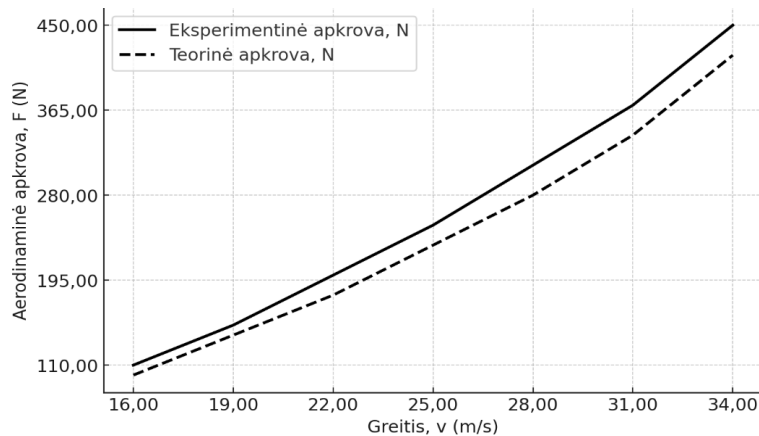
Aptako prispaudimo jėgos F_{Aelem} priklausomybė nuo automobilio greičio v , esant skirtingiems aptako pakrypimo kampams (θ). parodyta 7 paveiksle.

Esant $\theta = 5^\circ$ kampui, dėl nedidelio oro srauto nukreipimo aptakas sukuria mažiausią jėgą F_{Aelem} . Kai kampas padidėja iki $\theta = 15^\circ$, aptakas generuoja didžiausią jėgą F_{Aelem} , tačiau tuo pačiu padidėja ir aerodinaminis pasipriešinimas.



7 pav. F_{Aelem} priklausomybė nuo v , esant skirtingiems aptakų pakrypimo kampams (θ).
Šaltinis: sudaryta autorių

Prispaudimo jėgos skirtumas tarp mažo ir didelio aptako kampo reikšmingai didėja kylant greičiui, o tai rodo, kad didesnis aptako kampas tampa efektyvesnis esant didesniems greičiams.



8 pav. Eksperimentinių F_{ABand} ir skaičiuojamų F_{ATS} aerodinaminių apkrovų dinamika prie skirtingų greičių
Šaltinis: sudaryta autorių

Galutinė aerodinaminės automobilio apkrovos lygtis:

$$F_{AS}(h, m, \theta) = F_{Akomb}(h, m) + F_{ratai}(h, m) + F_{Aelem}(h, m, \theta), \quad (10)$$

Eksperimentinių F_{ABand} ir skaičiuojamų F_{ATS} aerodinaminių apkrovų dinamika prie skirtingų greičių parodyta 8 paveiksle.

Atlikti papildomi bandymai netoli Kauno, Nemuno žiedo lenktynių trasoje, su automobiliu SAAB 900 (9 pav.) siekiant gautus rezultatus palyginti su skaičiavimo metu gautais aerodinaminės apkrovos rezultatais.

Eksperimento sąlygų įvertinimas, nustatyta, kad oro drėgmė ir temperatūra mažina oro tankį ir gali paveikti skaičiavimų tikslumą. Lygus kelias užtikrina stabilesnius duomenis, o nelygus paviršius sukelia pakabos aukščio svyravimus, dėl kurių jautikliai gali fiksuoti netikslius rodmenis. Šlapia danga didina slydimo riziką ir mažina aerodinaminių elementų efektyvumą, matavimų tikslumą.

Atliekant eksperimentą buvo naudotas dinamometras, kad matuotų oro pasipriešinimo jėgą, kurią patiria automobilis, kai jis juda. Dinamometras buvo pritvirtintas priekinėje automobilio SAAB dalyje (kur pirmiausia susiduria oro srautas), kad gauti tiesioginę pasipriešinimo jėgą, kuri yra labai svarbi aerodinaminės apkrovos vertinimui. Dinamometro matavimo diapazonas - nuo 0 iki 2000 N, tikslumas $\pm 1\%$. Eksperimentu metu realiomis lauko sąlygomis gauti aerodinaminės apkrovos rezultatai buvo palyginti su matematinio modelio apskaičiuotomis reikšmėmis skirtinguose greičiuose (8 pav.). Iš viso atlikti keturi bandymai, o pateikiamos vidutinės eksperimento reikšmės. Rezultatai parodė, kad esant 120 km/h greičiui, teorinė aerodinaminė apkrova siekė 432,15 N, o eksperimentu išmatuota – 460 N. 6,5 % skirtumas leidžia daryti išvadą, kad realiomis sąlygomis papildomi veiksniai, tokie kaip kelio nelygumai, oro srautų netolygumai ir transporto priemonės dinaminiai pokyčiai, gali turėti įtakos apkrovų pasiskirstymui, kadangi šiame greičių intervale aerodinaminės apkrovos priklausomybė nuo greičio aproksimuoja tiesinę funkciją.



9 pav. Bandymuose naudotas automobilis SAAB 900
Šaltinis: nuotrauka autorių

Diskusija. Atliekant bandymus, buvo pastebėta, kad teoriniai ir praktiniai rezultatai dažniausiai

nesutampa. Kai kurie veiksniai, tokie kaip oro temperatūra, drėgmė, automobilio kėbulo defektai ir šoniniai veidrodėliai (galėję sukelti papildomą turbulenciją), nebuvo pilnai įvertinti. Tai gali lemti nedidelius skirtumus tarp teorinių prognozių ir bandymų metu gautų duomenų. Reikalinga atlikti bandymus skirtingose klimato zonose ar skirtingais metų laikais, kad būtų galima geriau suprasti, kaip aplinkos sąlygos veikia aerodinaminis parametrus. Modelį reikėtų papildyti su daugiau kintamųjų, kad būtų galima tiksliau atspindėti realias sąlygas. Modernizuoti aptakų dizainą, siekiant sumažinti turbulenciją. Tyrimo rezultatai rodo, kad aerodinaminių elementų optimizavimas gali sumažinti degalų sąnaudas, nes mažesnis oro pasipriešinimas lemia efektyvesnę energijos panaudojimą ir sumažina transporto priemonės degalų suvartojimą..

Išvados

1. Automobilio pakabos aukščio matavimo prietaisas buvo sukurtas siekiant atlikti pakabos aukščio matavimus realiu laiku, esant skirtingoms apkrovoms. Prietaisas suprojektuotas taip, kad užtikrintų aukštą tikslumą (± 5 mm) ir būtų tinkamas naudoti įvairiomis aplinkos sąlygomis (nuo -20 iki $+50$ °C). Jutiklių signalai apdorojami naudojant 10 bitų mikrovaldiklį PIC18F24K22, o matavimai vizualizuojami LCD ekrane. Sukurtas prietaisas tinkamas matuoti automobilio važiuoklės aukščio pokyčius esant skirtingoms aerodinaminėms apkrovoms. Lyginant prototipo matavimo rezultatus su liniuote gautais duomenimis, nustatyta, kad skirtumas siekia 1–5 mm, priklausomai nuo matavimo taško. Duomenis siūloma įrašyti į SD kortelę, kad būtų galima atlikti detalesnę analizę po bandymų. Tokie patobulinimai leistų gauti tikslesnius duomenis apie viso automobilio aerodinaminį efektyvumą, ypač esant skirtingoms oro sąlygoms ir kelio dangoms.

2. Eksperimentu nustatyta, kad esant 120 km/h greičiui, teorinė aerodinaminė apkrova buvo 432,15 N, o eksperimentiškai išmatuota 460 N. Skirtumas siekia 6,5 %, o tai rodo, kad realiomis sąlygomis papildomi veiksniai, tokie kaip kelio nelygumai, oro sąlygos ir transporto priemonės konstrukcijos ypatybės, turi įtakos apkrovų pasiskirstymui. Diskretizuotas aerodinaminės apkrovos modelis atskleidė, kad didėjant automobilio apkrovai, didėja ir aerodinaminė apkrova. Taip pat nustatyta, kad aukštesnė pakaba lemia didesnę aerodinaminę apkrovą, o tai gali įtakoti transporto priemonės stabilumą. Eksperimentiniai duomenys ir teoriniai skaičiavimai rodo stiprų tiesinį ryšį tarp aerodinaminės apkrovos ir greičio nagrinėjamame intervale nuo 60 km/h iki 120 km/h. Šiame diapazone aerodinaminės apkrovos pokytis yra beveik proporcingas greičiui, nors teorinė priklausomybė yra kvadratinė, nagrinėjamame intervale apkrovos pokyčiai nėra dideli, kad atsiskleistų ryškus kreivumas. Dėl to galima taikyti tiesinę aproksimaciją be reikšmingų tikslumo nuostolių. Be to, tyrimo rezultatai parodė, kad aerodinaminė apkrova didėja su transporto priemonės apkrova, o pakabos aukštis taip pat turi įtakos aerodinaminių jėgų dydžiui.

Rekomendacijos. Tolimesniems tyrimams rekomenduojama įdiegti duomenų kaupimo sistemą, kuri leistų analizuoti automobilio aerodinaminės apkrovos pokyčius realiu laiku, fiksuojant duomenis SD kortelėje ar debesų saugykloje. Eksperimentuose rekomenduojama išplėsti matavimų diapazoną, atliekant bandymus įvairiomis oro sąlygomis (pvz., esant skirtingai temperatūrai ir drėgmei) ir skirtingose trasose, kad būtų įvertintas kelio dangos poveikis. Aerodinaminio modelio patobulinimui siūloma įtraukti papildomus kintamuosius, tokius kaip vėjo kryptis ir intensyvumas, kad būtų galima geriau pritaikyti modelį realioms vairavimo sąlygoms. Siekiant sumažinti matavimų paklaidą, rekomenduojama naudoti didesnio tikslumo jutiklius, kurie gebėtų fiksuoti mažesnius automobilio pakabos aukščio pokyčius ir aerodinaminių apkrovų variacijas. Transporto priemonių stabilumo analizės gerinimui galima įdiegti papildomus jutiklius, fiksuojančius automobilio posvirį ir kėbulo kampą, siekiant įvertinti, kaip aerodinaminės apkrovos veikia automobilio dinamiką skirtingose situacijose.

Literatūra

1. Burgin, D. & Barfield, M., 2021. Advances in Aerodynamic Testing of Sports Cars. MDPI.
2. Chapra, S. C., & Canale, R. P. (2021). Numerical Methods for Engineers (8th ed.). McGraw-Hill Education.
3. Duarte, G. O., & Mendes, M. J. G. C. 2022. Aerodynamic Study of a Drag Reduction System and Its Actuation System for a Formula Student Competition Car. Fluids.
4. Edgar J. Modifying the Aerodynamics of Your Road Car. Dorchester: Veloce Publishing. 2018, 248p. ISBN 978-1-787112-83-4.
5. Hucho, W. H. & Gino Sovran. 1987. "Aerodynamics of Road Vehicles." Annual Reviews.
6. Jones, A. et al. 2023. Advances in mechanical engineering for active suspension height control. Advances in Mechanical Engineering.
7. Kurec, K., & Piechna, J. 2019. Influence of Side Spoilers on the Aerodynamic Properties of a Sports Car. Energies
8. Sun, Z., Li, X., & Zhang, W. 2019. Adaptive vehicle posture and height synchronization control of active air suspension systems with multiple uncertainties. Springer Journal of Mechatronics.
9. Wang, Q., Jiang, T., & Zuo, L. 2022. Suspension height tune-up with constant stiffness properties through motor-driving double-gas-chamber hydro-pneumatic strut: Experimental study and modeling. PLOS ONE.

10. Wang, Z., Li, J., et al., 2023. Automotive Aerodynamics Sensing Using Low-Profile Pressure Sensor Strip. IEEE Xplore.
11. Wieser, D., Nayeri, C. N., & Paschereit, C. O., 2020. Wake Structures and Surface Patterns of the Drive Aer Notchback Car Model under Side Wind Conditions. Energies. MDPI.

INVESTIGATION OF AERODYNAMIC LOADS ON A SAAB 900 USING A DEVELOPED SUSPENSION HEIGHT MEASUREMENT PROTOTYPE

Summary

The aim of this study is to investigate the aerodynamic loads on the SAAB 900 at different speeds and determine the changes in suspension height using a developed measurement prototype. The experiments were conducted under real-world conditions, measuring the changes in the vehicle's suspension height and evaluating the effects of aerodynamic forces on stability and chassis behavior. The developed suspension height measurement device was tested at different speeds, with a measurement error not exceeding ± 5 mm compared to manual measurements. The collected data allowed for an accurate determination of chassis height variations caused by aerodynamic forces. The results showed that at a speed of 120 km/h, the theoretical aerodynamic load was 432.15 N, while the experimentally measured load was 460 N, with a difference of 6.5 %, confirming the accuracy of the mathematical model. Additionally, it was found that as the vehicle speed increases, aerodynamic drag also increases, affecting fuel consumption and vehicle handling characteristics. The relationship between aerodynamic load, speed, and suspension height was analyzed using the trapezoidal integration rule, which allows for an approximate evaluation of load distribution in a discretized space. Since the study covered a limited range of speed and load conditions, the quadratic relationship within this interval can be considered nearly linear. To refine the aerodynamic load model further, it is recommended that future experiments expand the range of speeds and load conditions.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Žilvinas Martišius.

Darbo vietą ir poziciją: Lietuvos inžinerijos kolegijos studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: autotransporto elektronika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068657075, haro196@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Rasa Žygienė.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vietą ir poziciją: Lietuvos inžinerijos kolegijos docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, elektronikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 62 06206, rasa.zygiene@lik.tech.

Autoriaus vardas, pavardė: Artūras Aleksynas

Darbo vietą ir poziciją: Lietuvos inžinerijos kolegijos lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, elektros ir elektronikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 67626285, arturas.aleksynas@lik.tech.

Autoriaus vardas, pavardė: Mindaugas Paškauskas.

Darbo vietą ir poziciją: Lietuvos inžinerijos kolegijos studentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: autotransporto elektronika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37065743477, mindaugas.paskauskas@stud.lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Žilvinas Martišius.

Workplace and position: Student of Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution.

Author's research interests: motor transport electronics.

Telephone and e-mail address: +37068657075, haro196@gmail.com

Author name, surname: dr. Rasa Žygienė.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor.

Author's research interests: transport engineering, electronic engineering.

Telephone and e-mail address: +370 62 06206, rasa.zygiene@lik.tech.

Author name, surname: Artūras Aleksynas.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lector.

Author's research interests: transport engineering, electronic engineering.

Telephone and e-mail address: +370 67626285, arturas.aleksynas@lik.tech.

Author name, surname: Mindaugas Paškauskas.

Workplace and position: Student of Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution.

Author's research interests: motor transport electronics.

Telephone and e-mail address: +37065743477, mindaugas.paskauskas@stud.lik.tech

GIRSTUČIO UPELIO ŠLAITŲ TVARKYMO SPRENDIMAI

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius, Edmundas Šimoliūnas

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Reljefo šlaitų stabilumas yra svarbus veiksnys, darantis įtaką aplinkai, statinių ilgaamžiškumui. Per pastaruosius du dešimtmečius Lietuvoje dėl susidariusių nuošliaužų pakankamai nemažai patirta nuostolių. Dėl nuošliaužų poveikio, pvz., 2016-2018 m. šlaitų sutvarkymui skirta keli milijonai eurų. Nuošliaužos kelia grėsmę statiniams, inžineriniams tinklams, gali sukelti arba padidinti potvynius. Dauguma Lietuvos miestų yra įsikūrę giliuose upių slėniuose, kuriems būdingi aukšti ir statūs šlaitai. Šlaitams yrant formuojasi nuošliaužos.

Straipsnyje aptariama per Lietuvos zoologijos sodo teritoriją tekančio Girstučio upelio šlaitų tvarkymo sprendimai. Šlaitų stabilumui įvertinti naudota geotechninio modeliavimo programinė įranga SLOPE/W. Modeliavimo metu buvo tyrinėjami šie šlaito stabilumą įtakojantys veiksniai: geologinės sąlygos, vandens poveikis, apkrovos poveikis. Modeliui sukurti buvo panaudota keturi variantai, skirti imituoti šlaitų nuošliaužų elgseną. Remiantis tyrimų rezultatais, nustatyta, kad šlaito stabilumui didžiausią įtaką turi atraminių sienų įrengimas, tačiau tai – brangiausias variantas, pigiausias – geosintetinių gaminių (geokorių) panaudojimas.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Šlaitų stabilumas, nuošliaužos, modeliavimas, geotechnika.

Įvadas

Lietuvos klimatas įvairiais metų laikais gana skirtingas. Lietuvos teritorija sudalinta į skirtingo šalčio poveikio zonas, vyksta dažni užšalimo ir atšilimo ciklai. Dažnai gruntas būna skystosios agregatinės būsenos, o paveiktas šalčio pereina į kietąją, padidindamas jo tūrį apie 10 %. Tokios permainingos klimatinės sąlygos įtakoja šlaitų stabilumo sąlygas.

Iš visų šlaituose vykstančių inžinerinių geologinių procesų Lietuvos teritorijoje labiausiai paplitusios nuošliaužos. Tai vienas pavojingiausių geologinių procesų vykstančių šlaituose (Carrión-Mero et al., 2021). Lietuvoje susidaranti nuošliaužos dažniausiai yra gamtinis reiškinys, kai grunto masė dėl erozijos ar vandens poveikio, pradeda slysti žemyn. Tokie reiškiniai dažniausiai susiformuoja, kai šlaitai ilgą laiką veikiama kritulių ar upelių srovių, ko pasiekioje šlaito gruntas tampa nestabilus. Šlaituose vykstančių procesų neigiamas pasekmes dažniausiai lemia nepakankami inžineriniai geologiniai ir statinių statybos sąlygų tyrimai.

Šlaitų stabilumo problema dažnai susijusi su konkrečia nuošliaužos susidarymo priežastimi. Tokios problemos egzistuoja įvairiose šalyse, įskaitant Europos regioną, Azijos šalis, Ameriką ar Indiją. Analizuojant šlaitų stabilumą, svarbu įvertinti šlaitus formuojančių gruntų fizines ir mechanines savybes. Taip pat svarbus gruntų geotechninių tyrimų rezultatų įvertinimas (Hu et al., 2021). Šiuolaikiniuose šlaitų stabilumo vertinimuose, siekiant nustatyti didelėse teritorijose, kuriose gali kilti nuošliaužos, atliekamos tikimybinės šlaitų stabilumo analizės, įvertinant požeminio vandens slėgio pokyčius, kritulius ir kt. veiksmus (Mickovski, 2021).

Lietuvoje sukurta Lietuvos karsto ir nuošliaužų informacinė duomenų bazė, informacija apie geologinius reiškinius pateikiama geologijos informacinėje sistemoje GEOLIS. Pagal nuošliaužų inventorizacijos Kauno mieste duomenis, nuošliaužos dažniausiai atsiranda ten, kur natūrali aplinka pažeista žmogaus ūkinės veiklos.

Šiame straipsnyje nagrinėjama per Lietuvos zoologijos sodą tekančio Girstučio upelio šlaitų stabilumas prieš Lietuvos zoologijos sodo rekonstravimą. Rekonstruojant zoologijos sodą būtina užtikrinti Girstučio upelio šlaitų stabilumą. Tam reikalinga įvertinti esamą šlaitų būklę ir galimą rekonstrukcijos darbų įtaką šlaitų stabilumui bei numatyti reikiamas priemones šlaitų stabilumui užtikrinimui.

Darbo tikslas – įvertinti Girstučio upelio, esančio Lietuvos zoologijos sodo teritorijoje, šlaitų stabilumą, numatyti tvarkymo inžinerines priemones.

Tikslui pasiekti suformuoti šie uždaviniai

- aprašyti inžinerinėje praktikoje naudojamus šlaitų stabilumo įvertinimo būdus;
- atlikti šlaitų stabilumo modeliavimą, įvertinant geologines sąlygas, gruntinio vandens poveikį, apkrovos poveikį ir šlaito stabilumą didinančių priemonių įtaką;
- nustatyti optimaliausią šlaitų stabilumo užtikrinimo variantą.

Literatūros apžvalga

Šlaitų stabilumas yra vienas pagrindinių veiksnių, lemiančių žemės reljefo su nuolydžiu pastovumą, patikimumą, ilgaamžiškumą ir ekonomiškumą. Dėl įvairaus pobūdžio nuošliaužų, patiriami dideli ekonominiai nuostoliai, kyla pavojus žmonių ir gyvūnų gyvybėms. Esant nepakankamam šlaito stabilumui, šlaitas gali nušliaužti. Nuošliauža įvardijama, kaip geologinis reiškinys, kai dėl grunto paplovimo apatinėje dalyje šlaito

ar padidėjusios grunto sunkio jėgos atitrūksta grunto masė ir nuslenka žemyn. Nuošliaužos pasireiškia, kai sutrinka šlaito natūrali pusiausvyra. Sutrikimų priežastys gali būti įvairios: gruntinio vandens lygio kitimas, žmogaus veiklos poveikis ir kt. Tačiau pagrindinis veiksnys, suaktyvinantis nuošliaužas, yra atmosferos krituliai. Moksliniais tyrimais (Nguyen and Dao, 2007) nustatyta aštuonios pagrindinės nuošliaužų susidarymo priežastys:

- status reljefas: nuošliaužos atsiranda $> 25^\circ$ šlaituose (dažniausiai nuo 30° iki 45°);
- uolienu dūlėjimas: spartus uolienu dūlėjimas vis didėjant šlaito polinkio kampui;
- tektoniniai judesiai: nuošliaužos glaudžiai susijusios su aktyviais Žemės plutos įtrūkimais;
- hidrologinės ir hidrogeologinės sąlygos: lietaus sezono metu padidėja nuošliaužų rizika;
- augalinė danga: nuošliaužos dažnai atsiranda vietovėse, kuriose pažeidžiama reljefo augalinė danga;
- gruntų fizinės ir mechaninės savybės bei struktūra: slydimo paviršius dažniausiai atsiranda silpnai sucementuotose arba stipriai suardytose zonose;
- mechaninė sufozija: smulkiausių dalelių išnešimas iš birių gruntų. Gruntuose atsiranda tuštumos, susilpnėja jų susicementavimas ir tuo pačiu atsiranda sąlygos susidaryti nuošliaužai. Sufozija vyksta upių šlaituose, kai gruntinis vanduo filtruojasi į upę;
- žmogaus veiklos sukeltas poveikis: tiesiogiai ar netiesiogiai susijęs su nuošliaužomis.

Didelio masto šlaitų nuošliaužos gali padaryti žalos turtui ir socialinių bei ekologinių problemų. Todėl labai svarbu užkirsti kelią šiems įvykiams. Tai galima pasiekti atliekant prevencinius veiksmus, analizuojant, taikant vertinimo metodus, programinę įrangą. Pastaraisiais dešimtmečiais vertinimo metodai buvo intensyviai tobulinami. Pagal mokslininkų atliktus tyrimus (Zedek et al. 2024), metodai skirstomi į kelias grupes: kokybiniai metodai, pagrįsti ekspertų patirtimi, pusiau kiekybiniai metodai, pagrįsti balų sistema ir kiekybiniai metodai, kurie gali būti toliau skirstomi į geotechninius metodus (fiziškai pagrįstu šlaito stabilumo vertinimu), statistinės analizės metodus ir neuroninių tinklų metodus. 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 (Durmaz et al., 2023).

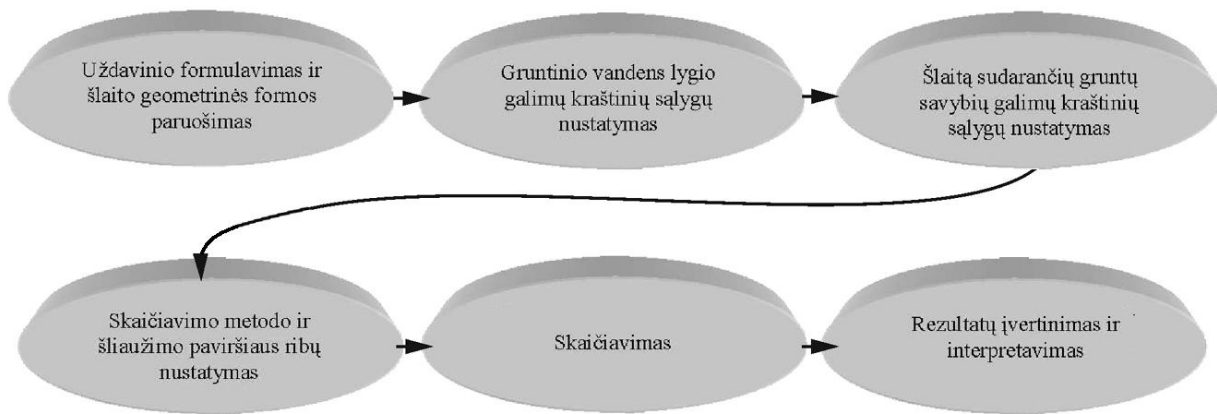
Šlaitų stabilumas dažnai vertinamas taikant neapibrėžtos pusiausvyros metodus ir naudojant programinę įrangą, pagrįstą baigtinių elementų metodu (Yingchaloenkitkhajorn et al., 2019). Gauti skaičiavimų rezultatai statistiškai reikšmingai koreliuojasi su pusiausvyros metodu gautais rezultatais (Burman et al., 2015; Liu et al., 2015). Vienas iš seniausiai žinomų šlaitų stabilumo metodų yra Bishop metodas. Kiti plačiai naudojami šlaitų stabilumo skaičiavimo metodai yra Fellenius, Janbu, Morgensterno-Praiso, Spencer, Lowe-Karafiat. Metodai skiriasi pagal pasirinktą šliaužimo paviršiaus formą ir matmenis, sunkio, trinties, sankibos ir filtracinio slėgio jėgų skaičiavimo metodiką. Praktikoje šlaito stabilumo skaičiavimai dažniausiai yra atliekami keliomis skirtingomis skaičiavimo metodikomis ir po to yra palyginami gauti rezultatai. Taikant Bishop metodą, rezultatai gaunami su pakankama atsarga (Zhang and Li, 2021), o taikant Spencer ar Morgenstern-Price metodus rezultatai gaunami daug tikslesni, lyginant su klasikiniais prognozavimo metodais (Salunkhe et al., 2017).

Tyrimo metodas

Šlaitų stabilumo tyrimas atliktas, naudojant programinę įrangą SLOPE/W, skirtą šlaitų stabilumui modeliuoti įvairiais metodais (yra galimybė taikyti 10 skirtingų metodų, kurie įvertina tam tikras sąlygas): Ordinary, Bishop, Janbu, Spencer, Morgenstern-Price, Corps of Engineers 1 ir 2 metodas, Lowe-Karafiat, Janbu modified, Fellenius ir kt.

Modeliuojant šlaitus su SLOPE/W programa, pirmiausiai sukuriama modelio geometrinis vaizdas. Skaičiavimuose naudoti šlaitų grunto geotechniniai parametrai, savybės nagrinėjamos kaip suardyto sanklodos grunto. Toliau projektuojamas gruntinio vandens lygis. Šis etapas labai svarbus. Nuo gruntinio vandens lygio priklauso šlaito stabilumas. Po to skaičiuojamos galimo šliaužimo paviršiaus ribos, skirtingais metodais įvertinamas pavojingiausio šlaito šliaužimo paviršius bei šlaitų stabilizavimo priemonių įtaka šlaito stabilumo koeficientui. Šlaitų stabilumo modeliavimo naudojant SLOPE/W kompiuterinę programą eiga pateikta (1 pav.).

Modeliavimo metu buvo tyrinėjami šie šlaito stabilumą įtakojantys veiksniai: geologinės sąlygos, vandens poveikis, apkrovos poveikis ir šlaito stabilumą didinančios priemonės.



1 pav. Šlaito stabilumo modeliavimo eiga
Šaltinis: sudaryta autorių

Darbe nagrinėtas šlaito stabilumo koeficientas 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. 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.

Rezultatai ir jų aptarimas

Inžinerinių geologinių tyrimų ataskaitoje nurodyta, kad zoologijos sodo teritorijos geomorfologinės sąlygos sudėtingos. Atliekant zoologijos sodo geologinius tyrimus buvo išgręžta 15 gręžinių. Gręžinių gylis 6,0...8,0 metrai, dviejų gręžinių gylis 10,0 metrų. Dalis gręžinių išgręžta Girstučio upelio šlaitų viršuje, dalis papėdėje.

Pagal pateiktus geologinių tyrimų duomenis, praktiškai visoje zoologijos sodo teritorijoje paviršiuje yra dirbtinis supiltinis gruntas su įvairiomis priemaišomis. Šlaitų stabilumo požiūriu tai silpni gruntai. Nustatyta, kad supiltinio grunto storis iki 2,9 m. Supiltinio grunto vidaus trinties kampas φ ir sankiba c nenustatinėta. Pagal literatūros duomenis (Osman, 2023), supiltinio grunto vidaus trinties kampas φ ir sankiba c priklauso nuo labai įvairių veiksnių, gana plačios kitimo ribos. Zoologijos sodo teritorija ir Girstučio upelio šlaitai yra apaugę įvairia augalija – medžiais, krūmais, žole, tai padidina šlaitų ir viršutinio dirbtinio supiltinio grunto sluoksnio stabilumą.

Pagal pateiktus geologinių tyrimų duomenis, Girstučio upelio šlaitų viršuje žemiau dirbtinio supiltinio grunto vyrauja įvairios sandaros smėlingi dulkingi moliai – Baltijos stadijos morena, kurie šlaitų stabilumo požiūriu tai gana stiprus gruntai. Gręžiniais smėlingo dulkingo molio sluoksnio padas nepasiektas. Girstučio upelio šlaitų apačioje, žemiau dirbtinio supiltinio grunto vyrauja molingi dulkiai – Grūdės stadijos limnoglacialinės nuogulos. Pagal nustatytas geotechnines charakteristikas, šlaitų stabilumo požiūriu taip pat gana stiprus gruntai. Molingų dulkių sluoksnio padas gręžiniais nepasiektas. Geologinių tyrimų metu gręžti gręžiniai yra gana negilus (iki 10,0 m), o šlaito peraukštėjimas yra iki 22...23 metrų, geologiniai pjūviai tarp gręžinių nesudaryti, todėl nėra šlaitų stabilumo nagrinėjimui reikiamos informacijos apie visus šlaitą ir jo pagrindą sudarančius gruntus.

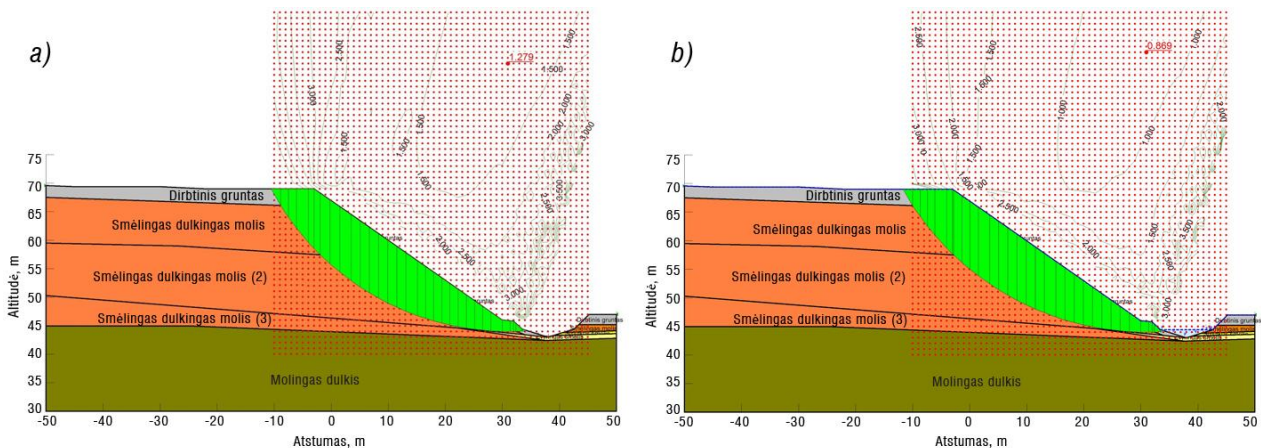
Pagal pateiktus geologinių tyrimų duomenis, Girstučio upelio šlaitų viršuje esančiuose gręžiniuose maksimalus gruntinio vandens lygis – apie 0,2 m nuo žemės paviršiaus. Girstučio upelio šlaitų viršuje esančiuose gręžiniuose nusistovėjęs gruntinio vandens lygis – 0,8 m nuo žemės paviršiaus. Prognozuojamas aukščiausias požeminių vandenių gylis Girstučio upelio šlaitų viršuje – 0,0...0,3 m. Girstučio upelio šlaitų apačioje esančiuose gręžiniuose maksimalus gruntinio vandens lygis – apie 2,2 m nuo žemės paviršiaus. Girstučio upelio šlaitų apačioje esančiuose gręžiniuose nusistovėjęs gruntinio vandens lygis – 3,4 m nuo žemės paviršiaus. Prognozuojamas aukščiausias požeminių vandenių gylis Girstučio upelio šlaitų apačioje – 0,5...3,0 m. Gruntinio vandens lygiai rodo, kad Girstučio upelio šlaituose vyksta geofiltracijos procesai, gruntinio vandens lygiai kinta, todėl šlaitai liūčių ar polaidžių metu gali užmirkti, kas įtakoja šlaitų stabilumą. Tai

patvirtina šlaituose esantys paplovimai, lokalinės nuošliaužos, kreivai augantys medžiai. Pažymėtina, kad šlaituose taip pat nėra įrengtų gruntinio ir paviršinio vandens surinkimo bei nuvedimo sistemų, kas taip pat įtakoja šlaitų stabilumą.

Įvertinus inžinerinių geologinių tyrimų duomenis, šlaitų stabilumo įvertinimui buvo sudarytas apibendrintas skaitinis šlaito stabilumo modelis. Apibendrinto šlaito stabilumo modelis nagrinėtas esant 4 atvejams:

- esant neužmirkusiam šlaitui ir nesant išorinių apkrovų;
- esant užmirkusiam šlaitui ir nesant išorinių apkrovų;
- esant neužmirkusiam šlaitui ir esant išorinėms apkrovoms – įvertinta apibendrinta šlaito viršuje numatomų įrengti pastatų apkrova (priimta 50 kN/m^2);
- esant užmirkusiam šlaitui ir esant išorinėms apkrovoms – įvertinta apibendrinta šlaito viršuje numatomų įrengti pastatų apkrova (priimta 50 kN/m^2).

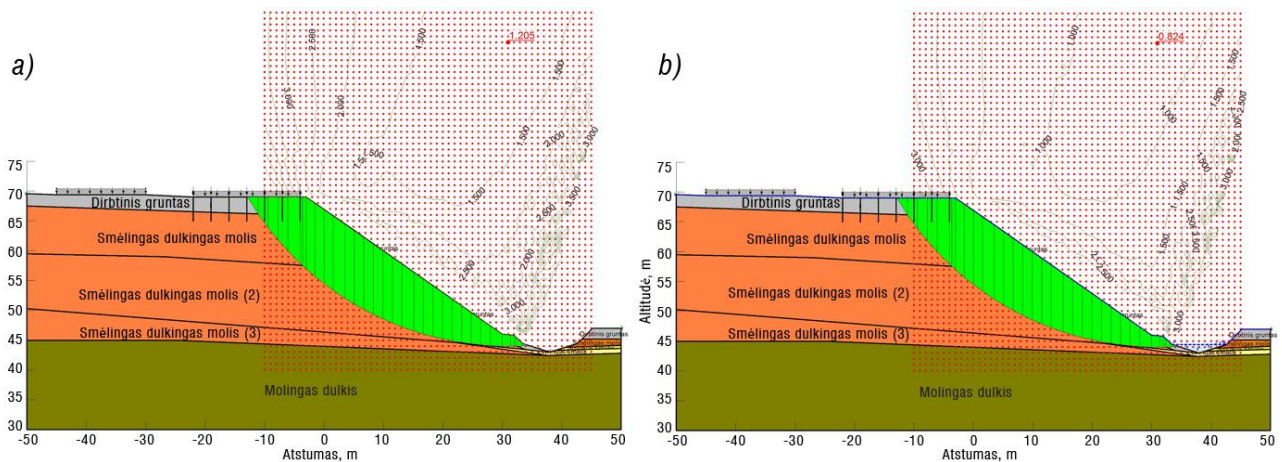
Modeliavimo rezultatai pateikti 2 ir 3 paveiksluose. Šlaitas yra stabilus jei gaunamas šlaito stabilumo koeficientas $K > 1$. Pagal šlaitų modeliavimo teoriją laikoma, kad šlaito stabilumas yra pakankamas, jei gaunamas šlaito stabilumo koeficientas $K > 1,2$.



2 pav. Girstučio upelio šlaito stabilumo modeliavimo apibendrinti rezultatai esant: a – neužmirkusiam šlaitui ir nesant išorinių apkrovų; b – pilnai užmirkusiam šlaitui ir nesant išorinių apkrovų
Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal modeliavimo rezultatus nustatyta, kad šlaitų stabilumas priklauso nuo užsiduodamų pagal inžinerinių geologinių tyrimų duomenis išskirtų geologinių sluoksnių storių ir geotechninių charakteristikų (nėra šlaitų stabilumo nagrinėjimui reikiamos informacijos apie visus šlaitą ir jo pagrindą sudarančius gruntuos).

Nevertinant dirbtinio supiltnio grunto vidaus trinties kampo φ ir sankibos C ($\varphi=0^\circ$ ir $C=0 \text{ kPa}$) visais nagrinėtais atvejais gaunamos nuošliaužos viršutiniame dirbtinio supiltnio grunto sluoksnyje.



3 pav. Girstučio upelio šlaito stabilumo modeliavimo apibendrinti rezultatai esant: a – neužmirkusiam šlaitui ir esant išorinėms apkrovoms; b – pilnai užmirkusiam šlaitui ir esant išorinėms apkrovoms
Šaltinis: sudaryta autorių

Viršutinio dirbtinio supiltnio grunto sluoksnio storis įvairiose vietose yra skirtingas, neaišku, kaip jis atsiveria į šlaitą. Be to, dirbtinio supiltnio grunto geotechninės charakteristikos gali kisti labai įvairiame diapazone bei gali kisti laike, todėl norint tikslesnių šlaito stabilumo modeliavimo rezultatų reikalingi išsamesni dirbtinio supiltnio grunto tyrimai. Įvertinant esamą situaciją, šlaitų apaugimą augalija bei remiantis įvairiais moksliniais tyrimais ir analogiškų situacijų šlaitų stabilumo modeliavimo patirtimi, tolimesniam šlaitų stabilumo modeliavimui apibendrintas dirbtinio supiltnio grunto vidaus trinties kampas $\varphi=10^\circ$, o apibendrinta sankiba $C=10\text{ kPa}$.

Nesant šlaitų stabilumo nagrinėjimui reikiamos informacijos apie visus šlaitą ir jo pagrindą sudarančius gruntuos, pagal turimus inžinerinių geologinių tyrimų duomenis nagrinėjant šlaitų stabilumą priimta, kad šlaito kūną sudaro smėlingi dulkingi moliai, kurie šlaitų stabilumo požiūriu yra gana stiprus gruntai, o šlaito pagrindą sudaro molingi dulkiiai, kurie pagal nustatytas geotechnines charakteristikas šlaitų stabilumo požiūriu taip pat yra gana stiprus gruntai. Esant tokiai situacijai, pagal modeliavimo rezultatus šlaito stabilumas labiausiai priklauso nuo šlaito užmirkimo ($K_1=1,279$ ir $K_2=0,869$) ir mažiau nuo apkrovos šlaito viršuje ($K_1=1,279$ ir $K_3=1,205$). Šiuo atveju taip pat reikalingi išsamesni inžineriniai geologiniai tyrimai gręžiant gilesnius gręžinius šlaito viršuje ir šlaite bei sudarant šlaito ir jo pagrindo geologinius pjūvius.

Šlaito stabilumui padidinti, naudojama visa eilė inžinerinių priešnuošliaužinių priemonių:

- stabilumo bermos;
- šlaito paviršiaus sutvarkymas: 1 – pertvarkant šlaitą su platesniu kampu; 2 – šlaito aukščio sužeminimas nekeičiant jo profilio; 3 – nukasamas gruntas nuo keteros, ir sutvirtinama papėdė;
- drenažas – paviršinio vandens nuvedimui – paviršinis ir giluminis būdai;
- grunto inkaravimas – naudojant „grunto vinis“, horizontalų drenažą;
- grunto „armavimas“ – naudojant geotekstilę;
- šlaitų dengimas dembliais – organiniais ar sintetiniais;
- šlaitų stabilizavimas naudojant bioinžineriją;
- šlaitų stabilizavimas naudojant lengvas priemaišas (įvairias putas, susmulkintas padangas, medžio drožles, šlaką ir pan.);
- atraminiai statiniai – atraminės, įlaidinės sienos (vinilinės, metalinės ir kt.), poliai ir pan.

Įvertinus gautus preliminarūs šlaito stabilumo modeliavimo rezultatus, didžiojoje šlaitų dalyje gruntinio ir paviršinio vandens surinkimo bei nuvedimo sistemų įrengimas ir tinkamas šlaito išlyginimas bei tvirtinimas geosintetiniais gaminiais (geokoriais) yra pakankamos priemonės užtikrinant šlaitų stabilumą. Tokiam šlaito tvirtinimui įrengti reiktų 19650 EUR.

Siekiant užtikrinti Girstučio upelio šlaitų stabilumą vykdant zoologijos sodo rekonstrukcijos darbus i įvertintos papildomos statinės ir dinaminės sunkiosios statybinės technikos apkrovos šlaitams bei analizuotos brangiausios šlaitų stabilizavimo priemonės - atraminiai statiniai.

Atlikus konstrukcinius skaičiavimus nustatyta, kad Lietuvos zoologijos sode metalinės įlaidinės sienos įrengimui reikės 5600 m² metalinių įlaidų AZ 19. Sprauslenčių ilgis 6–9 m. Atlikus sąmatinius skaičiavimus nustatyta, kad pagal šį variantą (įrengiant metalinių įlaidų sieną) reikės 1,08 mln. EUR.

Konstrukciniais skaičiavimais nustatyta, kad naujai įrengiamų plastikinių (vinilinių) įlaidinių (toliau - sprauslenčių) sienų statybai reikės 2600 m² plastikinių PVC sprauslenčių (ilgis 4-6m) su plastikine galvena (520 m ilgio). Tai kainuotų 220000 EUR.

Atlikus konstrukcinius skaičiavimus nustatyta, kad projektuojamai 116 m. gelžbetoninei atraminei sienai įrengti reikės 441 m³ betono (C30/37, XC4 XD1 XF2) ir 20,5 t armatūros (S500B). Atlikus sąmatinius skaičiavimus nustatyta, kad gelžbetoninei atraminei sienai įrengti reiktų 67270 EUR.

Išvados

1. Išnagrinėjus 4 atvejams šlaito stabilumo nustatyta, kad pagal modeliavimo rezultatus šlaito stabilumas labiausiai priklauso nuo šlaito užmirkimo ($K_1=1,279$ ir $K_2=0,869$) ir mažiau nuo apkrovos šlaito viršuje ($K_1=1,279$ ir $K_3=1,205$).

2. Brangiausių šlaitų stabilizavimo priemonių (atraminių statinių) įrengimo sąmatiniais skaičiavimais nustatyta, kad (įrengiant metalinių įlaidų sieną) reikės 1,08 mln. EUR, plastikinių PVC sprauslenčių su plastikine galvena įrengimas kainuotų 220000 EUR, gelžbetoninei atraminei sienai įrengti reiktų 67270 EUR.

3. Pigiausių šlaitų stabilizavimo priemonių paviršinio vandens surinkimo bei nuvedimo sistemų įrengimas ir tinkamas šlaito išlyginimas bei tvirtinimas geosintetiniais gaminiais (geokoriais) kainuotų 19650 EUR.

Literatūra

1. Burman, A., Acharya, S. P., Sahay, R. R., Maity, D. (2015). A comparative study of slope stability analysis using traditional limit equilibrium method and finite element method. *Asian Journal of Civil Engineering (BHRC)*, 16(4).
2. Carrión-Mero, P., Montalván-Burbano, N., Morante-Carballo, F., Quesada-Román, A., & Apolo-Masache, B. (2021). Worldwide Research Trends in Landslide Science. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(18). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/ijerph18189445>.
3. Durmaz, M., Hürlimann, M., Huvaj, N., & Medina, V. (2023). Comparison of different hydrological and stability assumptions for physically-based modeling of shallow landslides. *Engineering Geology*, 323. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2023.107237>.
4. Hu, J. Z., Zhang, J., Huang, H. W., & Zheng, J. G. (2021). Value of information analysis of site investigation program for slope design. *Computers and Geotechnics*, 131. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2020.103938>.
5. Yingchaloenkitkhajorn, K., Hasiholan, B., Kusumaningrum, P., & Wirahadikusumah, R. D. (2019). Analysis of embankment slope stability: the comparison of finite element limit analysis with limit equilibrium methods. *MATEC Web of Conferences*, 270. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1051/mateconf/201927002004>.
6. Liu, S. Y., Shao, L. T., Li, H. J. (2015). Slope stability analysis using the limit equilibrium method and two finite element methods. *Computers and Geotechnics*, 63. Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2014.10.008>.
7. Mickovski, S.B. (2021). *Sustainable Geotechnics-Theory, Practice, and Applications*. Basel, Switzerland: MDPI - Multidisciplinary Digital Publishing Institute.
8. Nguyen, V.C., Dao, V.T. (2007). Investigation and research of landslide geohazard in north-western part of Vietnam for the sustainable development of the territory. In: Annual Report of FY 2006, The Core University Program between Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) and Vietnamese Academy of Science and Technology (VAST). *Osaka University*. Osaka.
9. Osman, B.H. (2023). Correlation of Cohesion and Friction Angle Based on SPT-N Values: A Comprehensive Review. *Civil Engineering Beyond Limits*, 4(3). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.36937/cebel.2023.1821>.
10. Salunkhe, D. P., Bartakke, R. N., Chvan, G., Kothavale, P. R. (2017). An overview on methods for slope stability analysis. *International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT)*, 6(03). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.17577/ijertv6is030496>.
11. Zedek, L., Šembera, J., & Kurka, J. (2024). Inclusion of Nature-Based Solution in the Evaluation of Slope Stability in Large Areas. *Land (Basel)*, 13(3). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.3390/land13030372>.
12. Zhang, J., & Li, J. (2021). A comparative study between infinite slope model and Bishop's method for the shallow slope stability evaluation. *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 25(8). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1080/19648189.2019.1584768>.

SOLUTIONS FOR THE MANAGEMENT OF GIRSTUTIS CREEK SLOPES

Summary

The stability of slopes is an important factor affecting the environment and the durability of buildings. Over the past two decades, Lithuania has suffered quite a lot of losses due to landslides. Due to the impact of landslides, e.g. in 2016-2018 several million euros have been allocated for the maintenance of the slopes. Landslides threaten structures, engineering networks, can cause or increase floods. Most of the cities of Lithuania are located in deep river valleys, which are characterized by high and steep slopes. Landslides are formed on the slopes.

The article discusses the solutions for the management of the slopes of the Girstutis creek flowing through the territory of the Lithuanian Zoo. Geotechnical modeling software SLOPE/W was used to assess slope stability. During the simulation, the following factors affecting the stability of the slope were studied: geological conditions, water and load impacts. Four variants were used to develop the model to simulate the behavior of landslides on slopes. According to the research results, it was found that the installation of retaining walls has the greatest influence on the stability of the slope, but this is the most expensive option, and the cheapest is the use of geosynthetic products.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, Inžinerinės pramonės ir technologijų fakultetas, statybos inžinerijos studijų programos docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: hidrotechnikos statinių defektai ir pažaidos, geotechnika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37060097176, raimondas.sadzevicius@lik.tech.

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, Inžinerinės pramonės ir technologijų fakultetas, statybos inžinerijos studijų programos lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vietinės statybinės medžiagos, statinių konstrukcijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 69995740, dainius.ramukevicius@lik.tech

Autoriaus vardas, pavardė: Edmundas Šimoliūnas.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, Inžinerinės pramonės ir technologijų fakultetas, statybos inžinerijos studijų programos lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: konstrukcijų tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: : +37061112081, edmundas.simoliunas@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: Higher Education Institution, Associated Professor of Construction Engineering Study Program Committee.

Author's research interests: defects and deteriorations of hydraulic structures, geotechnics.

Telephone and e-mail address: +37060097176, raimondas.sadzevicius@ lik.tech.

Author name, surname: Dainius Ramukevičius.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Higher Education Institution, lecturer of Construction Engineering Study Program Committee.

Author's research interests: building materials and constructions.

Telephone and e-mail address: +37069995740, dainius.ramukevicius@ lik.tech.

Author name, surname: Edmundas Šimoliūnas.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Higher Education Institution, lecturer of Construction Engineering Study Program Committee.

Author's research interests: structural research.

Telephone and e-mail address: +37061112081, edmundas.simoliunas@lik.tech.

KELIŲ SU ŽVYRO DANGA DULKĖTUMĄ MAŽINANČIŲ MEDŽIAGŲ DAUGIAKRITERINIS VERTINIMAS

Regina Motienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Žvyrkelių dulkėtumas sukelia nemažai nepatogumų ir transporto priemonių vairuotojams, ir visiems, esantiems netoli žvyrkelio aplinkos zonos. **Žvyro dangų dulkėjimo mažinimo priemonėmis stabilizuojamos esančios ir žvyro dėvėjimosi procese atsiradusios smulkiosios dalelės. Dėl to jos nepatenka į aplinką, o lieka profiliuojamame dangos sluoksnyje.** Į žvyro dangas keliuose, patenka teršalų, įvairių cheminių medžiagų nuo kelyje važiuojančių transporto priemonių, kurios susigeria į smulkias daleles ir dulka pravažiuojus autotransportui. Alternatyvus dulkėjimo problemos sprendimas be kelio rekonstravimo ir asfaltavimo yra cheminių medžiagų naudojimas, kurios suriša gruntą, sulaiko jame esančią drėgmę bei sugeria ją iš aplinkos. Taigi, šio straipsnio tikslas išsiaiškinti kokia medžiaga efektyviausiai suriša žvyrkelio dangą, apsaugančią ją nuo spartaus dėvėjimosi ir dulkių sklidimo?

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Entropinis ekspertinis vertinimo būdas, daugiakriterinis vertinimo būdas, cheminės medžiagos, žvyrkelio dulkėtumas, dulkėtumą mažinančios priemonės.

Įvadas

Vykdam Lietuvos valstybinių kelių plėtrą ir atsižvelgiant į naujausius ekologinius reikalavimus bei gyventojų skundus vis aktualesnis tampa žvyrkelių dulkėjimo mažinimas. Šiuo metu Lietuva neturi finansinės galimybės greitai metu išsiasfaltuoti kelius su žvyro danga. Taip pat, dėl mažo eismo intensyvumo, keliai neatsipirks dėl didelių investicijų asfaltavimui. Tačiau, kelių infrastruktūros plėtra 2019-2035 m. Valstybinės reikšmės kelių asfaltavimui yra skyrusi 957 mln. Eur., kas sudaro 40% visų lėšų, skirtų kelių plėtrai. Remiantis Lietuvos automobilių kelių direkcijos duomenimis, šalyje yra 5756,23 km valstybinės reikšmės žvyrkelių. Taip pat tokie keliai paplitę sodų bendrijose, kaimuose. Neasfaltuoti keliai sudaro didžiąją dalį rajoninių kelių. Tokie keliai šalia esančiai augmenijai ir žmonėms kelia daug problemų. Ore tvyro kietosios dalelės. Kietosios dalelės, dar vadinamos dulkėmis, yra labiausiai žmonių sveikatą kenkiantis faktorius. Jos yra tokios lengvos ir mažos, kad gali lengvai skliti oru. Automobiliui pravažiuojus net ir nedideliu greičiu žvyro danga, dulkės lengvai pasikelia ir sukuria dulkių debesis. Kai kurios šių dalelių yra tokios mažos, kad gali giliai įsiskverbti, nusėsti į plaučius ir patekti į kraujotaką. Tokios dalelės dulkėtumo mažinimo tyrime skaitosi tos, kurios lieka po granulometrijos siojimo nustatymo proceso ant mažiausio sieto ir dugno. Kietosios dalelės gali būti sudarytos ir iš įvairių cheminių komponentų, kurių poveikis mūsų sveikatai ir aplinkai yra dar pavojingesnis. Naudojant šias priemones dulkių mažinimui yra pagerinamas eismo saugumas, sumažinama tarša aplinkai, padidinamas kelių atsparumas dėvėjimuisi – atsiranda mažiau duobių ir provėžų, kelias tarnauja ilgiau iki sekančio profiliavimo, taip sutaupant lėšas kelių priežiūrai. Taigi, šio straipsnio tikslas, išsiaiškinti kaip sumažinti žvyro dangos kelių dulkėtumą ir kaip įmanoma mažiau pakenkti gamtai.

Tyrimo problema - Kokia medžiaga efektyviausiai suriša žvyrkelio dangą, apsaugančią ją nuo spartaus dėvėjimosi ir dulkių sklidimo?

Tyrimo objektas - dulkėtumą mažinančių medžiagų sąveika su žvyro dangomis.

Tyrimo tikslas – išanalizuoti alternatyvius žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų variantus ir atlikus jų daugiakriterinį vertinimą, nustatyti racionalų sprendinį.

Tyrimo uždaviniai

1. Išanalizuoti alternatyvius žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų variantus.
2. Atlikti alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų daugiakriterinį vertinimą ir nustatyti racionalų variantą.

Tyrimo metodai: informacijos šaltinių analizės metodas, naudojamas alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų variantų nustatymui ir vertinimo rodiklių sistemos sudarymui. Teorinis Entropijos metodas naudojamas vertinimo rodiklių teoriniam reikšmingumui apskaičiuoti. Daugiakriterinis naudingumo vertės metodas naudojamas alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų variantų vertinimui ir racionalaus sprendinio nustatymui.

Alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų analizė

Atliekant inžinerinių sprendimų analizę, nagrinėjami informacijos šaltiniuose pateikti galimi alternatyvūs nurodytos srities inžineriniai sprendimai, analizuojami jų techniniai ekonominiai rodikliai, sprendimų įvykdymo būdai. Kiekvienas inžinerinio sprendimo variantas trumpai aprašomas. Aprašą sudaro tokios pagrindinės dalys:

1. Analizuojamame variante naudojamų medžiagų, gaminių sąrašas, jų techninės charakteristikos.

2. Trumpai aprašomi inžinerinių sprendimų įvykdymo būdai, technologijos.

Analizei pasirinkta šeši alternatyvūs inžineriniai sprendimai.

1 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant kalcio chloridą. Tai dažniausiai Lietuvoje naudojama medžiaga žvyrkelių dulkėtumui mažinti. Produktas absorbuojantis iš aplinkos vandenį. Kalcio chloridas efektyviai veikia prie aukšto ir žemo santykinio oro drėgnio. Kalcio chloridas gali būti įterpiamas į žvyro dangą kristalų pavidalu (sausas). Kitas būdas – paskleisti medžiagą tirpalo pavidalu, išpurškiant laistymo mašina. Laistyti naudojamo druskos tirpalo koncentracija turi būti ne mažesnė kaip 20 procentų, bet ne didesnė nei 41 procentas. Tirpalas ruošiamas ištirpinant reikalingą kalcio chlorido kiekį vandenyje. Produkto išeiga 1m² (200g/m²), kuris užtikrina gerą dulkių surišimą.

2 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant natrio chloridą. Tai druska naudojama dulkėtumui mažinti. Produkto poveikis dulkėjimui mažinti yra trumpalaikis. Priemonė yra mažiausiai efektyvi dėl palyginti nedidelio higroskopiškumo. Natrio chloridas +25 °C temperatūroje pradeda absorbuoti vandenį, kai santykinis oro drėgnis didesnis kaip 76 %. Esant mažesniai santykiniai oro drėgnei natrio chloridas beveik netrukdo vandeniui garuoti, todėl sumažėja smulkių dalelių rišimas ir dangos paviršiuje dulkės atsiskiria nuo vientisos kelio dangos paviršiaus ir važiuojant automobiliams padidėja dulkėjimas. Taip pat, natrio chloridas neigiamai veikia augmeniją, teršia gruntinius vandenis. Dėl šių priežasčių natrio chloridas žvyrkelių dulkėjimui mažinti naudojamas rečiau.

3 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant „Dustoff“ priemonę. Ši priemonė skirta dulkių šalinimui nuo žvyrkelių dangos ir yra pritaikyta žvyruotų autostradų, rajoninių kelių, statybos objektų, privažiuojamųjų kelių dangos tvarkymui. Priemonę „DUSTOFF“ galima naudoti žvyrkeliams, kai viršutinio sluoksnio granulometrinės struktūros modulis yra ne mažesnis nei 2,0 milimetrai. Produkto poveikis 3-5 mėnesiai. Medžiagos veiksmo laikas priklauso nuo eismo intensyvumo ir kelio kokybės. Rekomenduojama naudoti du kartus per sezoną.

4 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant „Dustex“ priemonę. Ši priemonė skirta žvyrkelių dulkėjimui mažinti. Dulkėtumo mažinimo priemonė „Dustex“ sukurta ir gauta iš Norvegijos. Ši medžiaga maišoma su vandeniu 1:2 santykiu. Norint gauti geriausią rezultatą, rekomenduojama ištirti esamą dangą: drėgmę ir dalelių pasiskirstymą. Prieš naudojant produktą, sausus kelius reikia palaistyti, kad pagerėtų jo įsiskverbimas į paviršiaus sluoksnius. Taip pat rekomenduojama prieš laistant medžiagą, suprofiluoti greideriu. Medžiagos išeiga priklauso nuo gatvės pločio. Paprastai 1 kvadratiniam metrui reikia 460 gramų medžiagos. Panaudojus šią priemonę kelias reikalauja mažesnės priežiūros, nes mažiau dulka. Medžiaga nėra žalinga aplinkai, gyvūnams bei žmonėms.

5 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant „Dustaway“ priemonę. Ši priemonė skirta žvyrkelių dulkėjimui mažinti. Ši medžiaga sukurta Norvegijoje. Šios priemonės išeiga pagal gamintoją yra 200 g/m². Šio kiekio pakanka, norint sumažinti nuo kelio sklindančių dalelių judėjimą į gyvenamąsias teritorijas. Ši medžiaga nedaro žalos gruntiniams vandenims, žmonėms ar šalia esantiems augalams. Taip pat ši medžiaga tinkama naudoti atvirose vietose, kur eismas didesnis ir kelio dėvėjimasis spartesnis. Produkto naudojimo dažnumas priklauso nuo oro sąlygų, dangos frakcijos dydžio. Pagal gamintoją, produktas yra efektyvus nuo poros savaitių iki mėnesio. Produktas turi specifinį kvapą, kuris jaučiamas tik išpurškus priemonę, tačiau tai yra natūralus produktas, kuris nekenkia aplinkai.

6 Variantas. Dulkių surišimas panaudojant „RST dust“ priemonę. Ši priemonė atvežta iš Australijos. Panaudota priemonė mažina dulkėtumą nuo 1 iki 3 mėnesių. Ši medžiaga ant dangos purškama trimis sluoksniais su vis skirtingu santykiu. Pirmojo sluoksnio purškimas reikalauja didesnės investicijos, nes pilamo preparato kiekis didžiausias. Antras ir trečias sluoksnio purškimas atliekamas išdžiūvus prieš jam užpurkštam sluoksniui. Tačiau šiai priemonei reikalinga dangos priežiūra: kas 1 - 3 mėnesius pakartotinai purškama vieną kartą su santykiu 1:20. Ši medžiaga yra visiškai nekenksminga aplinkai ir transporto priemonėms, skirtingai nei tradicinė druska, kuri kenkia ne tik automobiliams, bet ir gruntiniam vandeniui.

Alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų daugiakriterinis vertinimas

Sudaryta vertinimo kriterijų sistema alternatyviems inžineriniams sprendimams vertinti. Vertinimui parinkta 5 vertinimo kriterijai ir jie paaiškinami. Randamos vertinimo kriterijų skaitinės reikšmės. Šias reikšmes galima apskaičiuoti arba rasti informacijos šaltiniuose: techninėje literatūroje, gamybiniuose normatyvuose, analogiškuose projektuose. Aprašant kiekvieną kriterijų, nurodomas šaltinis, iš kurio paimta skaitinė kriterijaus reikšmė arba pateikiamas šio rodiklio skaičiavimas. Žemiau pateiktas vertinimo kriterijų sistemos aprašas.

Kriterijų trumpi aprašai Dulkių surišimo alternatyvių produktų sprendimų vertinimui sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema :

1. (K1) Minimalus ilgaamžiškumas (skaičiuojamas mėnesiai), - tai kriterijus, parodantis gamintojo

deklaruojamą minimalų medžiagos veiksnumą laikui, kuomet sąlygos yra idealiausios medžiagai išsilaikyti, jų neatnaujinus.

2. (K2) Žala gamtai (skaičiuojama balais) - tai kriterijus, įvertinus cheminę medžiagos sudėtį ir gamintojo deklaruojamą žalą gamtai. Kuo didesnis skaičius, tuo didesnė žala gamtai.

3. (K3) Medžiagos išeiga $1m^2$, (skaičiuojama g/m^2) – kriterijus, parodantis kiek medžiagos reiks $1m^2$ panaudoti, pagal gamintojo reikalavimus.

4. (K4) Technikos poreikis (skaičiuojamas vienetais) - kriterijus parodantis mašinų poreikį, norint atlikti darbus. Šių skaičių sudaro tokia technika: greideris, sunkvežimis - autocisterna ir sunkvežimis su specialia įranga medžiagai paskleisti.

5. (K5) Pakartojimų dažnis per sezoną, (skaičiuojamas kartais) - kriterijus nusakantis gamintojo deklaruojamų pakartotinių medžiagos paskleidimų kiekį, tame pačiame sezone.

1 lentelė

Kriterijų skaitinės reikšmės

Medžiaga \ Kriterijai	Minimalus ilgaamžiškumas (mėn) K1	Žala gamtai (Balais) K2	Išeiga $1m^2$ (g/m^2) K3	Technikos poreikis (vnt) K4	Pakartojimų kiekis per sezoną (kartai) K5
Kalcio chloridas A1	1	3	200	4	2
Natrio chloridas A2	0.4	5	250	4	6
Dustoff A3	3	2	400	3	2
Dustex A4	1	1	460	3	3
Dustaway A5	0,7	1	200	3	3
RST dust A6	1	1	250	3	3

Šaltinis: Sudaryta autorės

Kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant teorinį Entropijos metodą. Pirmiausiai nustatyta kelio dulketumo mažinimo alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų teorinis reikšmingumas, taikant Entropijos metodą. Žemiau pateikta taikomo metodo algoritmas. Pradiniai duomenys pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Pradinių duomenų matrica

Matrica P					
Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	K1	K2	K3	K4	K5
A1	1	3	200	4	2
A2	0,4	5	250	4	6
A3	3	2	400	3	2
A4	1	1	460	3	3
A5	0,7	1	200	3	3
A6	1	1	250	3	3
Optimalumas	7,1	13	1760	20	19

Šaltinis: Sudaryta autorės

Normalizuotos reikšmės surašomos į normalizuotą matricą P (3 lentelė)

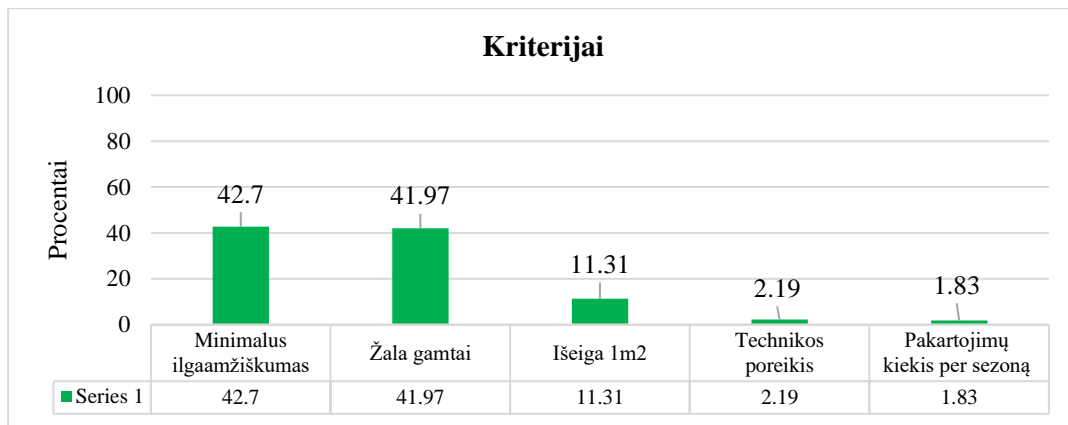
3 lentelė

Normalizuota matrica

Matrica P					
Kriterijai Alternatyvūs sprendimai	K1	K2	K3	K4	K5
A1	0,141	0,231	0,114	0,200	0,105
A2	0,056	0,385	0,142	0,200	0,316
A3	0,423	0,154	0,227	0,150	0,105
A4	0,141	0,077	0,261	0,150	0,158
A5	0,099	0,077	0,114	0,150	0,158
A6	0,141	0,077	0,142	0,150	0,158

Šaltinis: Sudaryta autorės

Kriterijų prioritetų eilutė: $K_1 > K_2 > K_3 > K_4 > K_5$;



1 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas %
Šaltinis: Sudaryta autorės

Apskaičiavus žvyrkelių dulketumą mažinančių alternatyvių priemonių sprendimų teorinį kriterijų reikšmingumą, taikant Entropijos metodą, galima teigti, kad nagrinėtų medžiagų pagrindinis ir svarbiausias kriterijus yra minimalus ilgaamžiškumas (42,7%) , žala gamtai (41,97%) , išeiga (11,31%), technikos poreikis (2,19%) pakartojimų skaičius per sezoną yra mažiausias (1,83 %).

Subjektyvus kriterijų reikšmingumo nustatymas, taikant ekspertinį porinio palyginimo metodą.

Sekančiame etape nustatyta žvyrkelių dulketumo mažinimo alternatyvių sprendimų vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas, taikant porinio palyginimo metodą.

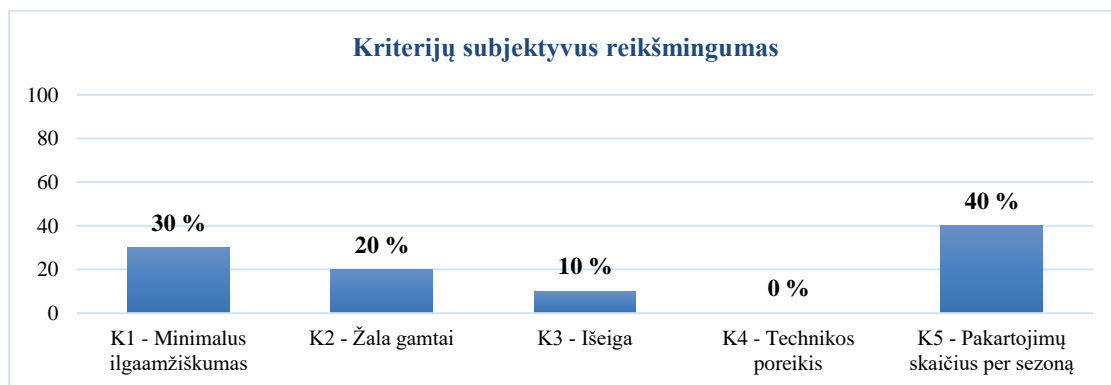
Nustatyta medžiagų alternatyvių projektinių sprendimų vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas, taikant porinio palyginimo metodą, pagal kriterijų prioritetų eilutę: $K_5 > K_1 > K_2 > K_3 > K_4$. Kriterijai surašomi į matricą, kiekvienam kriterijui yra priskiriamas balas iš intervalo (0;2) skaičius. Pildant matricą svarbiausiam kriterijui yra priskiriama skaičius 2 lyginant jį su kitu kriterijumi, o kitam kriterijui priskiriama skaičius 0. Jeigu abu kriterijai yra vienodai svarbūs jiems abiem skiriama po 1 balą. Gauti rezultatai pateikti 4 lentelėje.

4 lentelė

Vertinimo kriterijų subjektyvus reikšmingumas

Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	Σ	q _i	%	
Minimalus ilgaamžiškumas K ₁	-	2	2	2	0	6	0,3	30	
Žala gamtai K ₂	0	-	2	2	0	4	0,2	20	
Išeiga K ₃	0	0	-	2	0	2	0,1	10	
Technikos poreikis K ₄	0	0	0	-	0	0	0	0	
Pakartojimų skaičius per sezoną K ₅	2	2	2	2	-	8	0,4	40	
						Σ	20	1	100

Šaltinis: Sudaryta autorės



2 pav. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas %
Šaltinis: Sudaryta autorės

Apskaičiavus subjektyvių kriterijų reikšmingumą gauta, kad svarbiausias kriterijus K₅ – pakartojimų skaičius per sezoną, kurio reikšmingumas 40%. K₁ - minimalus ilgaamžiškumas, kurio reikšmingumas 30%.

K2 - žala gamtai, kurios reikšmingumas 20%, kriterijus K3 – išeiga, kurios reikšmingumas 10% o visiškai neturi įtakos kriterijus K4 – technikos poreikis.

Racionalaus sprendimo nustatymas, taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą. Taikant šį metodą racionalus inžinerinis sprendimas nustatomas, tokia seka:

Remiantis 1 lentelėje pateiktais skaičiavimo rezultatais sudaroma pradinių duomenų matrica P, nustatomas kriterijų optimalumas ir surandama geriausia reikšmė. Duomenys surašomi į 5 lentelę.

5 lentelė

Pradiniai duomenys skaičiavimui ir optimalios reikšmės

Variantai Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	A6	Kriterijų optimalumas	Geriausia reikšmė
K ₁	1	0,4	3	1	0,7	1	min	0,4
K ₂	3	5	2	1	1	1	min	1
K ₃	200	250	400	460	200	250	min	200
K ₄	4	4	3	3	3	3	min	3
K ₅	2	6	2	3	3	3	min	2

Šaltinis: Sudaryta autorės

Atliekamas pradinių duomenų matricos P normalizavimas į matricą \bar{P} ;

Maksimizuojami kriterijai normalizuojami pagal 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 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;

Rezultatai surašomi į normalizuotą matricą \bar{P} .

6 lentelė

Normalizuotos kriterijų reikšmės

Variantai Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	A6
K ₁	0,4	1	0,133	0,4	0,571	0,4
K ₂	0,33	0,2	0,5	1	1	1
K ₃	1	0,8	0,5	0,43478	1	0,8
K ₄	0,75	0,75	1	1	1	1
K ₅	1	0,333	1	0,666	0,666	0,666

Šaltinis: Sudaryta autorės

Pasirenkama vertinimo skalė [0;100] ir didžiausiai normalizuotos matricos kriterijaus reikšmei priskiriama maksimali vertinimo skalės reikšmė. Pvz.: 1→100. Kitos normalizuotos kriterijų reikšmės apskaičiuojamos pagal proporciją. Gauti rezultatai surašomi į kriterijų naudingumo matricą C_{ij}. Sumuojami kiekvieno kriterijaus surinkti balai, ir užrašoma inžinerinių sprendimų prioritetų eilutė. Geriausias inžinerinis sprendimas yra tas, kurio kriterijai naudingiausi, t.y. surenka didžiausių balų sumą.

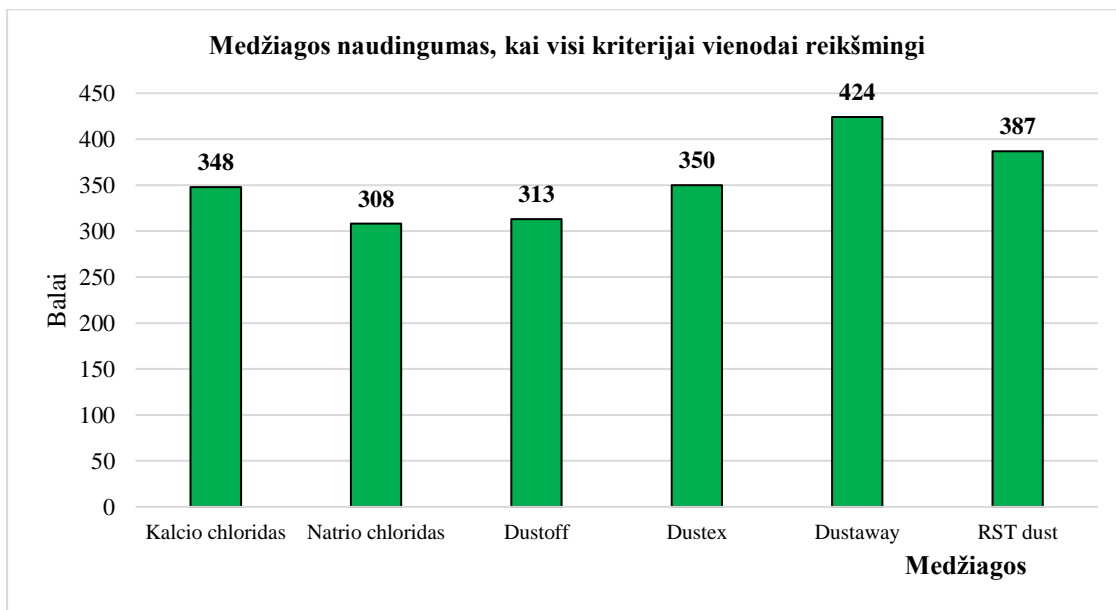
7 lentelė

Kriterijų naudingumas (balais)

Matrica C						
Variantai Kriterijai	A1	A2	A3	A4	A5	A6
K ₁	40	100	13	40	57	40
K ₂	33	20	50	100	100	100
K ₃	100	80	50	43	100	80
K ₄	75	75	100	100	100	100
K ₅	100	33	100	67	67	67
Σ	348	308	313	350	424	387

Šaltinis: Sudaryta autorės

Remiantis skaičiavimo rezultatais, sudaroma žvyrkelių dulketumo mažinimo sprendimų prioritetų eilutė ir rezultatai pateikiami grafiškai (3 pav.).
 $A5 > A6 > A4 > A1 > A3 > A2$.



3 pav. Žvyrkelių dulketumo mažinimo sprendimų naudingumas, kai neįvertintas kriterijų reikšmingumas
Šaltinis: Sudaryta autorės

Apskaičiuojama kriterijų vertės balais, įvertinant teorinį ir subjektyvų kriterijų reikšmingumus. Tam tikslui kiekviena kriterijaus naudingumo reikšmė dauginama iš kriterijaus reikšmingumo. Sudaromos naujos matricos $\bar{C} * \bar{q}$ ir $\bar{C} * q_t$ (8 lentelė).

8 lentelė

Kriterijų naudingumas, įvertinus teorinį reikšmingumą

	$\bar{q}_t, \%$	Matrica $\bar{C} * \bar{q}_t$					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
K1	42,7	1708	4270	555	1708	2434	1708
K2	41,97	1385	839	2099	4197	4197	4197
K3	11,31	1131	905	566	486	1131	905
K4	2,19	164	164	219	219	219	219
K5	1,83	183	60	183	123	123	123
Σ	100	4571	6239	3621	6733	8104	7151

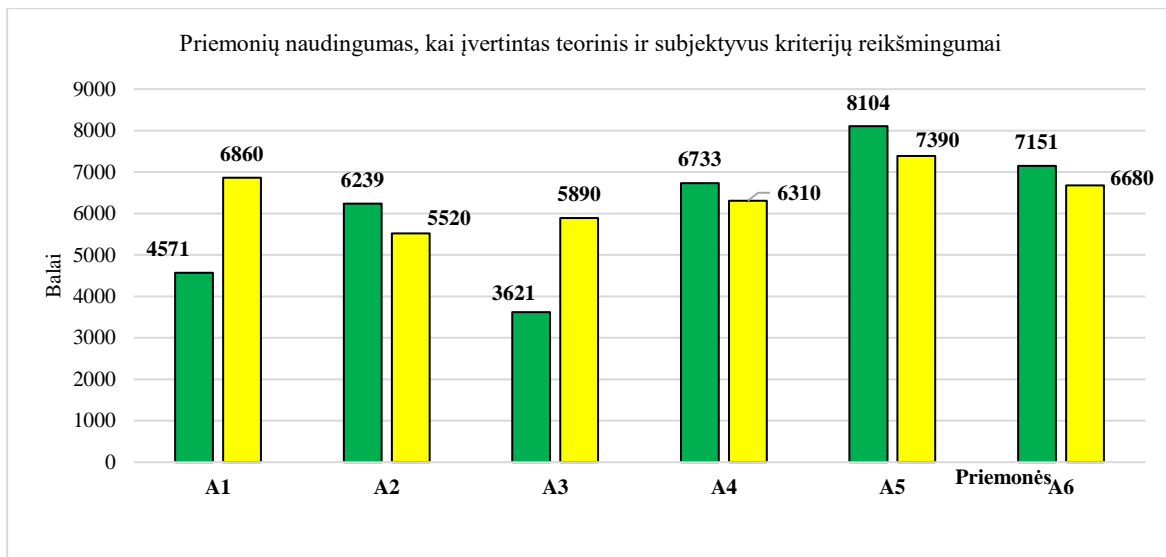
Šaltinis: Sudaryta autorės

9 lentelė

Kriterijų naudingumas, įvertinus subjektyvų reikšmingumą

	$\bar{q}, \%$	Matrica $\bar{C} * \bar{q}$					
		A1	A2	A3	A4	A5	A6
K1	30	1200	3000	390	1200	1710	1200
K2	20	660	400	1000	2000	2000	2000
K3	10	1000	800	500	430	1000	800
K4	0	0	0	0	0	0	0
K5	40	4000	1320	4000	2680	2680	2680
Σ	100	6860	5520	5890	6310	7390	6680

Šaltinis: Sudaryta autorės



4 pav. Tiriamų priemonių naudingumas, kai įvertintas teorinis ir subjektyvus kriterijų reikšmingumai:
 A1 – kalcio chloridas; A2 – natrio chloridas; A3 – „Dustoff“; A4 – „Dustex“; A5 – „Dustaway“;
 A6 – „RST dust“

Šaltinis: Sudaryta autorės

Išvados

1. Analizuojant alternatyvių žvyrkelio dulkėtumą mažinančių medžiagų variantus pasirinkta šeši alternatyvūs inžineriniai sprendimai: 1. Dulkių surišimas panaudojant kalcio chloridą. 2. Dulkių surišimas panaudojant natrio chloridą. 3. Dulkių surišimas panaudojant „Dustoff“ priemonę. 4. Dulkių surišimas panaudojant „Dustex“ priemonę. 5. Dulkių surišimas panaudojant „Dustaway“ priemonę. 6. Dulkių surišimas panaudojant „RST dust“ priemonę.

2. Atlikus daugiakriterinį dulkėtumo mažinimo priemonių sprendimų vertinimą, kai visi kriterijai buvo vienodai reikšmingi, gauti rezultatai rodo, kad geriausia būtų naudoti „Dustaway“ (A5) tipo dulkėtumo mažinimo priemonę. Pagal pasirinktus kriterijus, kai įvertintas teorinis ir subjektyvus kriterijų reikšmingumai matoma, jog „Dustaway“ dulkėtumo mažinimo priemonė taip pat išlieka racionaliausias sprendinys.

Literatūra

1. Automobilių kelių mineralinių medžiagų techninių reikalavimų aprašas TRA MIN 07. Patvirtintas 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-16.
2. Automobilių kelių mineralinių medžiagų mišinių naudojamų sluoksniams be rišiklių techninių reikalavimų aprašas TRA SBR 07. Patvirtintas 2019 m. gruodžio 20 d. įsakymu Nr. V-191.
3. Automobilių kelių dangos konstrukcijos sluoksnių be rišiklių įrengimo taisyklės IT SBR 07. Patvirtintos 2007 m. sausio 30 d. įsakymu Nr. V-18.
4. Automobilių kelių asfalto mišinių techninių reikalavimų aprašas TRA ASFALTAS 08. Patvirtintas 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-15.
5. Automobilių kelių dangos konstrukcijos asfalto sluoksnių įrengimo taisyklės IT ASFALTAS 08. Patvirtintos 2009 m. sausio 12 d. įsakymu Nr. V-16.
6. Girgždienė, R., Rameikytė, R. 2007. Variation of pm_{10} mass and aerosol number concentrations in Šiauliai, Journal of Environmental Engineering and Landscape Management 15(1): 47–53.
7. **Dulkių surišėjas skirtas keliams su žvyro danga, žvyrkeliams, kurių danga įrengta pagal „Techninių reikalavimų reglamentą STR 2.06.03:2001. Automobilių keliai“ ir „Statybos rekomendacijas R 35-01.**
8. Kelių su žvyro danga dulkėjimo mažinimas. Lietuvos automobilių kelių direkcija prie Susisiekimo ministerijos Vilnius 2004.
9. Lietuvos Respublikos kelių įstatymas. Įstatymas paskelbtas: Žin. 1995, Nr. 44-1076, i. k. 0951010ISTA000I-891 Nauja redakcija nuo 2002-10-23:Nr. IX-1113, 2002-10-03, Žin. 2002, Nr. 101-4492 (2002-10-23), i. k. 1021010ISTA0IX. Kelių įstatymo Nr. I-891 17 straipsnio pakeitimo įstatymas. Patvirtintas 2020 m. lapkričio 10 d. Nr. XIII-3421.
10. Priešnuodžiai dulkėms [interaktyvus]. 2006 07 17. [Žiūrėta 2024-09-14]. Prieiga per internetą: <http://www.info.lt/index.php?page=naujienos&view=naujiena_arch&id=78578>.
11. Prieiga per: <https://www.akmenys.lt/Keliu-dulkejima-mazinanti-priemone-DUST-OFF-1000/>. [žiūrėta 2024-09-10].
12. Prieiga per: <https://www.stratum.lt/naujienos/zvyrkeliu-dulkejimui-mazinti-kalcio-chloridas-magnio-chloridas> [žiūrėta 2024-09-10].

MULTI-CRITERIA EVALUATION OF ALTERNATIVE DUST CONTROL MATERIALS FOR GRAVEL ROADS

Summary

The dustiness of gravel roads causes a lot of inconvenience to both drivers of vehicles and everyone who is near the gravel road area. Gravel surface dust control measures stabilize the existing fine particles and those that have arisen during the wear process of gravel. As a result, they do not enter the environment, but remain in the profiled layer of the surface. Pollutants and various chemicals from vehicles driving on the road enter gravel surfaces on roads, which are absorbed into fine particles and dust when vehicles pass by. An alternative solution to the dust control problem without road reconstruction and asphaltting is the use of chemicals that bind the soil, retain moisture in it and absorb it from the environment. So, the purpose of this article is to find out which material binds the gravel road surface most effectively, protecting it from rapid wear and dust spread?

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegijos, mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programos lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: socialinių mokslų tyrimai, apskaita ir finansai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 44575, regina.motiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Regina Motienė

Science degree and name: Master's degree

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lecturer of the Study Areas of Mechanical and Construction Engineering

Author's research interests: social sciences research, accounting and finance

Telephone and e-mail address: +370 699 44575, regina.motiene@lik.tech

DEFORMACINIŲ PJŪVIŲ TILTO KONSTRUKCIJOJE TECHNOLOGINIŲ SPRENDINIŲ IR ALTERNATYVIŲ VARIANTŲ ANALIZĖ

Regina Motienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Priimant kokius nors sprendimus prieš tiltų rekonstravimą atliekamas eismo srautų modeliavimas, įvertinamos planuojamos rekonstrukcijos rizikos. Strateginė reikšmė pastaruoju metu, prioritetas dėmesys šalies tiltams ir viadukams. Po visų šių vertinimų priimamas sprendimas dėl tilto arba jų atskirų konstrukcijų rekonstravimo poreikio. Todėl rekonstravimo metu būtina užtikrinti sklandesnę rekonstrukcijos eigą, išvengiant pašalinių trikdžių, efektyviau ir saugiau organizuoti eismą. Tiltų, viaduko rekonstrukcijai turi įtakos ir kiti faktoriai - tilto elementų korozija, ramtuose po atraminėmis dalimis atsiradę vertikalūs įtrūkiai. Sprendžiant šias problemas buvo atlikta deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje technologinių sprendinių ir alternatyvių variantų analizė.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Deformaciniai pjūviai, tilto konstrukcijos, ramtai, vertinimo kriterijai, teorinis reikšmingumas, subjektyvus reikšmingumas, racionalus sprendinys.

Įvadas

Fizinis tilto nusidėvėjimas vyksta tolygiai, techninė būklė dėl konstrukcijų defektų ir pažeidimų nuolat blogėja. Dažniausiai pasiekus nusidėvėjimui virš 60 procentų pažeidimas būna tokios didelės, kad kai kuriais atvejais tilto rekonstruoti jau neverta – pigiau nugriauti ir statyti naują (Šadzevičius, 2023).

Nuolat augančių transporto priemonių srautai, jų greičiai bei apkrovos lemia naujų ir racionalesnių tiltų konstrukcinių sprendimų paiešką ir jų diegimą realiuose projektuose. Daugelį metų stebint, bandant tiltus, analizuojant duomenis surinktus apie juos, pastebėta kiek inovatyvių sprendimų naudojama tiltų statyboje, kurie lemia ekonominę naudą ir susisiekimo trukmę, patogumą bei eismo dalyvių saugumą. Anot Martyno Gedaminko „Jie tikrai nėra avarinės būklės, bet jie yra blogos būklės. Tokiu būdu, per juos eismas yra saugus ir tikrai juos galima naudoti, tiesiog vertinant, kad artimiausiu metu jiems yra reikalingas papildomas dėmesys. Tiltė neatsiranda pažeidimo per vieną dieną, jos atsiranda palaipsniui (Bačinskis, 2021). Tiltų priežiūra yra vykdoma pastoviai.

Rekonstruojant tiltus susiduriama su įvairiomis kliūtėmis, įvairiais sprendinių variantais, kuriuos reikia pritaikyti taip, kad atitiktų KTR ir STR keliamus reikalavimų reikalavimus.

Tyrimo problema: kokius reikėtų priimti tilto technologinius, sprendinius, kad galima būtų atnaujinti tilto konstrukcijoje esančius deformacinius pjūvius padidinti jo ilgaamžiškumą bei pagerinti eismo sąlygas?

Tyrimo objektas – deformaciniai pjūviai tilto konstrukcijoje

Darbo tikslas – atlikti deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje technologinių sprendinių ir alternatyvių variantų analizę.

Tyrimo tikslui realizuoti, iškelti tokie uždaviniai: 1 - atlikti galimų deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje variantų palyginimą, 2- Išanalizuoti deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje technologinius sprendinius.

Alternatyvių deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje variantų analizė

Tilto inžineriniuose sprendiniuose buvo ieškoma alternatyvų, vertinant ekonominę, technologinę naudingumą. Alternatyviems sprendimams tilto konstrukcijoje nuspręsta palyginti trijų tipų deformacinius pjūvius, kainos atžvilgiu.

1 lentelė

Bituminio deformacinio pjūvio sąmata

Pavadinimas	Kodas	Auto vnt.	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
Įrengti elastinį deformacinį pjūvį	T74-47 (S9=1,0255; S10=1,15)	m	281,677	20	5633,55	3355,76	667,97	1609,81
Darbo jėga su vidutine kategorija 4.22	110010422	žm. val.	6,451	520,2	3355,76	3355,76		
Propano-butano dujos suskystintos	20041	kg	1,060	280	296,80		296,80	
Plienas rūšinis (konstrukcinis)	90053	t	731,130	0,278	203,25		203,25	
Geomembrana (izoliuojanti plėvelė)	220727	m2	4,110	8	32,88		32,88	
Tekanolas	230076	kg	0,003	16	0,05		0,05	

Pavadinimas	Kodas	Auto vnt.	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
Tarco masė	230077	kg	0,003	1176,4	3,41		3,41	
Poliuretanai	230090	maš. Val.	0,003	20	0,06		0,06	
Medžiaga "Ombran PD111" (skystas komponentas)	230211	kg	0,003	41,6	0,12		0,12	
Medžiaga "Ombran PD111 TM" (sausas komponentas)	230212	kg	0,003	80	0,23		0,23	
Skalda granitinė M800 frakc.10-20mm	570712	m3	54,240	1,72	93,29		93,29	
Smėlis kvarcinis	573025	m3	33,600	0,6	20,16		20,16	
Betonas hidrotechninis C25/30	600057	m3	132,180	0,134	17,71		17,71	
Gruntas Ombran HB 1	230061-1	kg	0,003	3,2	0,01		0,01	
Krovininė automašina, keliamoji galia 4,5t	450003	maš. val.	12,080	57	688,56			688,56
Smėliarovės aparatas	480003	maš. val.	2,800	3	8,40			8,40
Orinis dujinis degiklis	480004	maš. val.	0,470	6,4	3,01			3,01
Kranai ant automobilio važiuoklės keliam. galios iki 10t	489034	maš. val.	10,570	0,8	8,46			8,46
Daniškas katilas	489181	maš. val.	9,230	42,8	395,04			395,04
Siūlių pjoviklis	489182	Maš val.	2,800	6,6	18,48			18,48
Barstytuvai	489183	maš. val.	13,920	5,2	72,38			72,38
Kilnojamasis kompresorius	489323	maš. val.	7,990	52	415,48			415,48

Šaltinis: Sudaryta autorės

2 lentelė

Šukų tipo deformacinio pjūvio sąmata

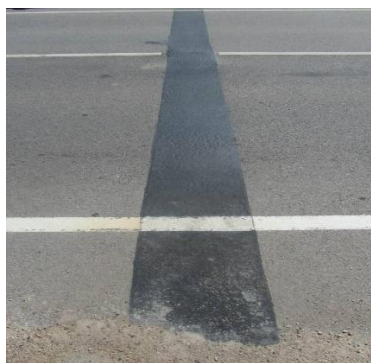
Pavadinimas	Kodas	Auto vnt.	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
Įrengti "šukų" tipo deformacinį pjūvį	T74-46 (S9=1,025 5; S10=1,15)	m	2306,290	20	47970,84	6116,33	41347,07	507,44
Darbo jėga su vidutine kategorija 4.43	11001044 3	žm. val.	21,22	288,288	6116,33	6116,33		
Armatūra A-1	90029	t	2371,80	2,55216	6053,21		6053,21	
Elektrodai suvirinimo	120038	kg	6,69	12,48	83,49		83,49	
Įdėtinės plieninės detalės	520049	t	6641,10	5,09184	33815,42		33815,42	
Lentos apipj.2 rūš.stor.40 mm ir daugiau ilgis 2.0-6.5 m	534015	m3	670,15	0,1456	97,57		97,57	
Betonas hidrotechninis C25/30	600057	m3	436,18	2,9744	1297,37		1297,37	
Kilnojamasis suvirinimo agregatas su benzininiu vidaus degimo varikliu.	488160	maš. val.	25,80	7,072	182,46			182,46
Kranai ant automobilio važiuoklės keliam. galios iki 10 t	489034	maš. val.	37,20	8,736	324,98			324,98

Šaltinis: Sudaryta autorės

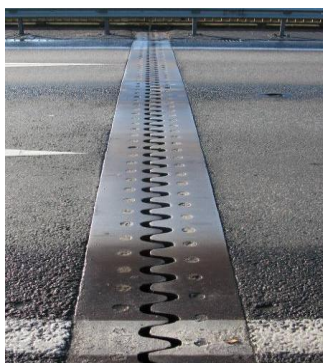
Metalinio 150 mm. deformacinio pjūvio sąmata

Pavadinimas	Kodas	Mato vnt.	Kaina	Kiekis	Suma	Darbas	Medžiagos	Mechanizmai
Įrengti metalinį deformacinį pjūvį (150 mm)	T74-46 (S9=1,0255; S10=1,15)	m	10786,807	20	224365,58	6116,33	217741,81	507,44
Darbo jėga su vidutine kategorija 4.43	110010443	žm. val.	21,22	288,288	6116,33	6116,33		
Armatūra	90029	t	2371,80	2,55216	6053,21		6053,21	
Elektrodai suvirinimo	120038	kg	6,69	12,48	83,49		83,49	
Įdėtinės plieninės detalės	520049	t	6641,10	0,3328	2210,16		2210,16	
Deformacinių siūlių profilis (150 mm)	P-114-1	m	10000,00	20	200000,00		200000,00	
Lentos apipj.2 rūš.stor.40 mm ir daugiau ilgis 2.0-6.5 m	534015	m3	670,15	0,1456	97,57		97,57	
Betonas hidrotechninis C25/30	600057	m3	436,18	2,9744	1297,37		1297,37	
Kilnojamas suvirinimo agregatas su benzininiu vidaus degimo varikliu	488160	maš. val.	25,80	7,072	182,46			182,46
Kranai ant automobilio važioklės keliam. galios iki 10 t	489034	maš. val.	37,20	8,736	324,98			324,98

Šaltinis: Sudaryta autorės



1 pav. Bituminis deformacinis pjūvis



2 pav. Šukų tipo deformacinis pjūvis

3 pav. Metalinis 150 mm. deformacinis pjūvis. Šaltinis: <https://structum.lt/innovatyvi-tiltu-inzinerija-siuolaikines-tendencijos>

Alternatyvių deformacinių pjūvių vertinimas

Objektyvius sprendimus dėl projekto tinkamumo ir efektyvumo galima gauti taikant ne vieną rodiklį, o jų rinkinius. (Lazauskas, 2015;1-3). Atsižvelgiant į šiuos aspektus sudaryta tokia vertinimo kriterijų sistema: kaina (K1), trukmė žm. val. (K2), ilgaamžiškumas (K3) ir darbininkų kvalifikacijos lygis (K4).

Deformacinių pjūvių variantams vertinti, naudojama daugiakriteriniai vertinimo metodai (Zavaskas ir kt.1996; 2001; Medelienė, 2011). Jų pagalba įvertinti ekonominiai, techniniai ir kokybiniai aspektai.

Nustatoma deformacinio pjūvių alternatyvių sprendimų vertinimo kriterijų teorinis reikšmingumas, naudojant Entropijos metodą. Sudaroma pradinė duomenų matrica. Pradiniai duomenys pateikiami 4 lentelėje.

Pradinių duomenų matrica P

Alternatyvūs sprendimai	Matrica P			
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
Bituminis deformacinis (A ₁)	281,2	26	10	4,22
„Šuku“ tipo deformacinis (A ₂)	2389,5	14,41	20	4,43
Metalinis 150 mm deformacinis (A ₃)	10786,807	14,41	20	4,43

Šaltinis: Sudaryta autorės

Normalizuota matrica P̄

Alternatyvūs sprendimai	Matrica P̄			
	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄
(A ₁)	0,022	0,474	0,2	0,322
(A ₂)	0,188	0,262	0,4	0,338
(A ₃)	0,789	0,262	0,4	0,338

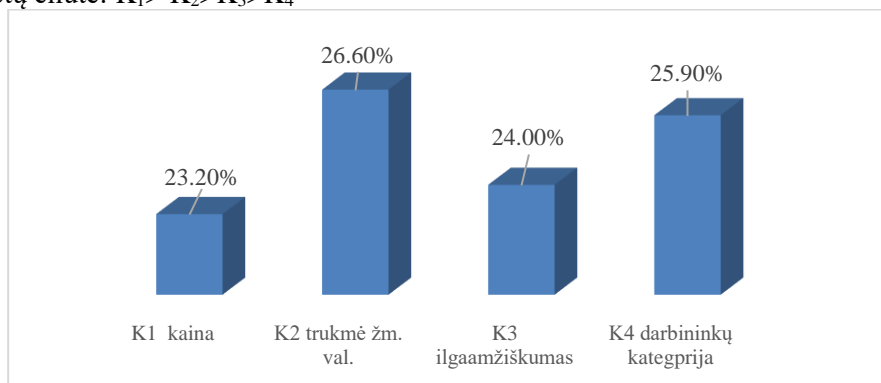
Šaltinis: Sudaryta autorės

Teorinis kriterijų reikšmingumas nustatomas pagal formulę:

$$\bar{P}_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^m x_{ij}}; \quad i = \overline{1, m}; \quad j = \overline{1, n} \quad (1)$$

čia P_{ij} – elemento, kurio eilutė yra i , o stulpelis j , normalizuotas pavidas; x_{ij} – elementas kurio eilutė i , o stulpelis j ; i – matricos eilutė; j – matricos stulpelis.

Kriterijų prioritetų eilutė: $K_1 > K_2 > K_3 > K_4$



4 pav. Teorinis kriterijų reikšmingumas

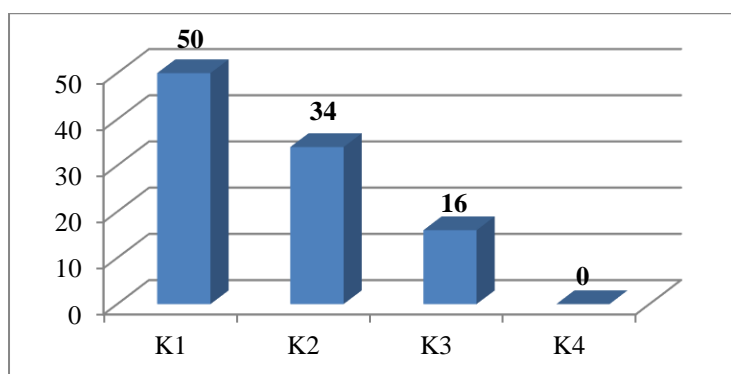
Šaltinis: Sudaryta autorės

Ekspertinis porinio palyginimo metodas leidžia nustatyti kriterijų reikšmingumą atsižvelgiant į subjektyvią suinteresuotų grupių nuomonę (Zvadskas, 2001). Pagal sudarytą eilutę $K_1 > K_2 > K_3 > K_4$ kriterijai lyginami poromis, svarbesniam kriterijui skiriant 2 balus, atitinkamai mažiau svarbiam - 0. Gauti rezultatai pateikiami 6 lentelėje.

Subjektyvus kriterijų reikšmingumas

Kriterijai	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	Σ	q_j	%
K ₁	–	2	2	2	6	0,50	50,00
K ₂	2	–	2	0	4	0,34	34,00
K ₃	0	0	–	0	0	0,16	16,00
K ₄	0	0	0	–	0	0,00	0,00
						1,00	100,00

Šaltinis: Sudaryta autorės



5 pav. Subjektyvus kriterijų reikšmingumas, %

Šaltinis: Sudaryta autorės

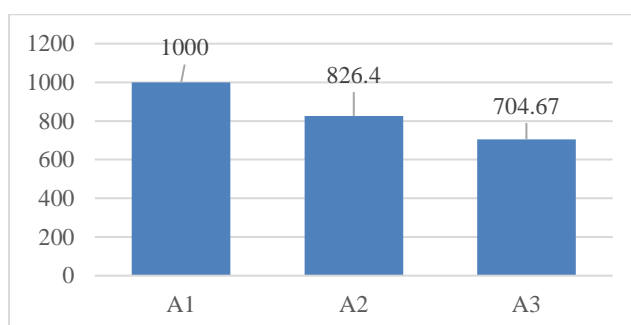
Vertinant teorinį kriterijų reikšmingumą, sudaroma matrica $Cxq_{(t)}$.

7 lentelė

Deformacinių pjūvių sprendimų naudingumas, kai įvertinamas teorinis kriterijų reikšmingumas

$q_{(t)}$, %	Matrica $Cxq_{(t)}$		
	A ₁	A ₂	A ₃
23,2	232,00	189,84	228
26,6	266,00	232,70	122,80
24,3	243,00	201,28	108
25,9	259,00	129,69	208,76
Σ	1000,00	753,51	667,57

Šaltinis: Sudaryta autorės



6 pav. Deformacinių pjūvių sprendimų naudingumas, kai įvertinamas teorinis kriterijų reikšmingumas

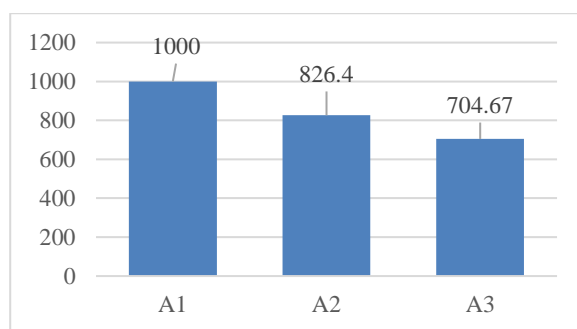
Šaltinis: Sudaryta autorės

Norint įvertinti nustatytą subjektyvų kriterijų reikšmingumą, sudaroma matrica Cxq . Duomenys pateikti 8 lentelėje.

8 lentelė

Deformacinių pjūvių naudingumas, kai įvertinamas subjektyvus kriterijų reikšmingumas

q, %	Matrica $Cxq_{(t)}$		
	A ₁	A ₂	A ₃
50,00	500,00	430,00	500
34,00	340,00	238,00	80,92
16,00	160,00	158,40	123,75
0,00	0,00	0,00	0
Σ	1000,00	826,40	704,67



7 pav. Deformacinių pjūvių naudingumas, kai įvertinamas subjektyvus kriterijų reikšmingumas
Šaltinis: Sudaryta autorės

Atlikus deformacinių pjūvių daugiakriterinį vertinimą, kai įvertinta kaina, trukmė žm. val., ilgaamžiškumas, darbininkų kategorija, skaičiavimai parodė kad racionaliausia įrengti bituminį deformacinį pjūvį.

Išvados

1. Atlikant deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje analizę buvo parinkti trys galimi variantai: Bituminis deformacinis pjūvis (A₁), „Šukų“ tipo deformacinis pjūvis (A₂), Metalinis 150 mm deformacinis pjūvis (A₃).

2. Atlikta deformacinių pjūvių daugiakriterinė analizė ir vertinimas, parodė kad pagal pasirinktus kriterijus (kaina, darbo laikas, ilgaamžiškumas, darbininkų kategorija), racionaliausia įrengti bituminį deformacinį pjūvį. Visais atvejais gautas deformacinių pjūvių tilto konstrukcijoje technologinis sprendinys yra įrengti bituminį deformacinį pjūvį.

Literatūra

1. Automobilių keliai. Kelių techninis reglamentas KTR 1.01:2008. Patvirtintas 2008 m. sausio 9 d. įsakymu Nr. D1-11/3-3.
2. Gedaminskas M., Bačinskas D. (2024). <https://www.delfi.lt/verslas/transportas/lietuvos-tiltu-bukle-nepavydetina-situacijai-istaisyti-planuojama-skirti-beveik-60-mln-euru-95689803>.
3. Lietuvos automobilių kelių direkcija. Valstybinės reikšmės kelių priežiūra ir plėtra 2019–2035 metais [žiūrėta 2024 10 13]. Prieiga per internetą <https://bit.ly/2wsnPHt>
4. Lietuvos Respublikos kelių įstatymas. Įstatymas paskelbtas: Žin. 1995, Nr. 44-1076, i. k. 0951010ISTA000I-891 Nauja redakcija nuo 2002-10-23:Nr. IX-1113, 2002-10-03, Žin. 2002, Nr. 101-4492 (2002-10-23), i. k. 1021010ISTA0IX. Kelių įstatymo Nr. I-891 17 straipsnio pakeitimo įstatymas. Patvirtintas 2020 m. lapkričio 10 d. Nr. XIII-3421.
5. Lietuvos Respublikos vyriausybė. Nutarimas Dėl valstybinės eismo saugumo programos „vizija – nulis“ patvirtinimo. 2020 m. Kovo 18 d. Nr. 256.
6. Lietuvos Respublikos vyriausybė. Nutarimas Dėl tiltų techninės priežiūros taisyklių ttpt 10 patvirtinimo 2010 m. gruodžio 7 d. Nr. V-402.
7. Lietuvos Respublikos vyriausybė. Nutarimas Dėl statybos techninio reglamento str 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“ patvirtinimo. 2016 m. liepos 4 d. Nr. D1-468.
8. Statybos techninis reglamentas STR 1.04.04:2017 „Statinio projektavimas, projekto ekspertizė“.
9. Statybos techninis reglamentas STR 1.12.06.2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“.
10. Statybos taisyklės ST 110788621.01:2006. Pecor ir Trenchcoat vamzdžių montavimo taisyklės.
11. Šileikaitė, I. (2017). Daugiakriteris inovacijų vertinimo modelis statyboje ir jo taikymas. (Magistro darbas). VGTU. 104 p. [žiūrėta 2024 10 18] Prieiga per internetą: <https://vb.vgtu.lt/object/elaba:22826293>.
12. Šadzevičius R., (2023). Dalį tiltų pigiau griauti ir statyti naujus nei remontuoti <https://sa.lt/doc-dr-r-sadzevicius-dali-tiltu-pigiau-griauti-ir-statyti-naujus-nei-remontuoti/>
13. Zavadskas E.,K., Kaklauskas A., Banaitienė N. (2001). Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė.- Vilnius Technika.

EXPANSION JOINTS IN BRIDGE STRUCTURES: EVALUATION OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS AND ALTERNATIVES

Summary

When planning the reconstruction of bridges, it is crucial to model traffic flows and assess potential risks associated with the project. Recently, increased focus has been placed on the strategic importance of maintaining the nation's bridges and viaducts. Following thorough evaluations, decisions are made regarding whether a bridge or specific structural

components require reconstruction. During the reconstruction process, it is essential to ensure smooth operations, minimize disruptions, and manage traffic efficiently and safely. Factors such as the corrosion of bridge elements and the appearance of vertical cracks under supports also play a significant role in the decision-making process. To address these challenges, an analysis was conducted on technological solutions and alternative approaches for expansion joints in bridge structures.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegijos, mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programos lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: socialinių mokslų tyrimai, apskaita ir finansai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 44575, regina.motiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Regina Motienė

Science degree and name: Master's degree

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lecturer of the Study Areas of Mechanical and Construction Engineering

Author's research interests: social sciences research, accounting and finance

Telephone and e-mail address: +370 699 44575, regina.motiene@lik.tech

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETER OF LARGE-SPAN STEEL TRUSSES

Jūratė Mockienė

Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution

Abstract

Civil engineering should be fundamentally based on the principles of sustainable development. Therefore, it is imperative to investigate methodologies for determining the optimal geometric parameters of truss systems. Various approaches may be employed to tackle this issue depending on the specific optimisation objectives involved. This study selected trusses designed for low-slope roofs with span lengths of 24, 30, 36, and 42 meters for analysis. The most critical characteristics of these trusses are their mass and dimensions. A relationship was established between the quantity of metal utilised and the height of the truss, as well as the correlation between truss deflection and height. An assessment was conducted to evaluate the mass of the truss per unit of covered area in relation to its span. The study examined variations in metal consumption based on different bar cross-sections and analysed how truss height impacts overall material usage.

KEY WORDS. Steel trusses, sustainable design, rational option.

Introduction

The pursuit of rational structural design in architecture has been a fundamental principle since the earliest days of construction. Historically, the definition of rationality and the methodologies employed to attain it have evolved significantly. Engineers and architects have developed trusses, beams, and various structural components to optimise diverse parameters, including minimising material consumption, production costs, labour intensity, and other quantitative objectives. Nevertheless, this emphasis on a narrow interpretation of rationality in structural design may result in a constrained and unidimensional approach, potentially overlooking broader considerations such as sustainability, aesthetic value, and functional adaptability. (Flager et al, 2014; Fiore et al, 2016; Kripka et al, 2018; Šilih et al, 2005)

In 2015, 193 countries adopted the United Nations Declaration on Environment and Development for the 21st Century (Agenda 21). This framework established the concept of sustainable development based on three key components: economic benefits, social development, and environmental protection. The anthropocentric approach is especially relevant for the construction sector, as civil engineering must also adhere to the principles of sustainable development. Sustainable construction encompasses several areas, including sustainable architecture, eco-friendly building engineering, and environmentally friendly building materials. As the field of civil engineering shifts toward sustainable development, it becomes essential to re-evaluate the concept of rationality in the design of various building structures, including trusses.

The prevalent practice of designing structural elements—such as trusses, beams, and frames—by minimising material consumption has resulted in considerable ambiguity within the theoretical and practical frameworks of limit state design. Furthermore, current assessment methodologies do not consider potential variations in structural performance over their life cycle and associated consequences. (Gil L. et al, 2001; Afshan S. et al, 2019; Pereyra V. et al, 2003)

Various contradictory objective functions have emerged to design optimal building structures, each with its own solutions. A common approach focuses on material costs, aiming to select structural elements that minimise expenses while meeting the requirements of Limit States I and II, alongside specific stress magnitudes in the elements. However, structures optimised for material costs often fall short in terms of life cycle and durability criteria. They may lack the necessary strength reserves to adapt to changes, such as variations in the intensity and nature of temporary effects due to shifting climatic cycles. (Haydar et al, 2018; Lax et al, 2024; Antoniou et al, 2014; Dimou et al, 2009)

Conflicting optimisation goals and the resulting objective functions suggest that pursuing rational solutions in construction design is increasingly moving towards multi-criteria design.

Any partial solution to the structural optimisation problem should not be considered a definitive resolution. It is essential to acknowledge that real-world structures frequently encounter a multitude of conflicting requirements simultaneously. Consequently, it can be postulated that the most rational design alternative may not achieve optimality in relation to any singular optimisation criterion, including structural performance, economic efficiency, or operational functionality.

Materials and methods

The primary geometric parameters of a truss, specifically its span and height, play a critical role in structural performance. Consequently, it is imperative to establish methodologies for optimising these parameters within the truss's geometric framework. This optimisation challenge can be approached in various

ways, contingent upon the specific objectives of the analysis. This study analysed trusses with span lengths of 24, 30, 36, and 42 meters (Fig. 1). These span lengths are typical for low-slope roofing applications. The height of the truss was defined as a range between 1/6 and 1/20 of the span length, along with intermediate values where necessary to address the functional requirements of the design comprehensively. For the structural evaluation, trusses featuring parallel chords and trapezoidal geometry were selected for analysis, employing a roof slope ratio of 1:12. The construction utilised steel of grade S275JR.

Using the STAAD computer calculation program, cross-sectional characteristics of the structural elements were selected. Profiles for each group of bars were chosen based on their ability to withstand the specified loads until their utilisation factor approached unity. This indicates that they operate close to their maximum strength without any significant safety margin.

Cross-section types include two-angle and box, chosen based on the range of construction steel products.

To design a reliable steel truss, it is essential to understand the conditions under which it will operate and how to ensure its service life. This includes evaluating the circumstances surrounding its manufacturing, storage, transportation, installation, and operation. Roof steel trusses are subjected to both permanent and temporary loads.

When calculating the structures, the following results were sought: that the deflection of the structures did not exceed the limit and that the structure weighed as little as possible.

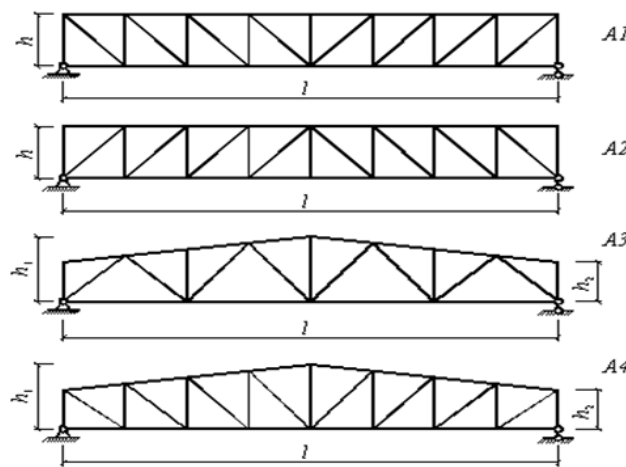


Fig. 1. Schemes of the examined truss (alternatives).

Source: Compiled by the author

When calculating the trusses, the bars were assumed to be precisely centred at the nodes and connected by hinges. Standardised sizes were set to optimise the number of bar cross-sections in the truss design: the 24 m trusses use six cross-sections, the 30 m trusses use seven, and the 36 m and 42 m trusses use eight cross-sections.

Following an analysis of the catalogues, the quantity of metal utilised in the fabrication of nodal sheets was assessed. For trusses with spans of 24, 30, 36, and 42 meters, the nodal sheets constitute an average of 18% of the total metallic mass of the truss structure. Additionally, the box profile bars are integrated through seam welding, contributing to 1% of the overall metal content of the truss.

The height of the truss was varied to evaluate the suitability of the criteria, and the results are shown in Table 1.

Table 1

Truss span, m	Schemes of the examined trusses and their heights (h) in centimetres.			
	A1	A2	A3	A4
24 m	120;150;180;200;215;230;250;270;290;320 340;350 cm etc.	120;150;180;200;215;230;250;270;290;320;340;350 cm etc.	180(80);200(100);230(130);250(150);280(180) cm etc.	180(80);200(100);230(130);250(150);280(180) cm etc.
30 m	150;180;200;220;250;270;280;290;300;310;330;350 cm etc.	150;180;200;220;250;270;280;290;300;310;330;350 cm etc.	200(75);250(125);270(145);300(175);330(205) cm etc.	200(75);250(125);270(145);300(175);330(205) cm etc.
36 m	180;200;240;280;300;320;360;380;390 cm etc.	180;200;240;280;300;320;360;380 cm etc.	240(90);280(130);300(150);320(170);360(210) cm etc.	240(90);280(130);300(150);320(170);360(210) cm etc.
42 m	210;230;250;280;300;350;380;	210;230;250;280;300;	280(105);300(125);	280(105);300(125);

Truss span, m	Schemes of the examined trusses and their heights (h) in centimetres.			
	A1	A2	A3	A4
	400 cm etc.	0350;380;400 cm etc.	350(175);380(205) cm etc.	350(175);380(205) cm etc.

Source: Compiled by the author

Results and discussions

The study conducted a comprehensive analysis of the relationship between metal quantity and truss height, as well as the correlation between truss deflection and height for each truss configuration. Furthermore, the research quantified the truss mass per unit area in relation to the span, assessed the variations in metal consumption across different bar cross-sectional shapes, and evaluated how the structure's height influenced these parameters.

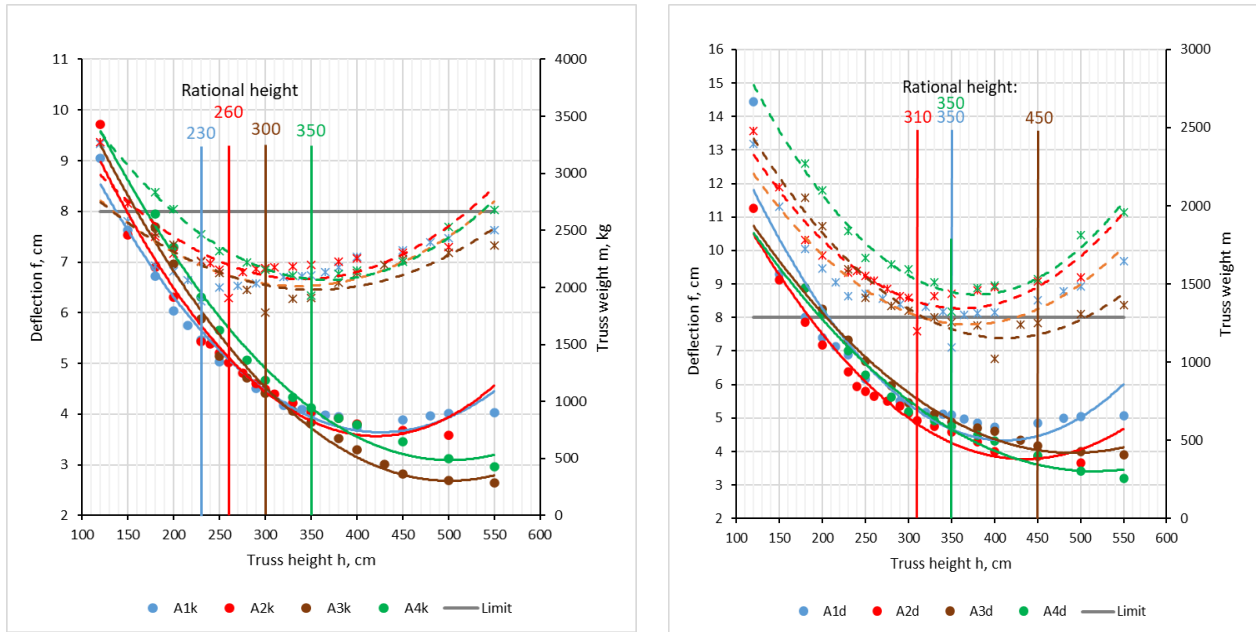


Fig. 2. Dependencies between the height and deflection of a 24 m truss, as well as between the height and mass of the truss, when the cross-section of the truss members is either angle (a) or box (b).

Source: Compiled by the author

For trusses with a span of 24 meters (A1), when the bars are made of two angles and have a height of 120 cm, the weight is 3262.7 kg, and the deflection is measured at 9.72 cm, which exceeds the allowable limit of 8 cm. When the truss bars are in a box profile, the deflection exceeds the limiting value at 120 cm and 150 cm heights. At a height of 180 cm, however, the deflection of the truss equals the allowable limit. Generally, as the height of the truss increases, the deflection decreases. When comparing the masses of the trusses with both profiles at optimal (rational) heights—where the mass is minimised—it is found that the mass of the angle bars is 34.71% greater than that of the box profiles (Fig. 2).

A similar trend is observed across different truss configurations and spans. It can be concluded that a reduction in truss height leads to an increase in truss mass. Conversely, as truss height increases, deflection decreases. Specifically, as the height of the truss rises, the deflection curve approaches zero asymptotically. Additionally, the deflection differential curve of the truss exhibits a discontinuity.

For 30 m trusses (A1), when constructed using angle bars and a height of 150 cm, the deflection of the truss is 10.96 cm, which exceeds the allowable limit of 10.0 cm. When the height is increased to 180 cm, the deflection approaches the limit. Generally, as the height of the truss increases, its deflection decreases. In cases where the cross-section is a box profile, the deflection of the truss at heights of 150 cm and 180 cm still exceeds the limit. At 200 cm and 220 cm heights, the deflections are 11.05 cm and 10.63 cm, respectively, which are still greater than the permissible limit of 10.0 cm. Additionally, at the optimised height, the masses of the trusses made from the different cross-sections vary by 29.23%. The mass of the truss constructed from angle bars is approximately 1.3 times greater than that of the truss with a box profile (Fig. 3).

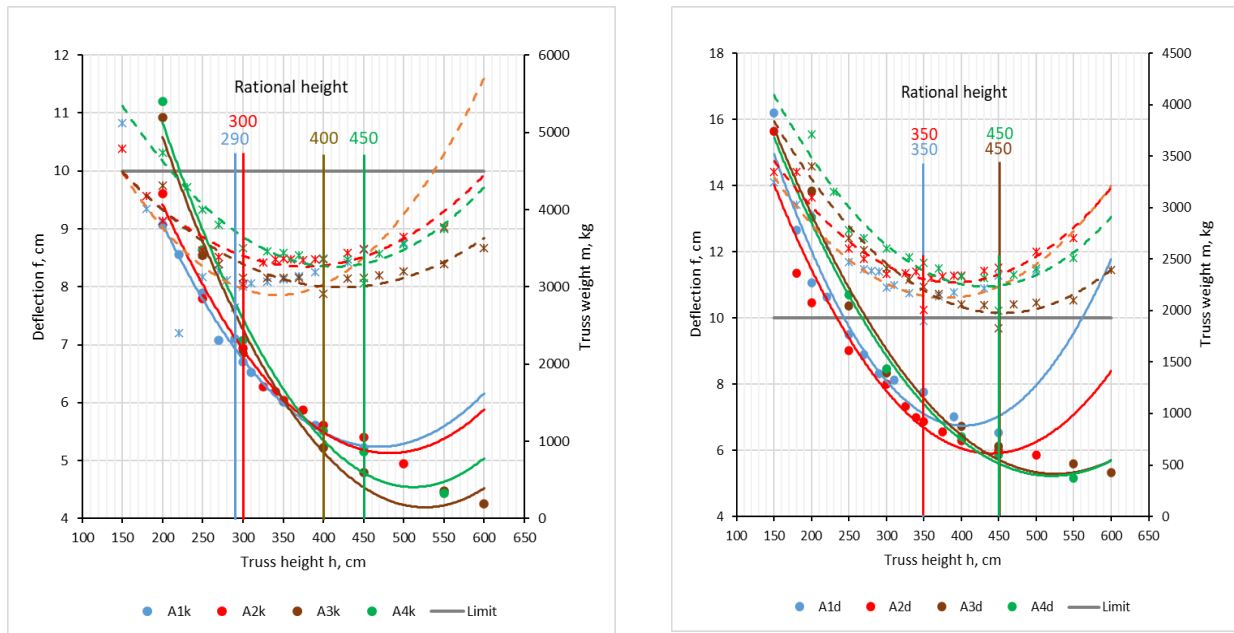


Fig. 3. Dependencies between the height and deflection of a 30 m truss, as well as between the height and mass of the truss, when the cross-section of the truss members is either angle (a) or box (b).

Source: Compiled by the author

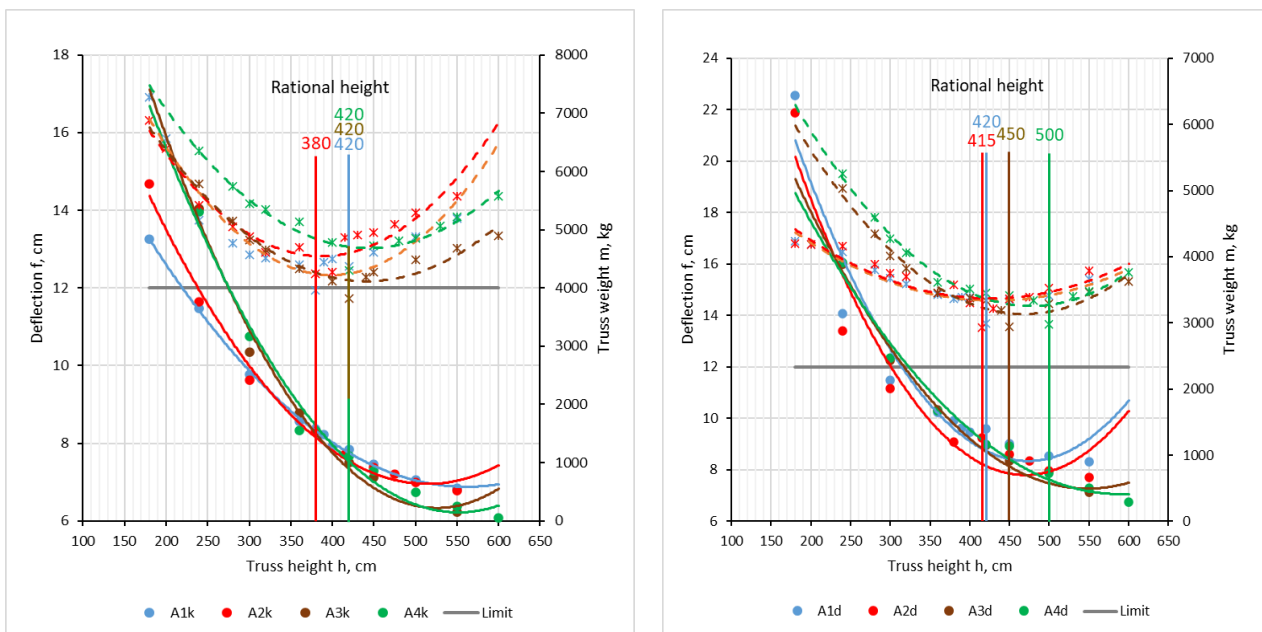


Fig. 4. Dependencies between the height and deflection of a 36 m truss, as well as between the height and mass of the truss, when the cross-section of the truss members is either angle (a) or box (b).

Source: Compiled by the author

For a 36-meter truss (A2), constructed with bars formed from two types of angle profiles and a box section, the observed deflection exceeds the allowable limit of 12.0 cm when the truss height is 180 cm. However, at a height of 240 cm with bars constructed solely from angle profiles, the deflection measures 11.64 cm, which is within the allowable limits. Conversely, a truss of the same height utilising only box section bars exhibits a deflection of 13.41 cm, thus exceeding the allowable deflection limit. In the case of another 36-meter truss (A4), comprising both box and angle section bars, the deflections observed at a height of 240(90) cm are 14.04 cm and 16.07 cm, both of which surpass the allowable limit. When the height is further increased to 300(150) cm, the truss utilising a box section shows a deflection that again exceeds the limit. In contrast, the truss of the same height constructed with angle profile bars exhibits a deflection of 10.75 cm, which remains below the specified limiting deflection (Fig. 4).

The 42 m truss (A2) deflection, which has an angle and box-shaped bars at 210 cm and 280 cm, exceeds the allowable deflection limit of 14.0 cm. Similarly, the deflection of the 42 m truss (A3), featuring box-shaped

and angle-shaped bars at heights of 280(105) cm and 300(125) cm, also surpasses the limiting deflection in both scenarios. For truss (A4), which uses box-shaped bars at heights of 280(105) cm and 300(125) cm, the deflection once again exceeds the limiting value. However, when the truss height is increased to 400(225) cm, the deflection measures 12.64 cm (10.41 cm), which is below the allowable limit (Fig. 5).

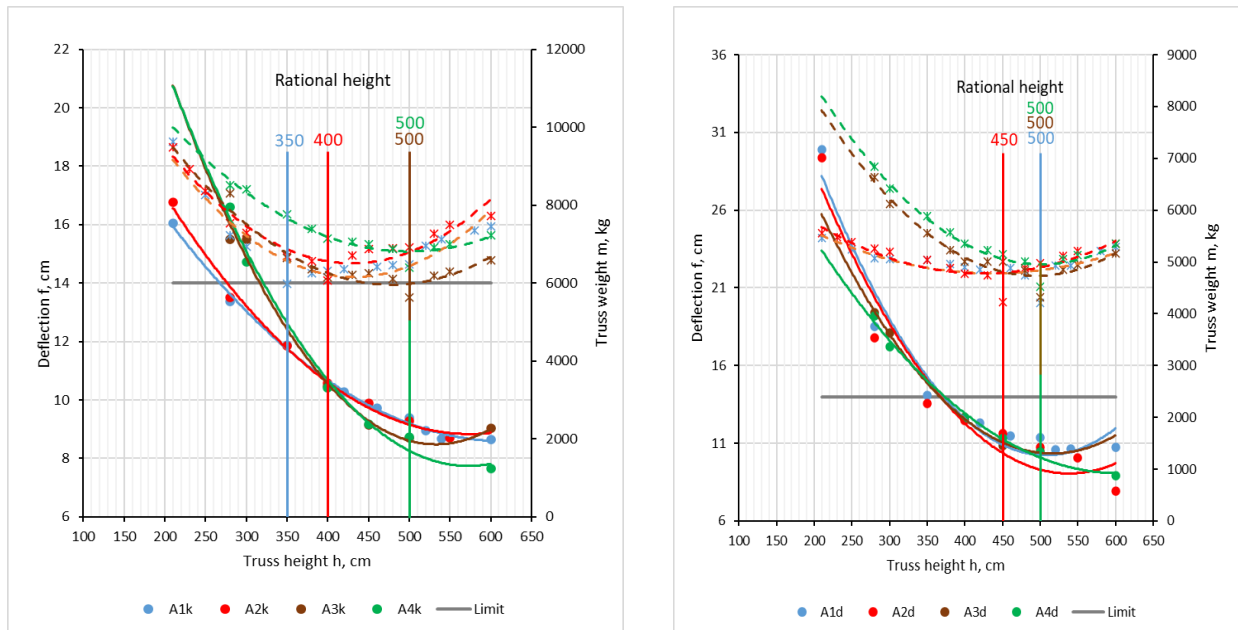


Fig. 5. Dependencies between the height and deflection of a 42 m truss, as well as between the height and mass of the truss, when the cross-section of the truss members is either angle (a) or box (b).

Source: Compiled by the author

Studies indicate that the minimum mass per unit of covered area increases consistently as the truss span increases. When the cross-section of the truss bars is a box profile, the minimum mass per unit of covered area is nearly 1.5 times lower compared to a truss of the same type and span that uses angle bars.

In Figure 6, it can be observed that the rational heights of 24 m and 30 m trusses, when using angle cross-sections for the bars, vary depending on the structural scheme variants. The smallest rational height is found in truss design A1, which features parallel strips and a symmetrical spring grid with a height of 230 cm. In contrast, the largest rational height is seen in the trapezoidal truss design A4, which has a spring made up of inclined and vertical bars of constant direction, reaching a height of 350 cm. When the bars of the truss are designed with a box profile, the rational heights for structural schemes A1 and A4 are identical, both measuring 350 cm. However, the mass of the truss is less for variant A1, weighing 1093.5 kg. For this type of bar cross-section, the minimum rational height for a 24 m truss is 310 cm, specifically for trusses with parallel strips in structural scheme A2.

The rational height of a 30 m truss for structural scheme A1 is 290 cm, weighing 2733.8 kg. For structural scheme A4, the maximum rational height is 450 cm, weighing 3047.5 kg. When the cross-section of the truss rods is designed in a box profile, both structural schemes A1 and A2 have a rational height of 350 cm. However, the mass of the truss is lower for scheme A1, which is 1897.4 kg. Additionally, the rational height of 450 cm is consistent for structural schemes A3 and A4, but again, the mass is lower for truss scheme A3, which weighs 1826.7 kg.

For a 36-meter truss constructed from angle bars, the rational height is 420 cm for construction schemes A3 and A4. At this height, the minimum mass is 3814.2 kg for truss variant A3. In contrast, for structural schemes A1 and A2, the rational height of the truss is 380 cm. The mass is lower for variant A1, measuring 3963.3 kg. When the 36-meter truss bars use a box profile, the minimum rational height is 415 cm for scheme A2. For scheme A1, the rational height is 420 cm, which is slightly different from that of scheme A2. The maximum rational height is 500 cm when the truss variant is A4.

For 42 m trusses with bars made of angle sections, the minimum rational height is 350 cm, corresponding to a mass of 5987 kg when using the structural scheme A1. The rational height for truss variants A3 and A4 is 500 cm, with a lower mass of 5628 kilograms of variant A3. When the cross-section of the bars is designed as a box profile for the 42 m truss, the minimum rational height increases to 450 cm for structural scheme A2. However, for schemes A1, A3, and A4, the rational height remains at 500 cm. The minimum mass for truss variant A1 is 4212.2 kg.

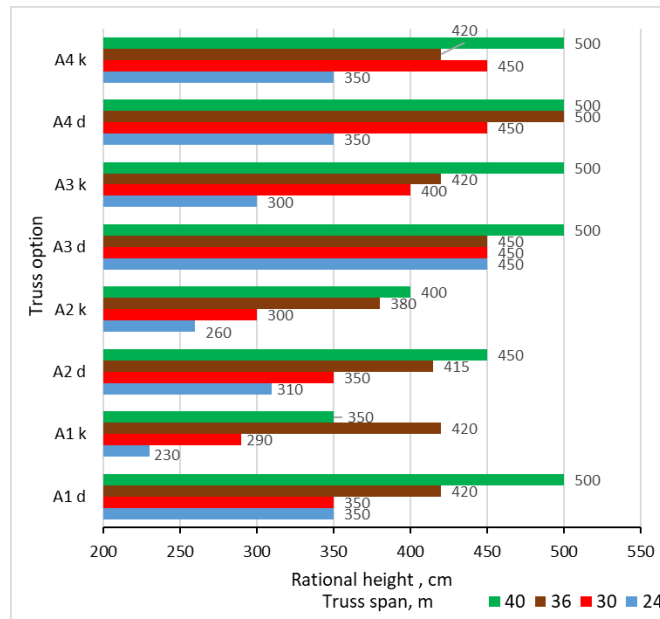


Fig. 6. Rational truss height in terms of minimum metal consumption for various cases of spans, truss geometry and bar cross-section when truss structural schemes A1, A2, A3, A4

Source: Compiled by the author

Conclusions

After examining various structural designs of trusses with the same span, it can be confirmed that a truss made from box profiles is approximately 40% lighter than an equivalent truss made from angle sections. However, the deflection of the box profile truss is greater. The graph illustrating the relationship between the mass of the truss and its deflection forms a broken curve. This graph indicates that, for a given span, the ratio of the truss mass to deflection depends on its structural design. As the mass of the truss decreases and the deflection increases, the ratio becomes smaller.

The extrema of the functions being analysed are often significantly displaced from one another. As a result, traditional methods, such as linear programming, do not always effectively identify the optimal values for all the parameters that define the rationality of trusses. To address this issue effectively, a multicriteria evaluation method, widely used in economics, management, and related technical fields, is the most suitable approach.

References

1. Flager F., Soremekun G., Adya A., Shea K., Haymaker J., Fischer M. Fully Constrained Design: A general and scalable method for discrete member sizing optimization of steel truss structures. *Computers & Structures*, 2014, 140: 55-65.
2. Fiore A., Marano G.C., Greco R., Mastromarino E. Structural optimization of hollow-section steel trusses by differential evolution algorithm. *International Journal of Steel Structures*, 2016, 16: 411-423.
3. Kripka M., Drehmer G.A. Geometric optimization of steel trusses with parallel chords. *Journal of Construction Engineering, Management & Innovation*, 2018, 1(3): 129-138.
4. Haydar H., Far H., Saleh A. Portal steel trusses vs. portal steel frames for long-span industrial buildings. *Steel Construction*, 11(3): 205-217.
5. Šilih S., Premrov M., Kravanja S. Optimum design of plane timber trusses considering joint flexibility. *Engineering Structures*, 2005, 27(1): 145-154.
6. Afshan S., Theofanous M., Wang J., Gkantou M., Gardner L. Testing, numerical simulation and design of prestressed high strength steel arched trusses. *Engineering Structures*, 2019, 183: 510-522.
7. Gil L., Andreu A. Shape and cross-section optimisation of a truss structure. *Computers & Structures*, 2001, 79(7): 681-689.
8. Dimou C.K., Koumousis V.K. Reliability-Based Optimal Design of Truss Structures Using Particle Swarm Optimization. *Journal of Computing in Civil Engineering*, 2009, 23(2).
9. Lax A., Milewski S. Advancing Computational Approaches for Geometry Optimization of Steel Structures. *Engineering Transactions*, 2024, 72(2): 159-202.
10. Pereyra V., Lawver D., Isenberg J. An algorithm for optimal design of steel frame structures. *Applied Numerical Mathematics*, 2003, 47(3-4): 503-514.
11. Antoniou N., Nikolaidis Th., Baniotopoulos C.C. Designing long-span steel girders by applying displacement control concepts. *Engineering Structures*, 2014, 59: 21-27.

DIDŽIAANGIŲ PLIENINIŲ SANTVARŲ OPTIMALIŲ PARAMETRŲ NUSTATYMAS

Santrauka

Statybų inžinerija turi remtis darnaus vystymosi principais. Todėl yra prasminga ieškoti būdų santvarų geometrinės schemos optimaliems parametrams nustatyti. Šią problemą galime spręsti įvairiais būdais priklausomai nuo optimizavimo uždavinių. Nagrinėjimui buvo pasirinktos santvaros mažo nuolydžio stogams, kurių tarpatramio ilgis yra 24, 30, 36, 42 m. Svarbiausios santvaros charakteristikos – masė ir matmenys. Buvo nustatyta metalo kiekio priklausomybė nuo aukščio ir santvaros įlinkio priklausomybė nuo aukščio. Taip pat buvo nustatyta santvaros masė perdengiamo ploto vienetai pagal tarpatramį, metalo sąnaudų skirtumas, esant skirtingos formos strypų skerspjuviams ir konstrukcijos aukščiui ir kt.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypčių programos, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: stiprumas, korozija, pleišėjimas, irimas, efektyvios konstrukcijos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 27397, jurate.mockiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė Mockienė

Science degree and name: Master's degree, Lecturer

Workplace and position: Lietuvos inžinerijos kolegija Higher Education Institution, Lecturer of Programs for Study Areas of Mechanical and Construction Engineering

Author's research interests: strength, corrosion, cracking, destruction, metal, effective design.

Telephone and e-mail address: +370 682 27397, jurate.mockiene@lik.tech

CASE STUDY: DESIGN CONSTRAINTS FOR A NOZZLE

Štyps Esmeralda

Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Summary

As future aerospace engineers, the thermodynamic study of different elements in the space industry is essential to understand the whole design process for these innovations. The main focus is to give a basic perspective in the study of different propulsion fundamentals, that emerges directly from the thermodynamic scope of the subject, that is the father to propulsion elements.

Then, synthesize and summarize the information correctly for the application, the correct usage of formulas and concepts will be used. The application intends to give the task to calculate different design parameters essential to describe the nature of the rocket, such as thrust, mass flow rate, exhaust velocity, etc. Finally, this research will follow through some conclusions to show the correct interpretation of the data computed with the support of the previous research and teamwork.

KEY WORDS. Nozzle, rocket thrust chamber, rocket heat transfer.

Introduction

A nozzle is a simple device, just a specific shaped tube where hot gas flows through. Having different expansion area ratio sections, two-step nozzles can outperform conventional nozzles. In rocket nozzles, the laminarization is a phenomena blameworthy for the most part of the small pressure engines. After inspection is done, it is found a problem related to a power cycle in thermodynamics. The way to approach the problem which was rarely studied we dissected it in different parts to relate them to theory studied before and new references.

The principal goal of our research was to understand how a rocket engine is designed and worked. A concise description of the functioning of the various components that constitute a rocket engine was founded, along with some of the key characteristics and theorems for its operation.

Research object: constraints for a nozzle.

Research aim: establish the basics design constraints for a nozzle.

This research centres its efforts in two main points:

- 1) theoretically base chemical rockets, the main parameters that describe the rocket performance,
- 2) analyse nozzles, an element inside rocket that is crucial for said parameters,
- 3) describe where this ground-level knowledge can be applied to obtain the required data.

Research methods: analysis of technical documents, analysis of analogues.

Chemical rocket thrust chambers

The Chemical Rocket Thrust Chambers is a key component of a rocket's propulsion system. It is the part of the system where the propellant is injected, mixed and burned, and subsequently ejected at extremely high velocities in order to generate thrust (Sutton & Biblarz, 2016b, p. 295).

Each Rocket Thrust Chamber contains at least an injector, a combustion chamber, an exhaust nozzle and a cooling system, although it often also includes an igniter (Sackheim, 2003). More complex Thrust Chambers also include some other parts, such as vector control devices or propellant valves (Sutton & Biblarz, 2016b, p. 295).

In order to prevent these complex systems from melting, various designs exist that enable temperature reduction. Depending on the scenario in which these Chemical Rocket Thrust Chambers are to be utilized, a specific method will be employed.

One of these systems is Regenerative Cooling. This approach was first proposed by Tsiolkovski and Carl Wilhelm Siemens towards the early 20th century (Luo et al., 2021) (*US8080A - Improved Process for the Artificial Production of Ice - Google Patents*, n.d.). It comprises a series of ducts in the rocket engine walls through which the fuel is forced. This method is effective since the fuel is often in a cryogenic state, due to convection of the fuel and conduction of the inner wall of the combustion chamber. Once this process has been completed, the fuel is usually injected directly into the combustion chamber.

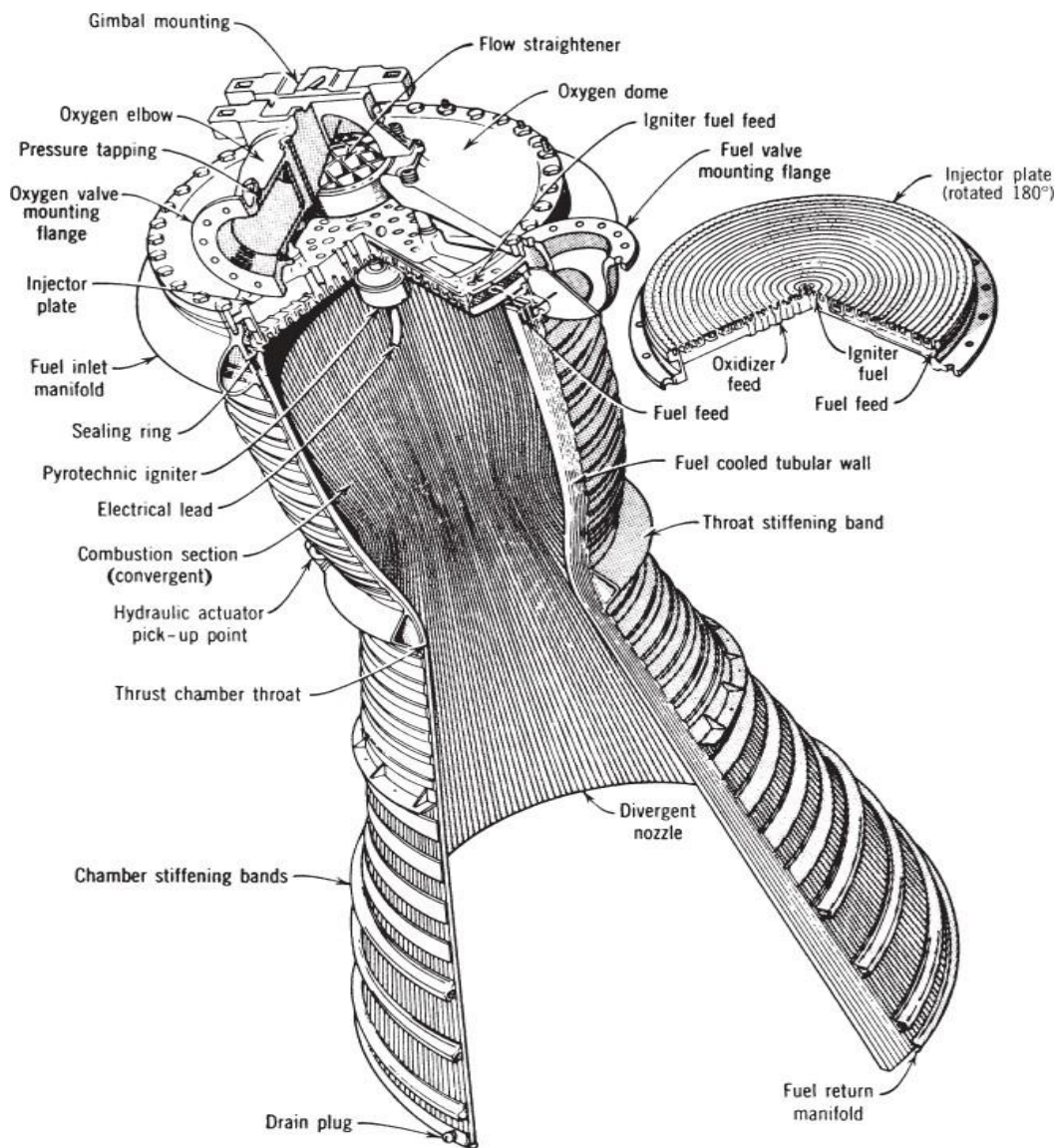


Fig. 1 Chemical Rocket Thrust Chambers. Resource: [5]

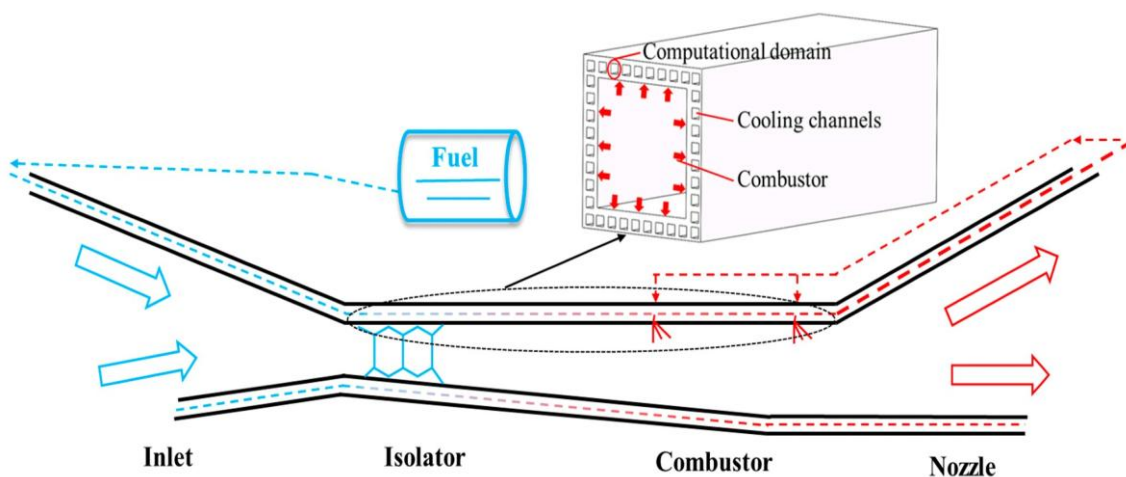


Fig. 2. Regenerative Cooling representation in a Scramjet. Resource: [1]

Radiative cooling is another cooling technique. This is normally used in the vacuum of space and consists of the radiation of the heat generated by the spacecraft's engine into space. This cooling method plays a key role in space, since with no air particles through which to conduct heat, radiation heat dissipation assumes a very important role. (Wessels, 2023)

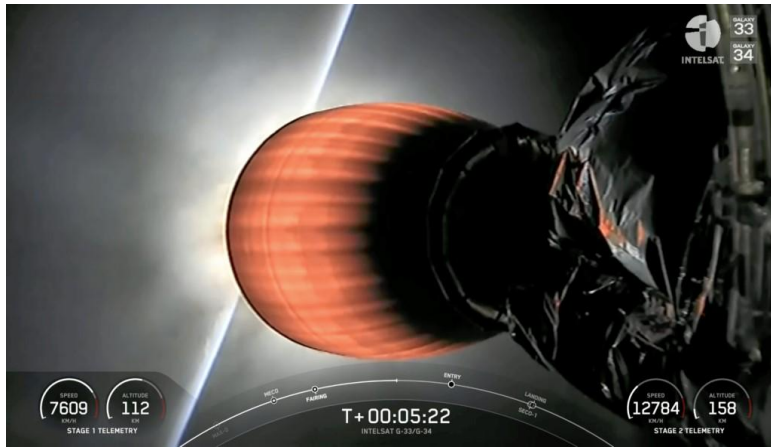


Fig. 3. Red-Hot SpaceX's Merlin Vacuum Engine. Resource: [2]

A further cooling method widely used in Chemical Rocket Thrust Chambers is Ablative Cooling. This method involves a sacrificial material (ablative liner) which is gradually eroded and decomposed, creating a buffer gas layer (Geeks, 2023) (*Heat Transfer and Cooling*, MIT OpenCourseWare). This is a region of gas that is used to insulate certain surfaces, thereby preventing them from thermal decomposition.

This approach is very simple, reliable and easy to manufacture, resulting in a relatively inexpensive method of thermal protection for a rocket engine (Richter & National Aeronautics and Space Administration [NASA], 1995). However, it also leads to some erosion on the surface layer of the engine.

Therefore, it is not as effective on reusable engines, as it can compromise mission performance (Geeks, 2023).

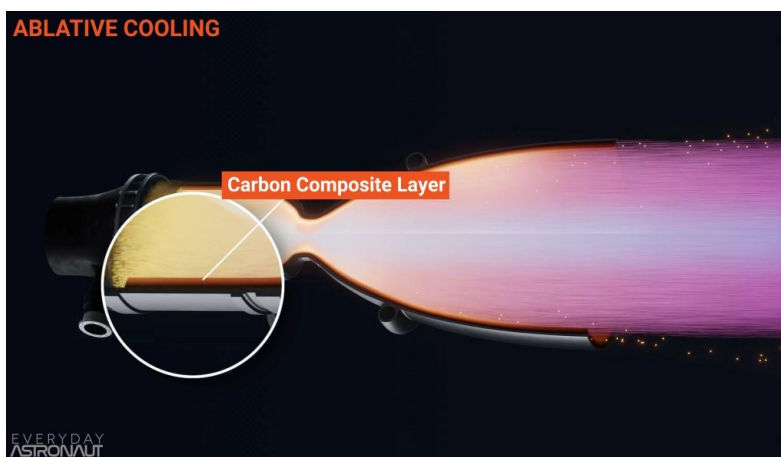


Fig. 4. Carbon Composite Layer used as Ablative Liner. Resource: [6]

Materials used in Chemical Rocket Thrust Chambers. The materials from which these complex machines are manufactured constitute an additional determining factor for the correct operation of them. The material choice depends on other parameters, such as the maximum permissible wall temperatures or the composition of the hot gasses with which the components are in contact (Sutton & Biblarz, 2016b, p. 304). Another determining factor is the type(s) of the cooling system used.

Copper and some of its various alloys are widely applied due to their excellent thermal conductivity and corrosion resistance. This is a key consideration as a material lacking this feature could be severely weakened by chemicals ejected during combustion (Sutton & Biblarz, 2016b, p. 304). Owing to this outstanding conductivity, it is mainly used in combination with regenerative cooling systems, as it helps to maintain a steady-state heat transfer.

Carbon material represents another family of materials that is extensively used, specifically, as an ablative liner. This is due to its low density, which allows its volume to be greater than that of steel, enhancing its ability as an ablative material. At the same time, its low density allows the possibility of reducing weight by up to 90% without sacrificing other ablative properties of interest (Portocarrero Hermann et al., 2019).

Nozzles

A nozzle is a simple device, just a specific shaped tube where hot gas flows through. The nozzle designs determine the exit velocity (given temperature and pressure) and the mass flow rate through the propulsion system. Nowadays, there are several nozzle configurations available, size and shape may vary between them in order to satisfy their purpose (*Heat transfer, n.d.*).

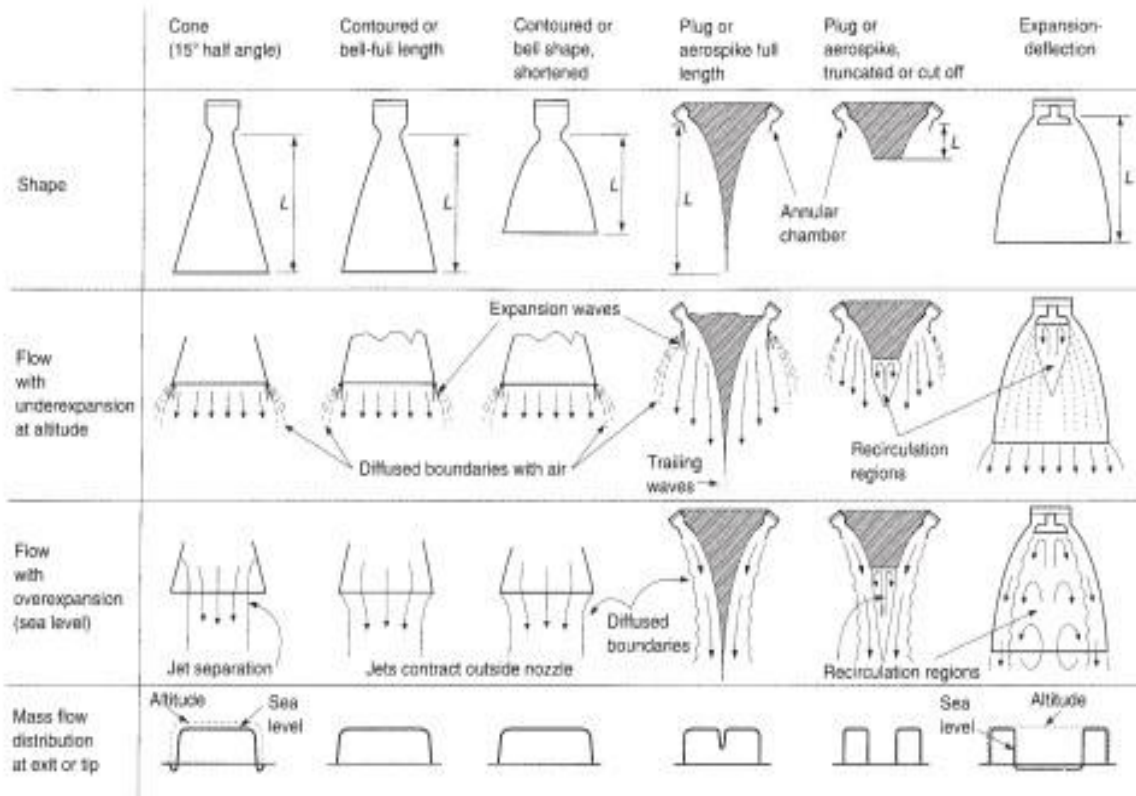


Fig. 5. Cone and Bell-shaped nozzle. Resource: [5]

Simplest and oldest configuration, commonly used on jet turbines. They have high angle expansion extension (between 20 to 50); small divergence angles will produce high impulses but they result in long size carrying penalties while larger angles give shorter and lightweight design but produce a terrible performance. For any conical nozzle a theoretical correction factor must be applied: $\lambda = \frac{1}{2} (1 + \cos \alpha)$; $\lambda = 1/2 (1 + \cos \alpha)$

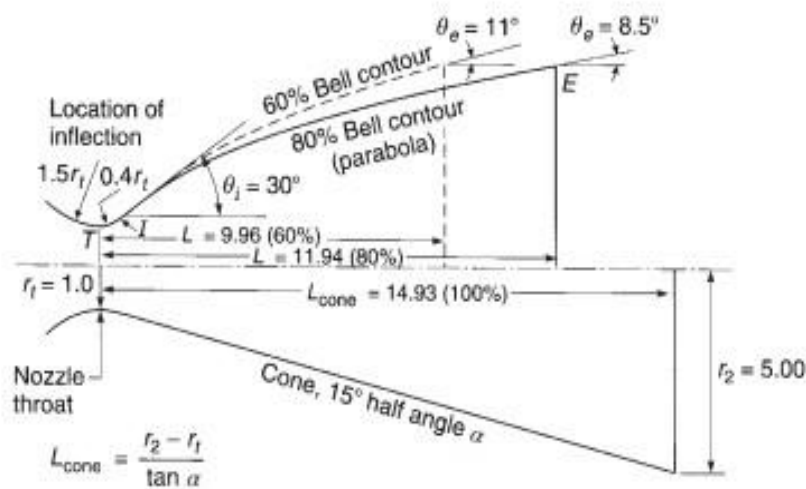


Fig. 6. Theoretical correction factor. Resource: [3]

In these sketches we can see the differences of a conical 15 nozzle and a 60% and 80% length bell nozzle.

Taking the cone as reference, we can confirm that bell nozzles (80% length) are more efficient than a

longer 15 conical nozzles but for shorter nozzles (below 70%) the energy losses become substantial.

Two-Step Nozzles. Because of having different expansion area ratio sections, these types can outperform conventional nozzles. Commonly used on top stages of multistage vehicles. They need a power supply and mechanisms for the extension to get into position.

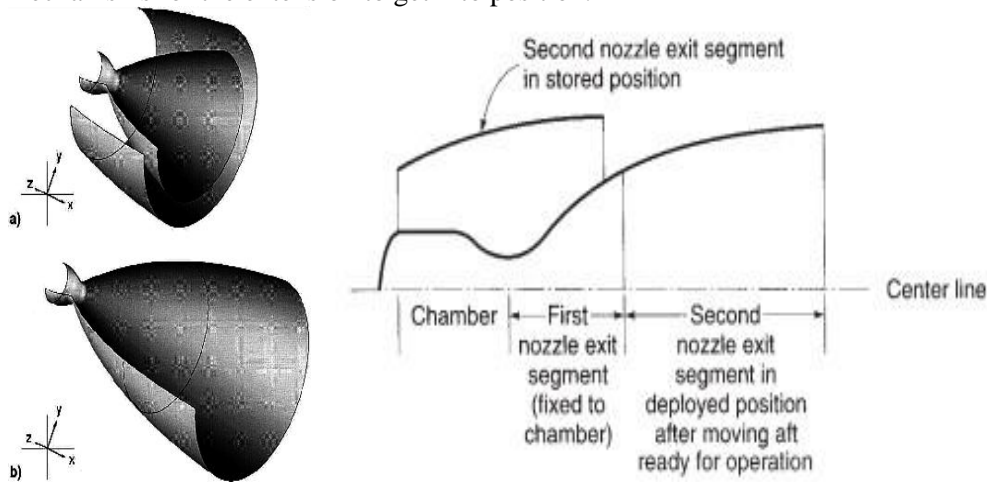


Fig. 7. Two step nozzles. Resource: [7]

For example turbojets prefer CD nozzles of variable shape that are much heavier but allow the motor to operate efficiently over a wider range of airflow.

Nozzle Performance

Exit area $\frac{A}{A'} = \frac{1}{M_{exhaust}} * \left[\frac{2}{k+1} * \left(1 + \frac{k-1}{2} * (M_{exhaust})^2 \right) \right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}} \tag{1}$

Throat area $A' = \frac{\dot{m} * \sqrt{T}}{P_1 \sqrt{\frac{k}{R} * \left(\frac{k+1}{2} \right)^{-\frac{k+1}{2(k-1)}}}} \tag{2}$

Thrust Equation $T = \dot{m}_e v_e - \dot{m}_0 v_0 + (p_e - p_0) * A_e \tag{3}$



Fig. 8. Thrust Equation. Resource: [3]

Thrust is a force generated as a reaction of the acceleration of a working fluid

Rocket heat transfer. Heat transfer is the exchange of thermal energy (heat) between materials in any of the states (solid/liquid/gas) as a consequence of a temperature difference. Basically it is the movement of heat from one substance or material to another.

During thermodynamic processes there is tendency to reach thermodynamic equilibrium, heat is always transferred from the hotter object to the cooler, when equilibrium is achieved, heat transfer (ΔQ) is equal to zero.

This is the mathematical expression that calculates heat transfer (Q):



$$\Delta Q = c \cdot \Delta T$$

$Q = \text{heat} / \Delta T = \text{difference of temperature} / c = \text{heat capacity}$

Heat capacity is a constant that can be defined as the ratio of heat absorbed by a material to the

temperature change, in other words, heat capacity is the energy required for an object to change the temperature.

For the rocket engines we can divide in two parts the heat transfer:

- The Heat Transfer to the Nozzle
- The Heat Transfer in the Combustion Chamber Heat Transfer to the Nozzle:

In the throat (space where convergent switches to convergent) of the nozzle we have the maximum heat transfer rate.

On the convergent side we have that the flow is at a subsonic velocity, but once the throat is surpassed by the flow, this one is supersonic. Acceleration imposed to the gas is extremely high, it can cause the deterioration of the boundary layer shape. It is necessary for an adequate theory for heat transfer.

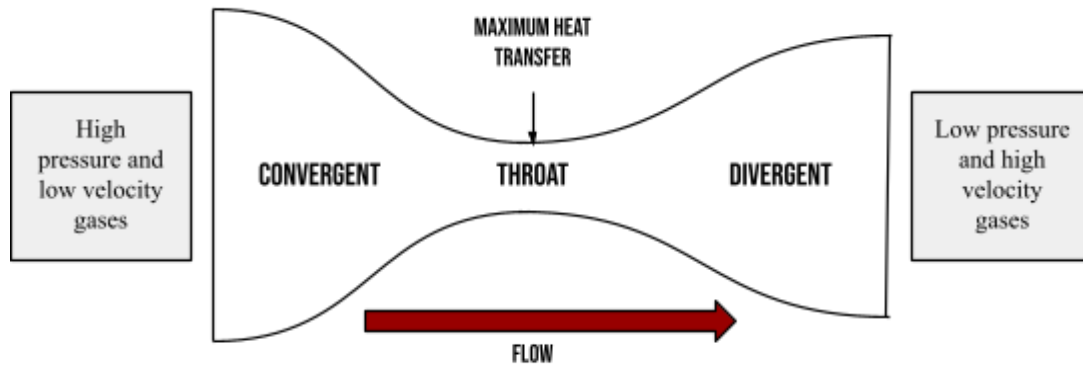


Fig. 9. Nozzle diagram. Resource: [4]

Basically, in rocket nozzles, the laminarization is a phenomena blameworthy for the most part of the small pressure engines, even so, there is no reason to think that laminarization theory can be applied to all rocket engines. Most of the heat transfer measures from nozzles use air as the working fluid, therefore, these results do not take into account combustion problems, gas radiation, etc.

Heat Transfer to the Combustion Chamber:

The combustion chamber in a rocket engine is complicated because of the fact that normally the main fluid on this part of the engine is a mixture of gasses. The maximum heat transfer rate will occur late on the combustion processes. These combustion processes are affected by a lot of factors like: patterns of injection, propellant and mixing processes.

Liquid - propellant rocket performance data

Liquid propellants Rockets are defined for its main difference between solid fuel rockets, where the propellants have a similar density to water. These rockets also use fuel and oxidizer that have to be injected in a combustion chamber to be burned and generate the thrust designed.

Basic parameters

To define the performance of a LRE (liquid rocket engines) the most important parameter to note is the specific impulse. These data can help to understand more accurately the performance of a LRE. The main characteristics can be classified inside engine thrust (P), total thrust impulse (Ie), specific impulse, specific mass. These equations are described above as the performance characteristics are equally studied where only the differences are necessary to describe LRE.

Specific is much higher in LRE than MRE

The use of separate chambers for oxidizer and fuel allows the control over the mixture (throttling). This separation allows less tank volume and a lower pressure tank, consequently the rocket will present a lower mass ratio.

Design of a rocket to produce 6 MN of thrust at sea level

The way to approach the problem will be dissecting the problem in different parts to relate them to theory studied before and new references. After this inspection is done, it is found a problem related to a power cycle in thermodynamics, where it will be followed the methodology:

- Establish the initial statement with given data.
- Relate it to the corresponding theory
- Simplify our problem under assumptions to proceed with the correct formulas and resolutions
- State the adequate formulas and solve for the searched data

Problem statement. Design a rocket to produce 6 MN of thrust at sea level. The pressure in the combustion chamber is 6.5 MPa and the temperature is 3000 K. If the working fluid is assumed to be a perfect gas with the properties of air at room temperature, determine the following: 1. Specific impulse; 2. Mass flow rate; 3. Throat diameter. 4. Exit diameter.

For the same nozzle find:

1. Thrust at 30-kM altitude
2. Thrust at sea level if chamber pressure were increased to 21 MPa;
3. Thrust with hydrogen at the same inlet stagnation conditions
4. Thrust with stagnation temperature increased to 3500 K.

Initial conditions:

Thrust:	6 MN
Pressure:	6.5 MPa
Temperature:	3000 K
$P_2 = P_3 =$	0.101325 MPa
R =	287 J/(kg*K)

Research for an ideal rocket: 1) Working fluid is homogeneous in composition; 2) Gasses; 3) Ideal gas law; 4) Adiabatic; 5) Wall friction, there is no boundary layer effect; 6) No shock waves; 7) Velocity is parallel to the nozzle axis

Assumptions: Ideal gas performance; Isentropic; Adiabatic; $k = 1.4$ based on air; Chamber pressure and temperature are assumed as stagnation points; Ideal gas.

For exit velocity, we have the relation based upon optimal combustion were exit velocity

$$v_e = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right) \cdot R \cdot T \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \quad (1)$$

1. Specific impulse

$$v = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right) \cdot R \cdot T \cdot \left[1 - \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}\right]} \rightarrow I_{sp} = \frac{v}{g} \rightarrow I_{sp} = 249.69 \text{ s} \quad (2)$$

2. Mass flow rate. Now, considering Thrust = 6 MN = 6000000 N, we can calculate mass flow rate by using the following:

$$F = \dot{m}_e v_e - \dot{m}_0 v_0 + (p_e - p_0) \cdot A_e \rightarrow$$

$$\text{As } P_e = P_0 \text{ and } v_0 = 0 \frac{m}{s} : \rightarrow \dot{m} = \frac{F}{v} \rightarrow \dot{m} = 2449.489 \frac{Kg}{s} \quad (3)$$

3. Throat diameter. Now, let's calculate the area of the throat, with which, we calculate the diameter of the throat

$$\dot{m} = \frac{A^* P_1}{\sqrt{T}} \cdot \sqrt{\frac{k}{R}} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{-\frac{k+1}{2(k-1)}} \rightarrow A^* = \frac{\dot{m} \sqrt{T}}{P_1 \sqrt{\frac{k}{R}} \cdot \left(\frac{k+1}{2}\right)^{-\frac{k+1}{2(k-1)}}}$$

$$\rightarrow r = \sqrt{\frac{A^*}{\pi}} \rightarrow d = 2 * r \rightarrow d' = 0.806 \text{ m} \quad (4)$$

4. Exit diameter. In order to calculate the exit area of the nozzle, we should first get the Mach value. To do that, we are going to calculate the exhaust temperature.

$$\frac{T_{exhaust}}{T} = \left(\frac{P_{exhaust}}{P}\right)^{\frac{k-1}{k}} \rightarrow M_{exhaust} = \frac{v}{\sqrt{k \cdot R \cdot T_{exhaust}}}$$

$$\rightarrow \frac{A}{A^*} = \frac{1}{M_{exhaust}} \cdot \left[\frac{2}{k+1} \cdot \left(1 + \frac{k-1}{2} \cdot (M_{exhaust})^2\right)\right]^{\frac{k+1}{2(k-1)}}$$

$$d = 2.691 \text{ m} \leftarrow d = 2 * r \leftarrow r = \sqrt{\frac{A}{\pi}} \quad (5)$$

5. Thrust at 30-kM altitude

In order to obtain the Thrust at 30 km altitude, we first have to obtain the pressure at that altitude. Therefore, we turn to the Geometric Altitude terrestrial table.

Geometric Altitude terrestrial table $\rightarrow P_{30km} = 1185.5 Pa$

$$\rightarrow T_{30km} = \dot{m} * v + (P_e - P_{30km}) * A \rightarrow T_{30km} = 6.569 * 10^6 N = 6.569 MN$$

6. Thrust at sea level if chamber pressure were increased to 21 MPa

$$\dot{m} = \frac{A^* P_1}{\sqrt{T}} * \sqrt{\frac{k}{\frac{R}{Mm}}} * \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\left(-\frac{k+1}{2(k-1)}\right)} \rightarrow v = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right) * R * T * \left[1 - \frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{k-1}{k}}}$$

$$\rightarrow T = \dot{m} * v + (P_e - P_2) * A = \dot{m} * v \rightarrow T = 17.18 * 10^6 N = 17.18 MN \quad (6)$$

7. Thrust with hydrogen at the same inlet stagnation conditions

For computing the Thrust with hydrogen at the same inlet stagnation conditions, we must first recalculate the exit velocity all over again, as the molar mass changes, and we would multiply it by 2 as it is diatomic. Afterwards, we have to calculate the mass flow rate and, finally, the Thrust.

$$v = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right) * \frac{R}{2 * Mm} * T * \left[1 - \frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{k-1}{k}}} \rightarrow \dot{m} = \frac{A^* P_1}{\sqrt{T}} * \sqrt{\frac{k}{\frac{R}{2 * Mm}}} * \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\left(-\frac{k+1}{2(k-1)}\right)}$$

$$\rightarrow T = \dot{m} * v + (P_e - P_2) * A = \dot{m} * v \rightarrow T = 5.99 * 10^6 N = 5.99 MN \quad (7)$$

8. Thrust with stagnation temperature increased to 3500 K

Now, we are going to calculate the Thrust when Temperature raises to 3500K:

$$v = \sqrt{\left(\frac{2k}{k-1}\right) * R * T * \left[1 - \frac{P_2}{P_1}\right]^{\frac{k-1}{k}}} \rightarrow \dot{m} = \frac{A^* P_1}{\sqrt{T}} * \sqrt{\frac{k}{\frac{R}{Mm}}} * \left(\frac{k+1}{2}\right)^{\left(-\frac{k+1}{2(k-1)}\right)}$$

$$\rightarrow T = \dot{m} * v + (P_e - P_2) * A = \dot{m} * v \rightarrow T = 5.99 * 10^6 N = 5.99 MN \quad (8)$$

Discussing the results

To go in depth for the results analysis, the statements are divided into main performance characteristics and the thrust calculus with different initial conditions.

Main performance characteristics:

- Specific impulse: The specific impulse is directly related to rocket efficiency; this value gives a rapid insight of the thrust parameter on the rocket. Two different rocket engines will have a different specific impulse, the higher specific impulse the better efficiency. Compared to a rocket as the Falcon 9, with a specific impulse of 282s at sea level, with our specific impulse computed to be 208,696s it is a value that makes sense given the dimensions of the nozzle found on later questions.

- Mass flow rate: The mass flow rate is a parameter that as previously described shows the amount of propeller and oxidizer entering the pressure chamber. This parameter gives a hint on the thrust designated for a nozzle. To analyze the mass flow rate calculated, a useful analysis would be comparing to a rocker such as the Saturn V, with 2,5 metric tons per second, compared to the 2930 kg/s of our calculus it gives a realistic value for the thrust of 6MN designated.

- Area ratio: The area ratio is given by A/A^* . Being A the nozzle exits area and A^* the throat, A^* nozzle area, these measures are computed from the throat and exit diameters. For this nozzle design, it gives us an approximation of 9:1 compressible area ratio. This design parameter gives us the information needed to understand the pressure and temperature ratios to obtain different Mach numbers in the fluid throat. An area ratio of 9:1 is reasonable for supersonic flow after the flow. If this ratio were to increase, the exit velocity would increase, as the throat pressure would increase with a lower diameter, causing a bigger change in chamber pressure to diverge section pressure.

Thrust with various initial conditions:

- At 30 km height: In this value we can observe a low increase in the thrust, justified by the atmosphere lower ambient pressure, that in this case it is equal to exit pressure to satisfy ideal nozzle performance conditions, this change represents an increase an increase in exit velocity, that is directly related to the thrust coming out of the nozzle.

- With chamber pressure increased to 21 MPa, at sea level: It is observed a sudden increase in thrust, that is reasonable due to the high increase in the pressure ratio of the nozzle that will increase noticeably the exit velocity.

- With the propeller changed to hydrogen: This change will affect by changing our constant k to 1.3, that will show a low increase in specific impulse.

- The increase of the stagnation temperature will generate different critical isentropic values, but these would not necessarily increase the thrust as it mainly depends on the pressure change to go from subsonic to supersonic match values. This can be supported on the 6MN thrust value being the same as the given design condition.

Conclusion

Prior to starting with the numerical part of the report, research of all the information required was done. Another of the objectives considered to have been completely accomplished with distinction, since, as can be seen, all the information presented is cited with its corresponding reference. This research resulted in the analysis and design of a rocket applying a set of given conditions. To achieve our goals, different steps were used:

1. Main parameters that describe the rocket performance are specific impulse $I_{sp} = 249,69s$, mass flow rate $m = 2449,489 \frac{Kg}{s}$, area ratio 9:1.
2. Thrust with various initial conditions are at 30 km height $T_{30km} = 6,569$ MN, with chamber pressure increased to 21 MPa, at sea level $T=17,18MN$, with the propeller changed to hydrogen, the increase of the stagnation temperature $T = 5,9$ MN.

References

- 1) Sackheim, R. L. (2003). Spacecraft Chemical Propulsion. In *Encyclopedia of Physical Science and Technology* (Third Edition). <https://doi.org/10.1016/b0-12-227410-5/00904-2>
- 2) Luo, S., Xu, D., Song, J., & Liu, J. (2021). A review of regenerative cooling technologies for scramjets. *Applied Thermal Engineering*, 190, 116754. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2021.116754>
- 3) US8080A - Improved process for the artificial production of ice - Google Patents. (n.d.). <https://patents.google.com/patent/US8080A/en#citedBy>
- 4) NASA Glenn Research Center. (n.d.). Airplane Icing. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/heat.html>
- 5) Encyclopaedia Britannica. (n.d.). Heat capacity. <https://www.britannica.com/science/heat-capacity/>
- 6) National Aeronautics and Space Administration (n.d.). Rocket Thrust. Glenn Research Center. <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/rktthsum.html>
- 7) Wessels, W. (2023, May 27). How Rocket Engines Stay Cool And Don't Melt. Headed for Space. <https://headedforspace.com/how-rocket-engines-stay-cool/>
- 8) Geeks, L. (2023, October 23). Thrust Chamber Cooling Techniques: Enhancing Rocket Performance -. Lambda Geeks. <https://lambdageeks.com/thrust-chamber-cooling-techniques/>
- 9) Heat Transfer and Cooling. MIT OpenCourseWare, 16.50 Lecture 14. [16.50 Introduction to Propulsion Systems, Lecture 14 \(mit.edu\)](https://ocw.mit.edu/courses/16-50-heat-transfer-and-cooling/lecture-14-introduction-to-propulsion-systems/)
- 10) Richter, G. & National Aeronautics and Space Administration [NASA]. (1995). *Ablative Material Testing for Low-Pressure, Low-Cost Rocket Engines*. NASA Technical Memorandum 107041, 1. [1996107443.pdf \(nasa.gov\)](https://ntrs.nasa.gov/archive/nasa/casi.ntrs.nasa.gov/1996107443.pdf)
- 11) Portocarrero Hermann, J., Darío Osorio, J., & Robayo-Salazar, R. A. (2019). *Compuestos ablativos de matriz polimérica (resina poliéster) reforzada con materiales de desecho industrial y fibra de vidrio* [Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 19(36), 223-237.]. <https://doi.org/10.22395/riium.v19n36a11>
- 12) Rocket thrust equations. (s. f.). <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/rocket/rktthsum.html> - Mass flow rate. (s. f.). <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/BGP/mflow.html>
- 13) Specific impulse. (s. f.). <https://www.grc.nasa.gov/www/k-12/airplane/specimp.html>
- 14) Hagemann, G., Immich, H., Van Nguyen, T., & Dumnov, G. (1998). Advanced Rocket nozzles. *Journal of Propulsion and Power*, 14(5), 620-634. <https://doi.org/10.2514/2.5354>
- 15) Sutton, G. P. (1963). *Rocket Propulsion Elements : An introduction to the engineering of rockets* (Número 1). <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA17213189>

Figures

- 1) Liu, J., Xu, M., Liu, P., & Xi, W. (2023). Heat transfer and flow structure characteristics of regenerative cooling in a rectangular channel using supercritical CO₂. *Aerospace*, 10(6), 564. <https://doi.org/10.3390/aerospace10060564>
- 2) Zafar, R. (2022, October 9). SpaceX's Rocket Engine Glows Hot Red While Travelling At 12,784 Km/h! Wccftech. <https://wccftech.com/spacexs-rocket-engine-glows-hot-red-while-travelling-at-12784-km-h/>
- 3) NASA Glenn Research Center. (2022, 27 julio). Thrust Equation | Glenn Research
- 4) Center |NASA. Glenn Research Center | NASA. <https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/thrust-force/>
- 5) Sutton, G. P. (1963). *Rocket Propulsion Elements : An introduction to the engineering of rockets* (9th Edition). <https://ci.nii.ac.jp/ncid/BA17213189>
- 6) Percival, C. (2022, January 13). Engine Cooling – Why Rocket Engines Don't Melt. Everyday Astronaut. <https://everydayastronaut.com/engine-cooling-methodes/>

ATVEJO TYRIMAS: KONSTRUKCIJOS APRIBOJIMAI ANT GALUI

Santrauka

Termodinaminis įvairių kosmoso pramonės elementų tyrimas yra būtinas norint suprasti visą šių naujovių projektavimo procesą. Pagrindinis dėmesys skiriamas įvairių varomųjų elementų tyrimo pagrindinei perspektyvai, kuri tiesiogiai išplaukia iš ketinimo apskaičiuoti skirtingus projektinius parametrus, būtinus apibūdinti raketos pobūdį, pvz., trauką, masės srautą, išmetamųjų dujų greitį ir kt.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štyps.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos Inžinerijos Kolegija, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija, aeronautikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Esmeralda Štyps.

Science degree and name: doctor of technological sciences, associated professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Aircraft Maintenance Engineering study programme, associated professor.

Author's research interests: technological sciences, mechanical engineering, aeronautical engineering.

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

RESEARCH ON WAVE ENERGY CONVERSION FOR HOME USE

Esmeralda Štyps

Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Summary

Wave energy conversion technologies are designed to capture and convert the energy produced by ocean waves into usable electricity. Wave energy holds the promise of sustainable, low-carbon future, but achieving this requires ongoing innovation and support to overcome existing limitations. This research demonstrates that wave energy, with further technological and economic developments, could become a valuable addition to renewable energy solutions for residential use.

KEY WORDS. Wave energy, wave energy converters, renewable energy solutions.

Introduction

Wave energy conversion is the process of capturing the kinetic energy generated by ocean waves and transforming it into usable electricity. This renewable energy source is driven by the interaction between wind, water, and the Earth's atmosphere, making it both sustainable and abundant in coastal areas. Unlike fossil fuels, wave energy is clean and produces no harmful emissions during its operation.

With an estimated global potential of generating terawatts of energy annually, wave energy could significantly contribute to meeting the growing demand for electricity, especially in regions close to the sea. Its constant availability, particularly in areas with consistent wave patterns, offers an advantage over other intermittent renewable sources such as solar or wind. However, despite its promise, there are very rare studies of the development of wave energy technologies that faces several challenges, including high installation costs, environmental concerns, and the need for further technical advancements.

Harnessing wave energy has the potential to play a pivotal role in the future of clean energy, particularly as part of a diverse energy mix aimed at reducing the world's reliance on fossil fuels.

Research object: wave energy conversion.

Research aim: to foresee the main requirements of wave energy conversion for a house

The tasks:

1. Analyse key considerations for determining the energy requirements of a household.
2. Describe main dimension of the equipment and its installation.

Research methods: analysis of technical documents, mathematical analysis.

Wave energy as a renewable resource

It lays the groundwork for understanding how wave energy can be harnessed, the technologies involved, and the advantages and challenges associated with its use. As global energy demands increase and the urgency for sustainable solutions grows, wave energy has emerged as a promising alternative that can contribute significantly to the energy mix.

Wave energy is generated by the movement of ocean and sea waves, driven primarily by wind. This natural process results in a vast amount of energy that can be converted into electricity, making it an attractive option for clean energy generation. Unlike other renewable sources, such as solar and wind, wave energy offers high power density and consistent energy patterns, particularly in specific coastal regions.

In Wanan Sheng [2] studies mentioned that the greatest challenges would be how the performance of wave energy converters can be reliably assessed and how the wave energy conversion efficiency can be improved. Emre Ozkop, Ismail H. Altas [3] studies focused on the introduction of the status of wave energy conversion (WEC) technologies from a different perspective.

Wave energy is a form of renewable energy generated by the movement of water in oceans and large lakes, primarily influenced by wind. When the wind blows across the water's surface, it creates waves that carry energy across vast distances. This energy can be harnessed to generate electricity.

The fundamental principle of wave energy lies in the conversion of the energy contained in the waves into usable power. Waves possess both kinetic energy (which is related to the motion of water particles), and potential energy, which is associated with the height of the wave above its mean water level. The total energy of wave can be influenced by its height and period. Specifically, the energy in a wave increases significantly with its height (doubling the wave height results in approximately four times the energy due to the relationship between wave energy and the square of the wave height).

Several factors affect the energy produced by waves:

- Wave height: taller waves carry more energy, making high-energy coastal areas particularly suitable for wave energy conversion.

- Wave period: the wave period, defined as the time between consecutive wave crests, influences the amount of energy a wave can deliver. Longer wave periods generally indicate more powerful waves.
- Wavelength: the distance between wave crests also impacts energy density; longer wavelengths typically mean more energy can be captured by devices designed to harness this power.

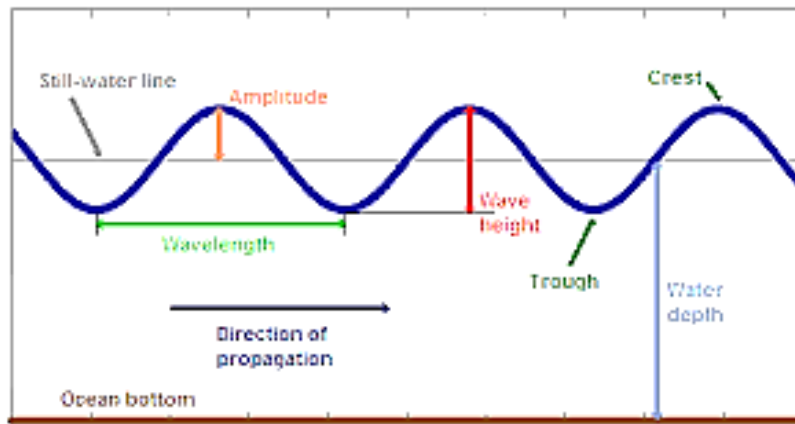


Fig. 1. Energy produced by waves. Resource: [1]

The conversion of wave energy into electrical energy involves the use of specialized devices known as wave energy converters (WECs). These devices are designed to capture the motion of waves, converting the kinetic and potential energy into mechanical energy, which can then be transformed into electrical energy. The effectiveness of WECs depends on their design, location, and the characteristics of the waves they encounter.

Current technologies

Wave energy conversion technologies are designed to capture and convert the energy produced by ocean waves into usable electricity. Various designs have been developed to harness the kinetic and potential energy present in waves, each with distinct operational principles. The main categories of wave energy converters (WECs) include:

- **Point absorbers.** Devices float on the surface of the water and move with the waves. They operate by converting the up-and-down motion of the waves into mechanical energy. A common design involves a buoy connected to a submerged platform. As the buoy rises and falls with the waves, it drives a generator to produce electricity. Point absorbers are advantageous due to their compact size and ability to operate in a variety of sea conditions.
- **Oscillating water columns (OWCs).** OWCs utilize the rise and fall of water levels inside a chamber to drive air through a turbine, generating electricity. As waves enter the chamber, they create pressure changes that push air in and out, turning the turbine. This technology is particularly effective in areas with consistent wave patterns, providing reliable source of energy.

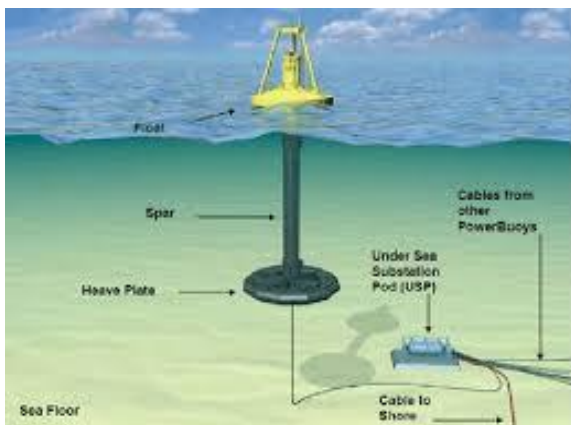


Fig. 2. Point absorbers. Resource: [1]

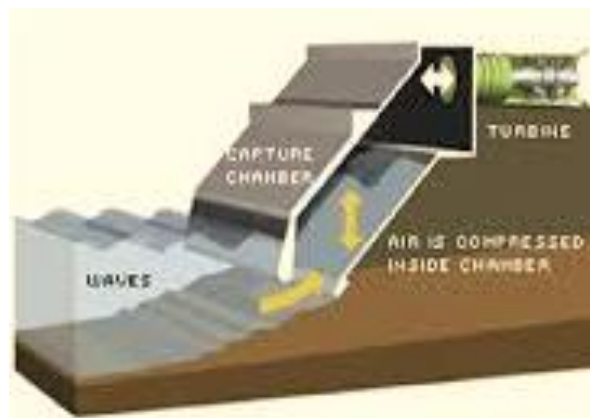


Fig. 3. Schematic of Oscillating water columns (OWCs). Resource: [2]

- **Attenuators.** Are long, floating structures that align parallel to wave direction. Attenuators flex at the joints as waves pass, capturing energy through this bending motion. They are typically deployed in arrays to maximize energy capture and are particularly effective in regions with strong wave activity.

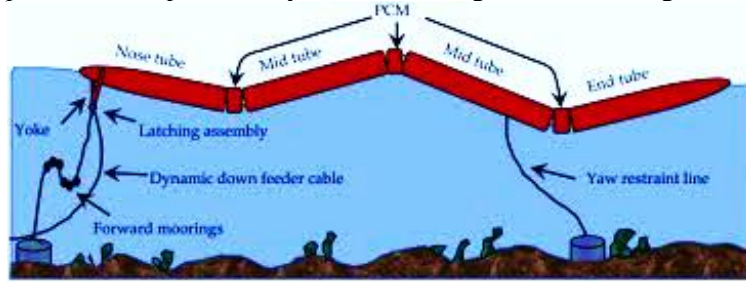


Fig. 4. Attenuators Resource: [2]

- **Overtopping devices.** Systems capture waves as they break over a ramp, allowing water to flow over a reservoir. The stored water is then released through turbines to generate electricity. Overtopping devices can be integrated into coastal structures, offering the dual benefit of energy production and coastal protection.



Fig. 5. Overtopping devices. Resource: [2]

- **Hybrid systems.** Some technologies combine wave energy with other renewable sources, such as wind or solar power, to enhance energy production and reliability. These hybrid systems can leverage the strengths of each energy type, ensuring a more stable energy output.

Each of these technologies has its own advantages and challenges, primarily related to efficiency, durability, and installation costs. While wave energy conversion technologies hold great potential for renewable energy production, ongoing research and development aim to improve their effectiveness, reduce costs, and expand their deployment in various marine environments.

While wave energy presents a promising opportunity for renewable energy production with its high energy density and sustainability, it also faces significant challenges that must be addressed through continued research, technological advancements, and careful site planning. Overcoming these challenges will be crucial to realizing the full potential of wave energy as a key component of the global energy transition.

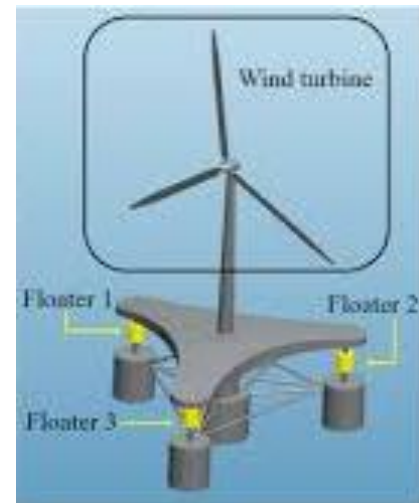


Fig. 6. Hybrid systems. Resource: [2]

Theoretical understanding of wave energy to practical considerations

The essential components involved in designing and implementing a wave energy system tailored to meet the energy requirements of a typical household. This involves assessing the energy needs, designing an appropriate wave energy system, and analysing the technical and economic feasibility of such a project.

Key considerations will include determining the energy requirements of a household, which will guide the design of the wave energy conversion system. We will also explore the number of waves needed to generate

the necessary energy, the dimensions of the equipment required, and the installation logistics. Additionally, a through feasibility study will be conducted to evaluate both the technical aspects and the economic viability of the proposed wave energy system.

By systematically addressing these components, the project parts aim to demonstrate how wave energy can be effectively harnessed to meet specific energy needs, highlighting its potential as a sustainable energy solution in real-world applications.

House energy requirements. To create a realistic and functional wave energy system, we need to estimate specific energy requirements for a hypothetical household. For this project, we will assume a typical three-bedroom house with an average occupancy of four people in a coastal area.

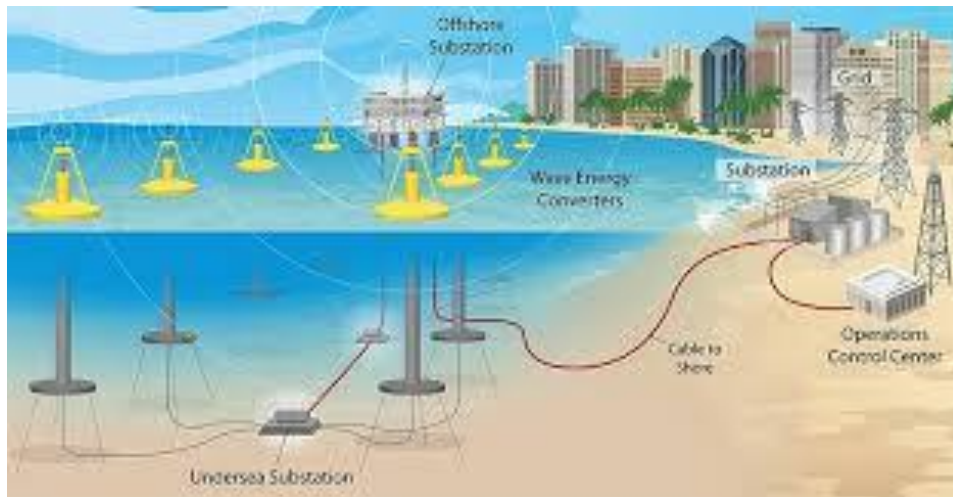


Fig. 7. Wave energy system for three-bedroom house. Resource: [2]

Estimated energy consumption. Based on the appliances, heating/cooling systems. Lighting, and general usage typical in such households, we can break down energy consumption as follows:

- Lighting and electronics: TVs, computers, and lighting typically consume about **4-5 kWh per day**.
- Kitchen appliances: the refrigerator, microwave, dishwasher, and other small appliances together use about **5 kWh per day**.
- Heating/cooling: depending on the climate, heating and cooling can vary significantly. For this project, we'll estimate **8-10 kWh per day** for these purposes.
- Water heating: for showers, washing machines, and other hot water needs, a typical household consumes around **3-4 kWh daily**.

Implications for system design. The system must be capable of generating an average of 25 kWh per day, with allowances for periods of higher demand or lower wave activity. These requirements will guide decisions about the wave energy converter's size, efficiency, and overall design, ensuring it can reliably meet household energy needs under real conditions.

Design of the wave energy system. The design of the wave energy system for our hypothetical household involves selecting and configuring the components needed to reliably meet the estimated energy requirements of 25 kWh per day. Key factors include the choice of wave energy converter type, system capacity, placement, and energy storage options. Below are the main considerations and design choices for this system:

Wave energy converter selection. Based on the household's energy needs and the coastal location, we need a wave energy converter (WEC) capable of consistent energy production. For this project, we'll assume a **point absorber** type WEC, as these are compact, efficient, and well-suited to a variety of wave conditions. The point absorber uses the vertical motion of waves to drive a generator, converting mechanical energy into electricity.



Fig. 8. Point absorber type WEC. Resource: [2]

System capacity. The wave energy system’s design aims to meet the household’s daily energy consumption of 25 kWh. To determinate the power output the system needs to produce, we calculate the average power required across a 24-hour period.

Power requirement calculation: for the system to generate 25 kWh in one day, we calculate the average power needed as follows:

$$\text{Average power} = \frac{25 \text{ kWh}}{24 \text{ hours}} = 1,04 \text{ kW} \quad (1)$$

To ensure the system consistently meets the household’s energy needs, we round this value up slightly to **1,1 kW**. This allows for a margin to account for potential energy losses in the system, such as those due to storage and transmission inefficiencies, as well as fluctuations in wave activity.

Rationale for continuous power output: by designing the wave energy converter to produce an average of 1,1 kW continuously, the system will likely produce more energy than required, which can be stored in batteries. This stored energy ensures a reliable supply even during periods when wave activity is lower than average, helping to maintain a consistent power output to the household.

This continuous power output approach provides a sustainable solution to meet daily energy needs, considering natural fluctuations in wave intensity.

Sizing. Sizing focuses on the physical dimensions and specifications of the equipment necessary to achieve the 1,1 kW average output while meeting the system’s reliability and storage needs:

Wave energy converter (WEC): we assumed a **point absorber** WEC, chosen for its adaptability to varying wave conditions and efficiency. A typical point absorber requires around **2-3 m²** of surface area and extends vertically up to **1-2 meters** underwater. This size is sufficient for the WEC to generate the average power required, given appropriate wave conditions.

Energy storage system: to handle fluctuations in wave intensity, an energy storage system is essential. A **battery** bank with a capacity of approximately **25 kWh** would ensure a stable energy supply, providing enough backup for about two days. Lithium batteries are a practical option here, as they offer high energy density. They have an energy density of about **0,25 kWh/L** and for a capacity of 25 kWh, we would need approximately:

$$\frac{25 \text{ kWh}}{0,25 \text{ kWh/L}} = 100L \approx \mathbf{0,1 \text{ m}^3} \quad (2)$$

Installation site:

Marine location: the WEC should be installed at a depth of **10-15 meters** offshore, where wave activity is strong enough for energy capture without overwhelming the equipment.

Coastal setup: the battery system and associated equipment, like inverters, should be securely housed onshore to facilitate energy transfer to the household.

Typical values:

Parameters	Values (Unit)
Device width and thickness	18 m × 1.8 m
Flap height	11 m
Base height	2 m
Hinge depth	8.9 m (from MWS)
Center of gravity (CG)	3.9 m (from MWS)
Water depth	10.9 m
Mass	127,000 kg
Moment of inertia (at CG)	1.85 × 10 ⁶ kgm ²

Grid connection or off-grid configuration

Depending on the location, the wave energy system could be designed for either grid-connected or off-grid configuration. For this project we’ll assume an **off-grid configuration** for full energy independence. This setup will include an inverter to convert the WEC’s output to the correct voltage and frequency for household use.

Control and monitoring systems. A control system will monitor wave activity and adjust the WEC’s operation for optimal energy production. This includes controlling the energy flow to the battery bank and managing output during peak wave conditions to prevent overload.

Number of waves needed to generate the required energy

To estimate the number of waves required to meet the household’s energy needs, we start with the average power the system needs to generate (1,1 kW) and relate it to the energy that a typical wave can produce in the specific location.

Captured power per wave. The power available from a wave depends on factors like wave height (H) and wave period (T). The formula for the power per meter of wave front (P) is approximately:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot g \cdot H^2 \cdot T \quad (3)$$

where: ρ is the density of seawater ($\sim 1025 \text{ kg/m}^3$); g is the acceleration due to gravity ($9,81 \text{ m/s}^2$); H is the wave height in meters; T is the wave period in seconds.

Assumed values:

- Wave height (H) = 1,5 meters: This is a typical wave height for moderate-energy coastal regions, where waves aren't too small or too large. It provides a realistic value for many coastal environments.
- Wave period (T) = 8 seconds: This is a common wave period for regions with moderate wave energy. It is an average duration between successive wave crests, reflecting standard oceanic conditions.

Wave power calculation:

$$P = 0,5 \cdot \rho \cdot g \cdot H^2 \cdot T \quad (4)$$

$$P = 0,5 \cdot 1025 \cdot 9,81 \cdot (1,5)^2 \cdot 8$$

$$P = 90497,25 \frac{W}{m \text{ of wave front}}$$

$$P \approx 90,5 \frac{kW}{m \text{ of wave front}}$$

This gives us that **each meter of wave front** generates approximately **90,5 kW** of power under ideal conditions.

- Efficiency of the WEC: the efficiency of a typical wave energy converter (WEC) is around **35%**, meaning the device captures approximately 35% of the available wave energy. The rest is lost due to mechanical inefficiencies and environmental factors such as wave variability. The useful energy captured by the WEC is:

$$\text{Captured power} = P \cdot \text{Efficiency} \quad (5)$$

$$\text{Captured power} = 90,5 \cdot 0,35 = 31,675 \frac{kW}{m \text{ of wave front}}$$

If we assume the WEC interacts with **2 meters of wave front**, the total captured power is:

$$\text{Total Captured power} = 31,675 \text{ kW} \cdot 2 = 63,35 \text{ kW}$$

- 2 meters of wave front: the assumption of 2 meters of wave front is based on the typical scale of wave energy converters. A WEC is designed to capture energy from a given width of the wave's front. In this case, 2 meters represents a reasonable estimate for a WEC's active area, as it allows for an effective and realistic amount of energy capture without oversizing the system for typical coastal installations. In many designs, WECs are scaled to interact with multiple meters of wave front, ensuring they can efficiently capture energy from a significant portion of the wave's surface.

Energy captured per wave. To calculate the energy captured per wave, we need to consider the duration of the wave. Since the wave period is 8 seconds, the energy captured per wave is:

$$\text{Energy per wave} = \text{Total Captured power} \cdot T \quad (6)$$

$$\text{Energy per wave} = 63,35 \cdot 8 = 506,8 \text{ kW} \cdot \text{s per wave}$$

$$506,8 \text{ kW} \cdot \text{s} = 0,141 \text{ kWh}$$

$$\text{Energy per wave} = 0,141 \text{ kWh}$$

Number of waves calculation. Given that the household requires 25 kWh per day, the number of waves required is:

$$\text{Number of waves per day} = \frac{\text{Energy needed for the household per day}}{\text{Energy per wave}} \quad (7)$$

$$\text{Number of waves per day} = \frac{25}{0,141} = 177,305 \text{ waves per day}$$

$$\text{Number of waves per day} \approx 177 \text{ waves per day}$$

Considerations for variability. Wave consistency: in locations with consistent wave activity, the number of waves required may be steady. However, if wave height and period fluctuate, the system needs greater storage capacity or additional backup systems.

Backup and storage need: if waves are smaller or less frequent on certain days, stored energy can supply the household during these periods.

Conclusion. To generate the 25 kWh per day needed to power the home, approximately 177 waves per day are required under the assumed conditions of 1,5 meters in height, 8 seconds in period, and 35% efficiency for the WEC. This calculation highlights how the energy produced by waves depends on several factors, and how a moderately sized WEC system can meet the energy needs of a home in a coastal environment.

Dimension of the equipment and its installation

In this section we'll focus on the physical size of the wave energy converter (WEC) and key considerations for installing it to meet a household's energy needs efficiently.

WEC size and structure:

- **Width of WEC:** the width allows the WEC to interact with a manageable wave front segment suitable for household-scale power needs. A **2-meter** width is typical for small WECs, balancing energy capture with compactness and ease of installation in nearshore areas.
- **Above-water height:** to ensure the WEC can handle typical wave heights and tidal variations, a height of around **3 meters** is reasonable. This allows it to avoid submersion in high waves while providing structural clearance above the waterline.
- **Submersion depth:** extending the WEC approximately **1 meter** below the surface provides stability and helps capture wave energy near the surface, where energy density is highest. This depth is sufficient to avoid excess wave forces that could destabilize the equipment.

Anchoring and foundation:

- **Anchors:** anchors made of **concrete or steel** are chosen for their durability and ability to penetrate the seabed, providing the necessary stability in coastal conditions. Two anchors are typically sufficient for a WEC of this scale, as they balance stability with minimal seabed impact.
- **Mooring lines:** high-strength **synthetic fiber** ropes are selected to secure the WEC, as they offer flexibility for the WEC to move with the waves. These lines resist corrosion and marine growth, essential for reliability in a marine environment.

Energy transmission:

- **Underwater cabling:** for a household energy requirement, **low-voltage** cables are efficient and practical. A **marine-grade** cable is necessary to withstand water exposure, and short lengths (ideally under 500 meters) reduce resistance, minimizing energy losses in transmission.
- **Installation process:**
 - **Site survey:** a preliminary survey ensures that the installation site has a stable seabed and meets environmental requirements. This is essential for sustainable installation and longevity of the WEC.
 - **Deployment process:** pre-assembling the WEC and anchors onshore before transporting them to the site simplifies the installation and minimize marine disturbance, which is beneficial in a compact, household-scale system.
 - **Maintenance access:** simple, accessible maintenance options are prioritized, such as detachable components that can be retrieved and serviced onshore, reducing the need for costly underwater repairs.

Environmental and visual impact:

- **Minimal visual disruption:** a 2-meter-wide WEC with a low profile has less visual impact than larger, offshore installations, making it suitable for coastal residential areas.
- **Environmental impact:** compact equipment and small-scale anchoring help reduce the impact on marine life and seabed ecosystems, as the WEC's size limits its environmental footprint.

Economic feasibility. Energy cost without the WEC: first, let's calculate how much electricity would cost without the WEC:

Annual energy consumption of the house: a typical house consumes 9.100 kWh per year as we have seen previously.

Average electricity cost: we assume an average cost of **0,2€ per kWh**.

Thus, the annual electricity cost would be: $9.100 \cdot 0,2 = 1.820 \approx \mathbf{1.800€ \text{ per year}}$

Initial investment:

- **WEC cost:** the cost of a small-scale point absorber WEC system is estimated to range from **100.000€** to **300.000€** for a household-size installation, including the device, energy conversion system, and mooring infrastructure. This cost can vary significantly based on location, specific design requirements, and technological choices.

- **Battery cost:** Lithium-ion batteries for storing 25-30 kWh of energy are priced at around **150€-200€ per kWh**. Therefore, the cost for a battery system would be around **3.750€-6.000€**: $150 \cdot 25 = 3.750€$; $200 \cdot 30 = 6.000€$.

- **Installation costs:** depending on the location and site conditions, installation costs (including site surveys, permits, and marine infrastructure) could add an additional **10.000€-20.000€** to the project.

Adding all the initial investment (taking the average of WEC, battery and installation costs) we have: $150.000 + 4.875 + 15.000 = 169.875€ \approx \mathbf{170.000€}$

Operating and maintenance costs:

- **Maintenance:** the maintenance costs for a small-scale wave energy system is generally low, but periodic checks and servicing are needed. Annually, maintenance might cost **1.000€** to **3000€**.

- **Operational costs:** once the system is installed, operational costs mainly involve maintaining the WEC, batteries, and energy management systems. However, these costs are relatively low compared to fossil-based energy generation. We suppose **500€** per year.

- Adding the operational and maintenance costs (taking the average of the maintenance costs) we have: $2.000€ + 500€ = \mathbf{2.500€ \textit{ per year}}$

- Annual savings with the WEC: with the 1,1 kW WEC, it is estimated that the system can generate **9.600 kWh** per year (more than enough to cover the house's energy consumption).

- Thus, the **annual savings** on electricity would be **1.800€**, as the energy generated by the WEC would replace the grid electricity costs.

- **Cost and saving comparison:** now that we have both the costs and savings, let's compare them:

- Cost without the WEC: **1.800€** per year for grid electricity.

- Cost with the WEC: Annual maintenance: **2.500€**.

- Annual savings in electricity: **1.800€**.

- The net operating cost with the WEC would be: $2.500€ - 1.800€ = \mathbf{700€ \textit{ per year}}$

- **Payback period calculation:** Now let's calculate the **payback period**, which is the time needed for the savings to cover the initial investment of the WEC system.

If the initial investment is **170.000€** and the net annual savings are **1.800€** (the savings after subtracting maintenance and operational costs), the payback period would be:

$$\frac{170.000€}{1.800€} = 94,444 \approx \mathbf{95 \textit{ years}}$$

- **Impact of subsidies and other incentives:** if the system receives subsidies or tax incentives, as is common with renewable energy projects, this could significantly reduce the upfront costs.

- Assume the system receives subsidies or tax incentives a **30% subsidy**, which would reduce the initial cost to: $170.000 \cdot (1 - 0,30) = \mathbf{119.000€}$

- With this reduction, the new **payback period** would be:

$$\frac{119.000}{1.800} = 66,111 \approx \mathbf{66 \textit{ years}}$$

- Although the **payback period** improves significantly, it is still quite long for a residential project.

Economic viability: while the WEC system offers environmental benefits and energy independence, **the return on investment in the short or medium term is not favourable**. The energy savings of **1.800€ annually** are not sufficient to cover the **maintenance cost**, which is **2.500€ per year**, resulting in a **net annual cost** of **1.200€**. For the system to be economically viable in the future, there would need to be higher government subsidies or significant reduction in WEC costs, making the investment more attractive. Additionally, projects located in coastal areas with abundant wave energy and higher electricity rates could make this type of system more financially feasible.

Conclusions

This research demonstrates that wave energy, with further technological and economic developments, could become a valuable addition to renewable energy solutions for residential use. Wave energy holds the promise of sustainable, low-carbon future, but achieving this requires ongoing innovation and support to overcome existing limitations.

- **Wave energy basics:** wave energy is a promising renewable energy resource with high energy density, generated by the interaction of wind and water. By harnessing the kinetic energy of waves, we can convert natural ocean movement into usable electricity, offering an environmentally friendly alternative to fossil fuels. **Current technologies:** the development of wave energy technologies has led to diverse designs, including point absorbers, oscillating water columns, and attenuators. For residential applications, point absorbers stand out due to their compact size and suitability for nearshore installations. **Advantages and challenges:** wave energy is highly predictable and continuous, offering a reliable energy source. However, challenges remain, such as high installation costs, potential environmental impacts on marine ecosystems, and technological limitations in energy conversion efficiency.

- **House energy requirements:** for a standard household consuming 9.000 kWh annually, a consistent 1,1 kW output is needed to meet daily energy needs. This consumption level has guided the design and sizing of the wave energy system in this project. **System design and sizing:** a point absorber WEC with an absorber area of approximately 2-3 m² and installation depth of 10-15 meters has been designed to capture wave energy effectively. A 25-30 kWh battery provides energy storage, ensuring a steady supply despite natural variability

in wave power. Technical and economic feasibility: technically, the WEC system can meet household energy requirements; however, the economic feasibility remains challenging due to a high initial investment and operational costs. Although annual savings are possible compared to grid electricity, the long return on investment period limits its financial viability for individual household at current cost levels. Overall Feasibility: while wave energy shows significant potential as a renewable energy source, its application in residential settings is currently limited by cost factors and technical challenges. Continued advancements in WEC technology, cost reduction, and potential policy support could make wave energy systems more accessible and attractive for individual homes.

References

1. S.S. Prakash, K.A. Mamun, F.R. Islam, R. Mudliar, C. Pau'u, M. Kolivuso, S. Cadralala. Wave Energy Converter: A Review of Wave Energy Conversion Technology. 3rd Asia-Pacific World Congress on Computer Science and Engineering (APWC on CSE). <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7941943>
2. Wanan Sheng. Wave energy conversion and hydrodynamics modelling technologies: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 109, July 2019, Pages 482-498. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032119302424>

BANGŲ ENERGIJOS KONVERTAVIMO NAMUI TYRIMAS

Santrauka

Bangų energijos konvertavimo technologijos skirtos vandenyno bangų pagamintai energijai užfiksuoti ir paversti naudojama elektros energija. Bangų energija žada tvarią, mažai anglies dioksido į aplinką išskiriančią ateitį, tačiau norint tai pasiekti, reikia nuolatinių naujovių ir paramos esamiems apribojimams įveikti. Šis tyrimas rodo, kad bangų energija, tobulėjant technologijoms ir ekonomikai, gali tapti vertingu priedu prie atsinaujinančios energijos sprendimų, skirtų gyvenamiesiems namams.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štyps.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos Inžinerijos Kolegija, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija, aeronautikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Esmeralda Štyps.

Science degree and name: doctor of technological sciences, associated professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Aircraft Maintenance Engineering study programme, associated professor.

Author's research interests: technological sciences, mechanical engineering, aeronautical engineering.

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

SUSTAINABILITY AND ENERGY EFFICIENCY IN ARCHITECTURE THROUGH PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

Esmeralda Štyps

Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Summary

This work is structured into two main parts: a theoretical and a practical part. The theoretical concepts necessary to understand photovoltaic technology are presented, including the most relevant technical parameters and architectural considerations for integrating solar panels on the facade. The photovoltaic system design on the facade is developed, detailing the technology selection, system design, and building integration. Finally, the simulation results are included in terms of energy performance and system analysis. The work concludes with a series of recommendations and a summary of the most relevant findings.

KEY WORDS. Photovoltaic technology, building integration, solar panels, photovoltaic module.

Introduction

Climate change and the growing environmental degradation are undoubtedly among the greatest challenges facing our society today. Dependence on fossil fuels has not only driven global warming but also deteriorated air quality, severely impacting health and well-being worldwide. In light of this problem, the transition toward a renewable energy-based economy is essential for achieving a sustainable future. In this context, the integration of clean energy in urban and residential areas becomes a crucial step, as buildings account for a significant portion of global energy consumption.

In Europe, significant progress has been made in promoting sustainable and low-energy buildings, following the regulations set by the European Union. These regulations aim for new and renovated buildings to achieve nearly zero-energy consumption. In the specific case of Lithuania, energy policies are also aligned with the European Union's Energy Strategy, encouraging the adoption of clean technologies and promoting energy efficiency in the construction sector. This project seeks to contribute to these objectives through the design and implementation of a photovoltaic system integrated into the façade of the Student Residence Hall in Kaunas, Lithuania, to reduce its reliance on conventional energy sources and maximize the building's sustainability.

The main objective of this research is to design a photovoltaic system to cover part of the energy needs of the residence. Through the integration of panels on the facade, the aim is to increase the building's solar energy generation capacity. Although no specific energy savings target is set, this research seeks to maximize the utilization of available solar energy to reduce electricity consumption from conventional sources.

For the design and simulation of the system, IECO software will be used, which allows for evaluating the design and energy production of a photovoltaic system. Additionally, a comparison of the building's energy consumption with and without the photovoltaic system is planned to assess the benefits it may offer in terms of sustainability and efficiency.

The research object: photovoltaic modules.

The main objective of this research is to describe the key parameter of photovoltaic systems.

The tasks:

1. Analyse main characteristics of a photovoltaic module.
2. Analyse support type for photovoltaic modules.
3. Assess environmental and urban impacts.

Research methods: analysis of technical documents, analysis of analogues.

Photovoltaic technology and fundamental parameters

Photovoltaic technology forms the foundation of solar energy generation systems, which convert sunlight into electricity through the photovoltaic effect. This phenomenon occurs when photons from sunlight strike a semiconductor material (usually silicon), causing the movement of electrons and generating an electric current. This direct current (DC) can be converted to alternating current (AC) via an inverter and used to power electrical devices or be fed into the electrical grid.

Martin Sander, Jörg Bagdahn [1] identified the key concepts and parameters influencing the operation of a photovoltaic panel, along with characteristic curves representing its behaviour. But to design an effective photovoltaic system, it is essential to understand the electrical behaviour of photovoltaic modules and the parameters that define their performance. We have analysed key concepts and parameters influencing the operation of a photovoltaic panel, along with characteristic curves representing its behaviour, are explored in detail.

Characteristic Curves of a Photovoltaic Module. The I-V and P-V curves are fundamental graphical representations that illustrate the electrical behaviour of photovoltaic panels under various operating conditions. These curves help visualize how voltage and current vary depending on the load and how the module's output power changes. Each module has its own characteristic curves.

I-V Curve (Current-Voltage). The I-V curve describes the relationship between the current (I) and voltage (V) of a photovoltaic module. Key points on this curve include the short circuit current (I_{sc}), representing the left end of the curve, the open circuit voltage (V_{oc}), which represents the right end of the curve, and the maximum power point (Mpp). In an optimized system, the goal is for the panel to operate at this point to maximize energy generation.

The shape of the I-V curve varies according to solar irradiation and temperature. Higher irradiation shifts the curve toward a higher current, while an increase in temperature tends to reduce the voltage.

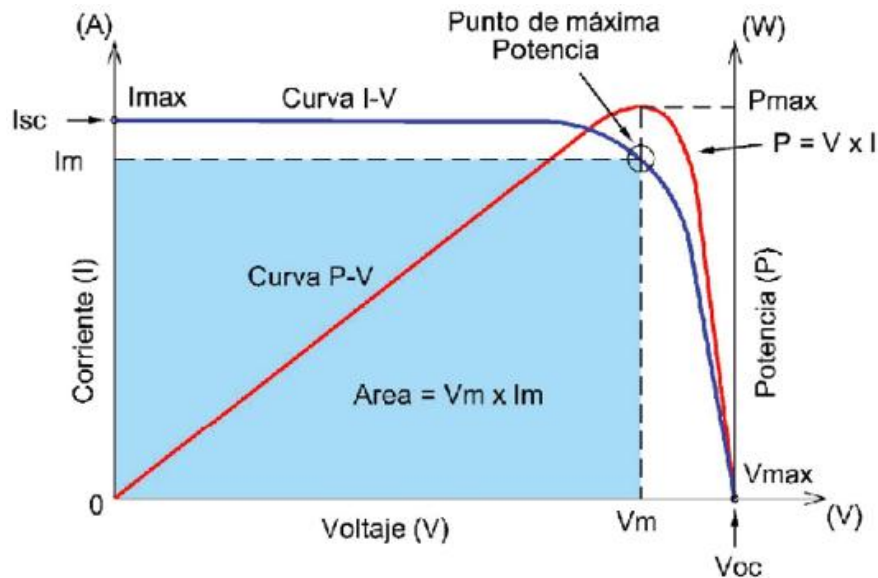


Fig. 1. Key Parameters of a Photovoltaic Module. Resource: [1]

P-V Curve (Power-Voltage). The P-V curve shows the relationship between power (P) and voltage (V) for the photovoltaic module. This curve has a bell shape, with a peak that represents the maximum power point (P_{max}). The system aims to operate at this peak using a maximum power point tracking (MPPT) controller to maximize energy generation efficiency and operate at P_{pp} . The P-V and I-V curves are essential tools in the analysis and design of photovoltaic systems, as they allow for an understanding of how the panel will behave under different load, irradiation, and temperature conditions.

Factors affecting the performance of a photovoltaic module. The performance of a photovoltaic module is influenced by various environmental and technical factors:

- **Solar Irradiation:** The amount of solar irradiation a module receives is directly proportional to its current output and, therefore, to the power generated. Irradiation varies throughout the day and across seasons, affecting the total energy that can be generated annually.
- **Temperature:** As the module temperature increases, voltage decreases, which reduces conversion efficiency. This is due to the sensitivity of silicon to high temperatures. Temperature coefficients help predict these performance variations based on ambient temperature.
- **Angle of Incidence and Orientation:** The angle of incidence of sunlight relative to the panel surface influences the amount of effective irradiation the module receives. For a façade installation, this angle depends on the building's orientation and tilt. South-facing orientations are typically optimal in the Northern Hemisphere, as in Kaunas, allowing for maximum annual solar capture.
- **Shading and Obstacles:** The presence of shadows or nearby buildings can significantly reduce energy generation. Partially shaded modules generate less current, impacting the overall system performance if modules are connected in series.

Types of photovoltaic panels and support structures

Photovoltaic systems use different types of panels based on the material and manufacturing process of their cells. Choosing the right type of panel is essential, as each type has unique characteristics in terms of efficiency, durability, and cost, which impact the overall system performance. The most common photovoltaic

panels on the market are mainly classified into three types based on the cell material:

- 1) monocrystalline silicon,
- 2) polycrystalline silicon, and
- 3) amorphous silicon.

Monocrystalline Silicon. Monocrystalline silicon panels are made from cells of a single pure silicon crystal. These panels are manufactured from silicon ingots that are cut into thin, uniform wafers. Due to their high purity and uniform crystal structure, monocrystalline panels are highly efficient and have a dark, uniform appearance.



Fig. 2. Monocrystalline silicon panels. Resource: [2]



Fig. 3. Polycrystalline silicon panels. Resource: [2]

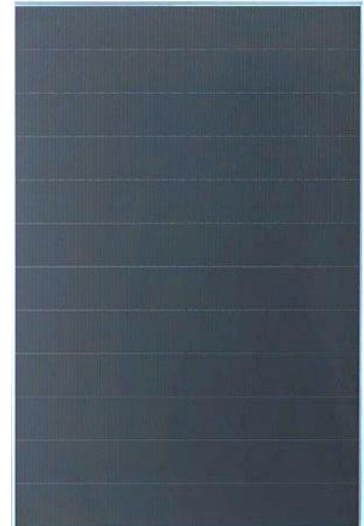


Fig. 4. Amorphous silicon. Resource: [2]

Polycrystalline Silicon. Polycrystalline silicon panels are made up of multiple silicon crystals fused into a single cell. This process is less expensive and produces cells with a bluish appearance and variable shine due to the random arrangement of the crystals.

Amorphous Silicon. Amorphous silicon is a non-crystalline material used in thin-film panels. Unlike monocrystalline and polycrystalline panels, amorphous panels lack a crystalline structure, allowing them to be manufactured in thin, flexible layers. This type of panel is produced by depositing amorphous silicon onto a substrate of glass, plastic, or metal, forming a thin and flexible layer.

Comparison of Photovoltaic Panel Types are presented in table 1.

Table 1. Comparison of Photovoltaic Panel Types

Panel Type	Efficiency (%)	Cost	Durability	Main Application
Monocrystalline Silicon	12 – 16	High	High	Installations with limited space and high energy demand
Polycrystalline Silicon	11 – 14	Moderate	Moderate	Larger, low-cost installations
Amorphous Silicon	7	Low	Low	Low-cost applications on large surfaces

Resource: [Created by the author]

Types of Support Structures for Photovoltaic Panels

The efficiency and performance of a photovoltaic system depend not only on the type of panel but also on the type of support structure used to mount the panels. Support structures can be classified into three main types:

- **Fixed Structures:** In fixed structures, the panels are installed at a specific angle and do not move to follow the sun's path. These are the most common for façade and rooftop installations due to their simplicity and low cost. While they do not maximize solar capture as tracking systems do, fixed structures are reliable, require minimal maintenance, and are ideal for installations where simplicity and low cost are priorities.

Recommended Application: Residential and commercial installations on façades and rooftops, where solar tracking is not viable or necessary.

- **Single-Axis Tracking Structures:** These structures allow the panels to rotate on a single axis, usually from east to west, following the sun's movement throughout the day. Single-axis systems increase solar capture and energy generation compared to fixed structures. Although more expensive than fixed structures and requiring additional maintenance, single-axis systems offer a significant increase in daily energy production, particularly in regions with high solar irradiation.



Fig. 5. Fixed Structures. Resource: [Created by the author]



Fig. 6. Single-Axis Tracking Structures. Resource: [Created by the author]

Recommended Application: Large open fields or solar farms, where space is not a constraint, and maximizing energy generation is the goal.

- **Dual-Axis Tracking Structures:** Dual-axis structures allow panels to track the sun in both east-west and north-south directions, ensuring optimal solar capture throughout the day and year, greatly increasing energy production. However, these structures are more costly and require frequent maintenance. Their complexity and cost limit their use in residential installations and façades.



Fig. 7. Dual-Axis Tracking Structures. Resource: [Created by the author]

Recommended Application: Large solar plants where the objective is to maximize energy generation year-round, and a higher budget is available.

Choosing Panels and Support Structures. Each type of panel and support structure offers advantages and limitations that should be considered based on the specific conditions of the project. For a façade installation, like the Student Residence Hall in Kaunas, fixed structures are often the best option due to the simplicity and spatial limitations of the setup. In terms of panel type, monocrystalline silicon modules are recommended in this case, as they maximize efficiency and energy generation in a limited area.

Conclusions.

The installation of a photovoltaic system in the Student Residence Hall in Kaunas brings numerous environmental and urban benefits, along with certain regulatory considerations.

1. Environmental Benefits:

- **CO₂ Emission Reduction:** By generating energy without direct emissions, the photovoltaic system significantly reduces the building's carbon footprint. It is estimated that a 67.58 kW system could reduce around 35 tons of CO₂ annually, supporting the EU's sustainability goals.
- **Resource Conservation and Pollution Reduction:** Solar energy use decreases reliance on fossil fuels and reduces air pollution, thereby improving urban quality of life and minimizing impact on natural resources.
- **Sustainable Awareness:** Integrating solar technology in a visible environment, such as a student residence, fosters a culture of sustainability and raises community awareness on responsible energy use.

2. Community and Urban Environment Impact:

- **Energy Resilience:** Self-generated energy reduces dependency on the electrical grid, providing energy resilience during periods of high demand or price increases.



Fig. 8. Student Residence Hall in Kaunas. Resource: [Created by the author]

3. Legal and Regulatory Barriers in Kaunas:

- **Installation Permits and Urban Planning Regulations:** In Kaunas, a permit is required to install photovoltaic systems on façades, with reviews to ensure structural safety and visual impact, especially in protected areas.
- **Safety and Efficiency Standards:** European regulations mandate that photovoltaic systems meet quality and safety standards, particularly to withstand environmental conditions such as high winds.
- **Financial Incentives:** Lithuania and the EU offer grants and tax credits for renewable energy, which could help reduce installation costs and improve the project's feasibility.

References

1. Martin Sander, Jörg Bagdahn. Systematic investigation of cracks in encapsulated solar cells after mechanical loading. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 2013. <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/photovoltaic-modules>
2. Photovoltaic (PV) materials and devices convert sunlight into electrical energy. <https://www.energy.gov/eere/solar/solar-photovoltaic-technology-basics>

ARCHITEKTŪROS DARNUMAS IR ENERGIJOS EFEKTYVUMAS NAUDOJANT FOTOVOLTINES SISTEMAS

Santrauka

Darbą sudaro dvi pagrindinės dalys: teorinė ir praktinė. Pateikiamos teorinės sampratos, būtinos norint suprasti fotovoltinę technologiją, įskaitant svarbiausius techninius parametrus ir architektūrinius aspektus integruojant saulės baterijas į fasadą. Parengtas fotovoltinės sistemos projektas ant fasado, detalizuojantis technologijos pasirinkimą, sistemos projektavimą ir pastato integravimą. Modeliavimo rezultatai yra įtraukti į energijos vartojimo efektyvumą ir sistemos analizę. Teikiamos rekomendacijos ir aktualiausias išvados.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štyps.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos Inžinerijos Kolegija, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija, aeronautikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Esmeralda Štyps.

Science degree and name: doctor of technological sciences, associated professor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Aircraft Maintenance Engineering study programme, associated professor.

Author's research interests: technological sciences, mechanical engineering, aeronautical engineering.

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@lik.tech

KVADRATINIO SKERSPJŪVIO STRYPO PRESAVIMO JĖGOS ANALITINIS MODELIS

Jurijus Tretjakovas

Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Presuojami sujungimai inžinerijoje padaromi parenkant atitinkamus detalių suleidimus. Suleidime įvarža padaroma tam tikrais presuojamų detalių matmenimis – presuojamos detalės geometrija būna šiek tiek didesnė už skylės geometrinius parametrus. Tokio sujungimo stiprumą užtikrina atsirandančios trinties tarp presuojamų detalių paviršiuose jėgos. Presuojami kvadratinio ar stačiakampio profilio strypai yra gana retas reiškinys inžinerijoje, nes tokio sujungimo savikaina dėl gamybos kaštų yra aukšta. Tačiau tam tikrais atvejais jie turi pranašumų prieš cilindrinis sujungimus. Esant galimybei velenui prisisukti presuotame cilindriname sujungime, kvadratinis skerspjūvis tokią galimybę eliminuoja.

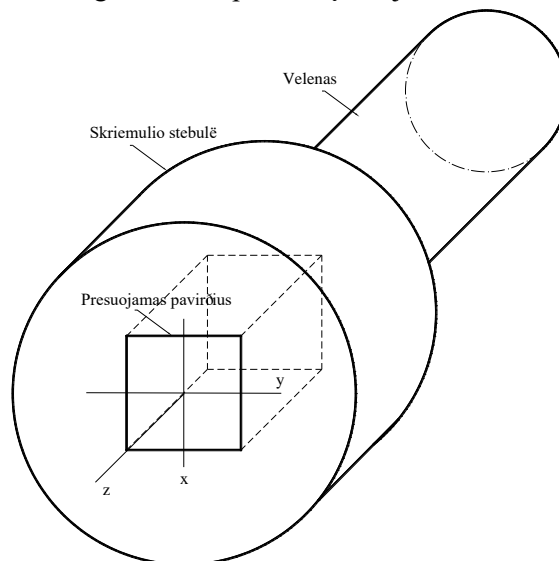
Straipsnyje nagrinėjamas kvadratinio skerspjūvio strypo presavimo jėgos analitinis modelis ir pateikiamos rekomendacijos presavimo jėgos parinkimui priklausomai nuo suleidimo.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Presavimas, kvadratinis skerspjūvis, įtempių deformacijų būvis, įtempis.

Įvadas

Presuojami sujungimai dažniausiai pasitaiko presuojant krumpliaraičių vainikus, gaminant elektros variklių rotorius arba montuojant riedėjimo guolius. Riedėjimo guoliuose vienas iš žiedų visuomet suleidžiamas su įvarža, vidaus degimo varikliuose surenkant skriejiko piršto mazgą atliekama presavimo operacija (Janco, 2023; Ristivojević, 2011; Madej, 2018; Murav'ev, 2014). Visi tokie įvertieji suleidimai gaunami presuojant detales ir jie yra sąlyginai neišardomi. Tačiau neretai inžinerijoje leidžiama detales tam tikrais atvejais detales nupresuoti ir po to vėl užpresuoti, pavyzdžiui susidėvėjusio sliakračio vainiko keitimas krumpliaratyje.

Kai velenas su kvadratinio skerspjūvio presuojama dalimi (1 Pav.) turi perduoti sukimo momentą skriemuliui, presuojamas sujungimas eliminuoja laisvumą jungties mazge ir taip sumažina dinamines apkrovas bei virpesius. Pagaminti tokią jungtį yra technologiškai sunkiau dėl aukšto detalių tikslumo ir reikalaujamo skriemulio stebulės ir veleno bendraaiškumo (Vekteris, 2000). Tačiau tokios jungties patvarumas eliminuoja veleno prisukimą skriemulio atžvilgiu sukimo perkrovų atveju.



1 pav. Velenas su užpresuojamu skriemuliu

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Norint padidinti presuojamo sujungimo patvarumą, galima gaubiančią detalę pašildyti arba gaubiamą dalį pašaldyti. Tačiau temperatūros pokytis neturi turėti neigiamų pasekmių pačioms detalėms. Šiame straipsnyje temperatūros pokyčio įtakos presuojamo sujungimo patvarumui nenagrinėsime.

Presuojamoji jėga tokiaame sujungime skaičiuojama darant prielaidą, kad kontaktiniai įtempiai pasiskirsto presuojamajame paviršiuje tolygiai.

Temos aktualumas. Kvadratinio skerspjūvio suleidimo su įvarža presavimo jėgos analitinis modelis priklauso nuo kontaktinių įtempių didumo šiame sujungime. O atsirandančių presavimo eigoje kontaktinių įtempių skaičiavimas tokiaame suleidime iki šiol nėra išnagrinėtas, nes kvadratinio skerspjūvio presuojamoji jungtis velenuose labai retai naudojama.

Tyrimo objektas. Darbe nagrinėjamas veleno ir stebulės sujungtų kvadratinio skerspjūviu įveržtasis suleidimas su kintama įvarža.

Darbo tikslas – matematiškai aprašyti tokio sujungimo presavimo jėgos priklausomybę nuo detalių matmenų panaudojant įveržtojo suleidimo įtempių deformacijų būsenos lygtis.

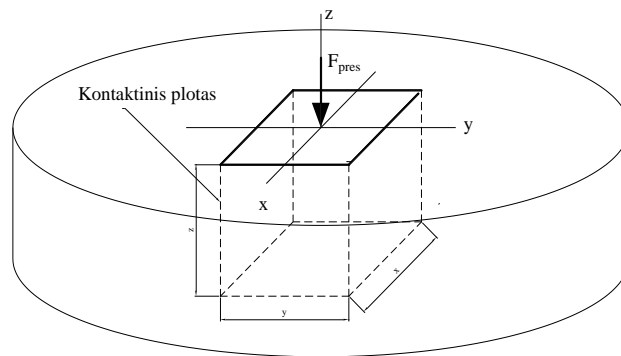
Šiam tikslui pasiekti buvo iškelti tokie *uždaviniai*:

1. Aprašyti veleno su skriemuliu sujungtų per kvadratinį presuotą skerspjūvį geometrinius parametrus;
2. Apskaičiuoti presavimo eigoje kontakto zonoje atsirandančius įtempius;
3. Aprašyti presavimo jėgos priklausomybę nuo kintamų matmenų įveržtame suleidime.

Tyrimo metodika grindžiama teoriniu analizinės matematinio fizikiniu modeliu kuris yra programuojamas spręsti įtempių deformacijų būvio lygčių sistemą.

Presuojamo sujungimo stiprumo skaičiuojamasis modelis

Presuojant sujungimą atsiranda išilginė presavimo jėga F_{pres} (2 pav.), kurią dar galime vadinti ašine jėga.



2 pav. Presuojamo sujungimo geometriniai parametrai

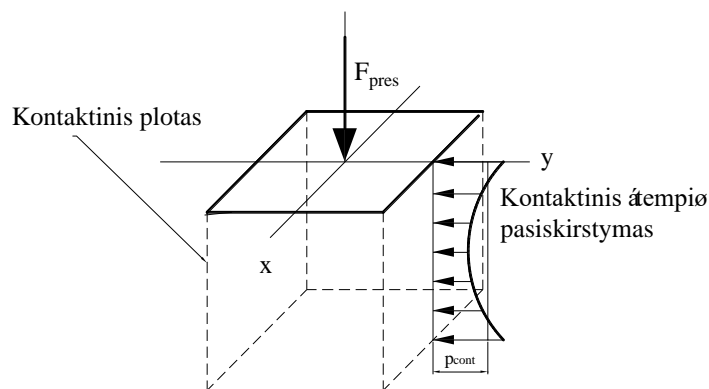
Šaltinis: sudaryta autoriaus

Ši presavimo jėga teoriškai gali būti išreiškiama pagal formulę

$$F_{pres} = f \cdot A_{cont} \cdot p_{cont} \quad (1)$$

čia F_{pres} – presavimo jėga, f - trinties koeficientas. Presuojant plienines ir iš ketaus pagamintas detales priimama $f=0,08$, A_{cont} - kontakto plotas, p_{cont} - vidutinis kontaktinis įtempis.

Kontaktinis įtempis presavimo kryptimi nėra pastovus dydis ir kinta pagal dėsnį parodytą Pav. 3. Įtempių padidėjimas kraštuose atsiranda dėl suspaustos medžiagos išstūmimo presavimo metu iš vidurio į pakraščius.



3 pav. Kontaktinių įtempių presavimo kryptimi pasiskirstymas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Šiame straipsnyje skaičiuojant detalių sujungimo stiprumą daroma prielaida, kad kontaktiniai įtempiai pasiskirsto tolygiai išilgai presavimo krypties ir jų vidutinis dydis yra p_{cont} (3 Pav.).

Presuojamo sujungimo matematinis modelis

Presuojant normaliniai įtempiai veikia visomis trimis kryptimis x , y ir z [2, 4, 5]. Tokiu atveju

proporcingumas išlieka tarp įtempių būvio ir deformacijų būvio. Tokį proporcingumą išreiškia trys priklausomybės dar vadinamos bendruoju Huko dėsnio (Čižas, 1993; Hibbeler, 2011):

$$\begin{cases} \varepsilon_x = [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]/E; \\ \varepsilon_y = [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]/E; \\ \varepsilon_z = [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]/E. \end{cases} \quad (2)$$

čia ε – išilginė deformacija ašių x, y ir z kryptimi, σ - normalinis įtampis x, y ir z ašių kryptimi, ν - medžiagos Puasono koeficientas (plienui imama $\nu = 0,30$), E - medžiagos tamprumo modulis ($E_{plieno}=200$ GPa).

Kai presuojamos dalies matmenys x, y ir z (2 pav.) Huko dėsnio pritaikymas kontaktinių įtempių matematinei išraiškai yra:

$$\begin{cases} \frac{\Delta x}{x} = [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)]/E; \\ \frac{\Delta y}{y} = [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)]/E; \\ \frac{\Delta z}{z} = [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)]/E. \end{cases} \quad (3)$$

čia Δx – kraštinės x ilgio pokytis, Δy – kraštinės y ilgio pokytis, Δz – kraštinės z ilgio pokytis.

Presuojamoje detalėje parametras Δx parodo kiek mikrometrų veleno kvadrato kraštinė yra didesnė už stebulės skylės kraštinę.

Šios lygtys užprogramuojamas MatchCAD (Maxfield, 2006) (4 pav. a) ir sprendžiamas uždavinys su 10x10 mm kvadratine kiauryme stebulėje kurią reikia presuoti 10 mm gyliu. Pavyzdžiui esant suleidimui 1 μm , įtempiai šoninėse kubo sienelėse gaunasi 114 MPa (4 pav. b).

a) b)

Given

$$\frac{[\sigma_x - \nu \cdot (\sigma_y + \sigma_z)]}{E} = \frac{\Delta x}{x_{steb}}$$

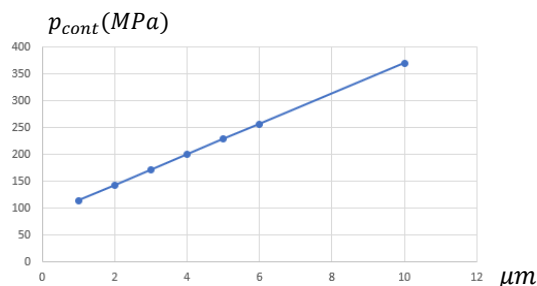
$$\frac{[\sigma_y - \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_z)]}{E} = \frac{\Delta y}{y_{steb}}$$

$$\frac{[\sigma_z - \nu \cdot (\sigma_x + \sigma_y)]}{E} = \frac{\Delta z}{z}$$

$$\text{Find}(\Delta z, \sigma_y, \sigma_x) = \begin{pmatrix} 6.571 \times 10^{-3} \\ 114.286 \\ 114.286 \end{pmatrix}$$

4 pav. Bendrojo Huko dėsnio aprašas MathCAD

Galutinis sprendinys pateikiamas įtempių $\sigma_x = \sigma_x = p_{cont}$ priklausomybe nuo suleidimo skirtumo mikrometrais (kitimas nuo 1 iki 10 μm) 5 pav.



5 pav. Kontaktinio įtempio kitimas nuo suleidimo dydžio

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Žinant kontaktinį slėgi apskaičiuojam presavimo jėga naudojant formulę (1) ir kontaktinės jėgos reikšmės pateikiamos lentelėje

1 lentelė.

Presavimo jėgos priklausomybė nuo suleidimo

Suleidimo gylys, μm	Kontaktiniai įtempiai, MPa	Presavimo jėga, kN
1	114	3,65
2	143	4,58
3	171	5,47

Suleidimo gylis, μm	Kontaktiniai įtempiai, MPa	Presavimo jėga, kN
4	200	6,40
5	229	7,33
6	257	8,23
7	285	9,13
8	314	10,6
9	343	11,0
10	371	11,9

Presavimo jėga skaičiuota panaudojus trinties koeficientą lygų $f = 0,08$. Be abejo presavimo jėga dar priklauso nuo paviršių šiurkščio, tačiau šiame tyrime tas nebuvo nagrinėta.

Rezultatai, apibendrinimai ir išvados

Gautų presuoto sujungimo matematinio modelio tyrimų pagrindu daromi tokie apibendrinimai ir išvados:

1. Presavimo jėgos stiprumo modelis grindžiamas pakankamu vienos detalės apkrovimu ašine jėga su tam tikra kintama įvarža.
2. Įvaržos didumas priklauso nuo presavimo detalių suleidimo ir tai įtakoja presavimo jėgos didumą.
3. Kontaktiniai įtempiai šoniniuose paviršiuose pasiskirsto tolygiai ir skaičiuojami panaudojant įtemptosios deformuotosios būsenos proporcingumo priklausomybes. Analitiniai kontaktiniai įtempiai kito tiesiškai nuo 114 MPa iki 371 MPa.
4. Presavimo jėgos priklausomybė nuo suleidimo su įvarža kito nuo 3,65 kN iki 11,9 kN. Gautų tyrimų pagrindu galima teoriškai nustatyti presavimo jėgą priklausomai nuo suleidimo įvaržos tolerancijų.

Literatūra

1. Čižas, A. Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika. Vilnius: Technika, 1993.
2. Janco R. Stress Analysis of Pressing Joint of Two Conical Pipe, Journal of Mechanical Engineering Volume 73 Issue 1, 2023.
3. Hibbeler, R.C. Mechanics of materials. Prentice Hall, 2011.
4. Murav'ev V., Bakhmatov P., Pitsyk V. Production of a bush-shaft joint by pressing and subsequent sintering. Russ. Engin. Res. 34, 2014.
5. Maxfield B. Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations, ISBN-10:0750667028, Butterworth-Heinemann, 2006.
6. Madej J. A strength analysis of the interference-fit joints. Mechanik, Vol. 91, No. 11, 2018.
7. Ristivojević M., Milošević-Mitić V., Burzić Z., Radić M. Analysis of the stress state of multilayer pressed joints Engineering Failure Analysis. Volume 18, Issue 6, 2011.
9. Vekteris V., Kasparaitis A., Kaušinis S., Kanapėnas R. Matavimų teorija ir praktika. Vilnius, Žiburio leidykla, 2000.

ANALYTICAL MODEL OF THE PRESSING FORCE OF A SQUARE ROD

Summary

Pressed connections in mechanical engineering are made by selecting the appropriate parts. The hole is made with certain dimensions of the pressed part - the geometry of the pressed part is larger than the geometric parameters of the hole. The strength of such a connection is ensured by the friction forces between the surfaces of the pressed parts.

Pressed rods with a square or rectangular profile are a relatively rare phenomenon in mechanical engineering, since the cost of such a connection is high due to the cost of production. However, in certain cases they have advantages over cylindrical connections. If it is possible to rotate the shaft in a pressed cylindrical connection, then the square section excludes this possibility.

The article considers an analytical model of the pressing force of a square rod and gives recommendations for choosing the pressing force depending on the injection.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jurijus Tretjakovas.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija:

Vilnius Gedimino technikos universiteto Statybos fakulteto Taikomosios mechanikos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: netiesinė mechanika, stiprumo mechanika, irimo mechanika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 68621859, jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt

JUOSTINIO KONVEJERIO JUOSTOS PAŽEIDIMAI BEI JUOS LEMIANČIOS PRIEŽASTYS

Diana Šateikienė

Klaipėdos valstybinė kolegija

Anotacija

Juostiniai konvejeriai plačiai eksploatuojami įvairiose pramonės šakose. Pasitelkiant minėtus konvejerius, dažniausiai yra transportuojami birios medžiagos, kurios pasižymi skirtingomis savybėmis bei yra eksploatuojamos skirtingose sąlygose, todėl didelis dėmesys turi būti skiriamas pagrindiniam juostinio konvejerio elementui – juostai, kurios pagalba pernešamas transportuojamas produktas. Konvejerio juosta tiesiogiai kontaktuoja su transportuojamu produktu, kuris yra skirtingų fizinių ir cheminių savybių, skiriasi medžiagų abrazyvumas. Atsižvelgiant į transportuojamų medžiagų skirtingas savybes, naudojamas skirtingos medžiagos juostų gamybai: guma dažniausiai naudojama dėl savo atsparumo dėvėjimuisi, PVC (polivinilchloridas) yra lengvas ir atsparus cheminėms medžiagoms, o poliuretanai pasižymi puikiomis elastingumo ir atsparumo savybėmis. Eksploatuojant juostinius konvejerius skirtingose aplinkose, susiduriama su skirtingu juostos ilgaamžiškumu, nes jis priklauso nuo medžiagos iš kurios yra pagaminta, jos kokybės ir struktūros, skirtingas atsparumas cheminėms medžiagoms bei temperatūrų pokyčiams. Straipsnyje identifikuoti pagrindiniai juostos pažeidimai ir apibūdintos priežastys, kurios lemia juostos mechaninius ir cheminius pažeidimus, tokius kaip juostos slydimas, palaikomųjų ritinėlių susidėvimas, juostos nukrypimas ar įvairūs plyšimai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Konvejeris, juosta, juostos pažeidimai, priežastys.

Įvadas

Konvejeriai yra technologinis transportas, naudojama daugelyje pramonės šakų. Juostiniai konvejeriai yra labai svarbūs šiuolaikiniuose pramonės procesuose, palengvina efektyvų birių medžiagų judėjimą įvairiuose sektoriuose. Todėl plačiai naudojami tokiose pramonės šakose kaip kasyba, gamyba, žemės ūkis ir logistika, didina įmonės našumą ir užtikrina sklandų medžiagų transportavimą. Juostiniai konvejeriai plačiai naudojami todėl, kad jų pritaikymo galimybės yra ganėtinai plačios, didina įmonės veiklos našumą bei tarnauja kaip tiekimo grandinės dalis, leidžianti sklandžiai transportuoti medžiagas dideliais atstumais (Leite, Cavarieli, Prado, 2024). Siekiant užtikrinti patikimą, sklandų ir ilgalaikį juostinio konvejerio eksploatavimą, didelį dėmesį turime skirti jo juostai.

Juostinio konvejerio laikančioji ir traukiamoji dalis yra konvejerio juosta, kuri susideda iš karkaso ir paviršinių dangos sluoksnių, o eksploatacijos metu, juosta yra veikiamą apkrovų, ko pasekoje atsiranda pažeidimai, pvz.: paviršiaus įbrėžimai, plyšimai, kurie atsiranda dėl transportuojamų medžiagų savybių ar krintančių medžiagų smūgio, jei šių pažeidimų greitai nepašaliname – jie didėja, plečiasi ir gali iššaukti konvejerio juostos nutrūkimą. Todėl būtina užtikrinti, kad konvejerio juosta turėtų reikiamas mechanines savybes atsižvelgiant į transportuojamą medžiagą (Wang, Yang, Sun, Zhou, Yang, 2024; Andrejiov, Grincova, Marasova, 2020), todėl jau konvejerio projektavimo metu, į tai būtina atsižvelgti. Kadangi konvejerio juostą galime apibūdinti kaip laminuotos struktūros elementą, kuris yra sudarytas iš skirtingų sluoksnių bei medžiagų, skirtingos konstrukcijos, todėl pasižymi skirtingomis savybėmis ir suteikia galimybę parinkti geriausią juostos variantą atsižvelgiant į eksploatacines sąlygas. Juostos viršutinis sluoksnis yra storesnis ir patvaresnis už apatinį, nes viršutinis sluoksnis turi tiesioginį kontaktą su transportuojama medžiaga, taip siekiama išvengti juostos pažeidimų konvejerio eksploatacijos metu (Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Eksploatuojant juostinius konvejerius reikalavimai konvejerių juostoms yra labai aukšti ir nuolat didėja. Jie daugiausia susiję su dideliu atsparumu dilimui ir atsparumu transportuojamos medžiagos poveikiui, ilgu tarnavimo laiku, dideliu išilginiu stiprumu, mažu svoriu ir kt. (Andrejiova, Grincova, Marasova, 2019). Konvejerių juosta perneša transportuojamą medžiagą ir atlieka tempimo funkciją perduodant apskritiminę jėgą iš varančiojo būgno į varomąjį (Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Todėl juostinių konvejerių patikimumas nuolat yra tiriamas, analizuojamos juostos pažeidimo priežastys bei identifikuojamos pasekmės, nes konvejerio eksploatavimo laikas priklauso nuo juostos ilgaamžiškumo, kurį lemia inžineriniai, konstrukciniai ir eksploataciniai veiksniai.

Tikslas: išanalizuoti juostinio konvejerio juostos pažeidimus bei juos lėmusias priežastis.

Uždaviniai:

1. Apžvelgti juostinių konvejerių panaudojimo galimybes.
2. Išskirti juostinių konvejerių juostų pažeidimus ir juos sukeliančius faktorius.

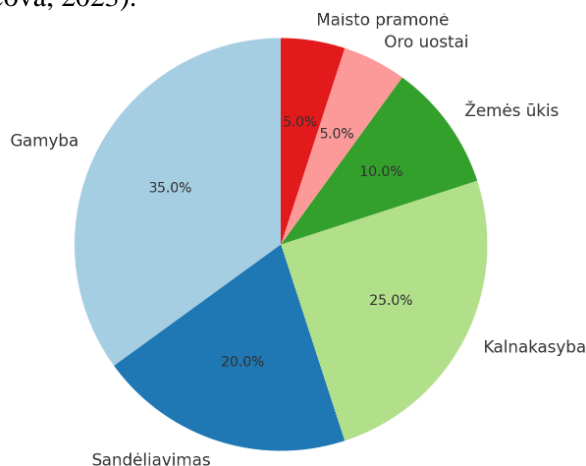
Juostinių konvejerių panaudojimo galimybių apžvalga. Pasitelkiant juostinius konvejerius yra montuojamos konvejerinės sistemos, kurios eksploatuojamos įvairiuose objektuose, kai būtina užtikrinti sklandų sistemos veikimą. Juostiniai konvejeriai plačiai taikomi birių medžiagų gabenimui dideliais atstumais,

nes pasižymi dideliu našumu, kuris siekia iki 2000 t/h transportuojant birius produktus, o vidutinis greitis 2-7 m/s (Leite, Cavarieli, Prado, 2024; Mallah, Aloullal, Kamach, Masmoudi, Kouiss, Chebak, 2023; Krol, Kawalec, Gladysiewicz, 2017). Juostinės konvejerinės sistemos yra plačiai naudojamos birių medžiagų transportavimui, šių sistemų svarbus vaidmuo yra transportuojant anglis kasybos pramonėje, kur juosta dažnai pažeidžiama mechanškai ir juostos pažeidimas neigiamai paveikia anglies gavybos proceso efektyvumą, kuris priklauso nuo didelio konvejerio juostų patikimumo ir ilgaamžiškumo. Konvejerinių juostų medžiagų sudėtis turi didelę įtaką minėtų reikalavimų įvykdymui, nes juostos medžiagų savybės lemia konvejerių eksploatacines savybes, todėl jau projektavimo metu reikia įvertinti norimas juostos savybes tokias kaip tempimo deformacijos (Guo, Liu, Gardoni, Glowacz, Królczyk, Incecik, Li, 2023; Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Kadangi konvejerio juosta, kaip juostinės konvejerinės sistemos nešančioji terpė, yra pažeidžiama ir dėl pašalinių metalinių medžiagų, susimaišiusių su anglimis, arba birios medžiagos smūginės apkrovos, todėl tokie konvejerio juostos pažeidimai gali sumažinti konvejerinės sistemos efektyvumą arba net visiškai sustabdyti eksploataciją. Todėl būtina stebėti konvejerio juostos būklę, kad būtų užtikrintas nepertraukiamas konvejerinės sistemos veikimas (Guo, Liu, Gardoni, Glowacz, Królczyk, Incecik, Li, 2023).

Juostiniai konvejeriai plačiai yra naudojami, kroviniams transportuoti dideliais atstumais, todėl eksploatuojami birių krovinių terminaluose. Pastaraisiais metais, uosto krovos kompanijos didelį dėmesį skiria technologijų atnaujinimui, todėl svarbiu aspektu tapo didesni transportavimo pajėgumai pakraunant laivus bei išmanių technologijų panaudojimas transportavimo procesui valdyti. Konvejerio juosta yra pagrindinis krovinių laikantis ir traukiantis elementas, kuris sudaro apie 50 % viso konvejerio savikainos. Juostos kainos procentinė dalis didėja priklausomai nuo transportavimo atstumo. Birių krovinių terminaluose, dažniausiai susiduriama su juostų plyšimo problemomis (Wang, Liu, Sun, Zhu, Yang, 2022). Juostiniai konvejeriai jūrų uostuose atlieka neatsiejamą vaidmenį, didindami krovinių krovos operacijų efektyvumą, optimizuodami krovinių srautus ir mažindami logistikos kaštus.

Gamybinėse įmonėse žaliavų transportavimui yra naudojamos juostinės konvejerinės sistemos, kurios jungia kelis juostinius konvejerius ir žaliavos yra pilamos nuo vieno konvejerio ant kitos. Pylimo vietoje yra pažeidžiamas juostos paviršius, ko pasekoje, tolesnėje konvejerio eksploatacijoje, atsiranda karkaso pažeidimai arba plyšta juosta ir konvejerinės sistemos toliau nebegalima eksploatuoti, reikalingas remontas. Konvejerio juostos remontas yra ganėtinai ilgas procesas, todėl susiduriama su prastovomis ir neigiamu poveikiu įmonės pajamoms (Andrejiova, Grincova, Marasova, 2021). Juostiniai konvejeriai užtikrina nuolatinį ir sklandų žaliavų, komponentų ir gaminių transportavimą tarp skirtingų gamybos etapų, kas padeda sumažinti laiko sąnaudas ir pagerina bendrą gamybos efektyvumą, integravus juostinius konvejerius su automatizuotomis sistemomis, galima pasiekti didesnę produktyvumą. Todėl didelis dėmesys turi būti skiriamas juostinio konvejerio juostai, kad gamybos procesai vyktų sklandžiai.

Juostinės konvejerinės sistemos, eksploatuojamos oro uostuose bagažo gabenimui, kur yra veikiamos smūginių apkrovų. Konvejerio eksploatacijos metu apkrova greitai kinta per trumpus laiko intervalus, o atsirandantys įtempimai yra kelis kartus didesni nei statiniai įtempimai. Smūgio metu, smūgiuojančio objekto – bagažo kinetinė energija labai greitai pasikeičia į konvejerio juostos potencinę energiją, šis procesas neigiamai paveikia juostą ir po tam tikro eksploatavimo laiko sukelia mechaninius pažeidimus (Semrád, Draganová, Koščák, Čerňan, 2020). Konvejerio juostos konstrukcijos pažeidimus, sukeltus medžiagos smūgio, smūgio energiją iš pradžių sugeria dengiantis juostos sluoksnis ir jame susidaro įtempimai ir deformacijos. Eksploatacijos metu deformacijos ir dengiamajame sluoksnyje susidariusių įtempių intensyvumas kinta (Marasova, Andrejiova, Grincova, 2023).



1 pav. Juostinių konvejerių pasiskirstymas pagal pramonės šakas
Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis tyrimo rezultatais

Išanalizavus grafike pateiktus duomenis, galime teigti, kad juostinių konvejerių naudojimo pasiskirstymą įvairiose pramonės šakose yra skirtingas, daugiausia jie naudojami gamyboje (35 %), taip pat svarbią dalį sudaro kalnakasyba (25 %) ir sandėliavimas (20 %). Mažiau naudojami juostiniai konvejeriai žemės ūkyje, oro uostuose ir maisto pramonėje. Medžiagos transportavimas juostiniais konvejeriais yra tipiškas transportavimo būdas, taikomas įvairiuose technologiniuose procesuose, būdinguose mineralinių žaliavų kasybos vietose ir perdirbimo įmonėse. Birių medžiagų transportavimas vyksta įvairiose pramonės šakose, įskaitant kasybą, mineralų apdirbimą, cheminių apdorojimą, šiluminės elektrinės ir daugelis kitų, dirbančių su biriomis kietosiomis medžiagomis.

Juostinio konvejerio juostos eksploatacijos problemos. Juostinio konvejerio pagrindinis konstrukcinis elementas yra juosta, nes tai konvejerio darbinis elementas, nešantis transportuojamą produktą. Konvejerių juostų pažeidimai yra skirtingi atsižvelgiant į jų sudėtingumą bei pažeidimo laipsnį. Kai kuriais atvejais pažeidimai yra kritiniai, konvejeriai yra stabdomi (Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Konvejerio juostos pažeidimai yra brangiai atsieinantis kiekvienai įmonei, nes visa tai iššaukia prastovas. Juostos pažeidimus dažniausiai iššaukia konvejerio eksploatacinės sąlygos bei transportuojamo produkto savybės (Bortnowski, Kawalec, Król, Ozdoba, 2022). Todėl eksploatacijos metu yra svarbu didelį dėmesį skirti tinkamam konvejerio eksploatavimui bei techninės būklės priežiūrai, taip užtikrinant juostos eksploatacinio periodo prailginimą. Identifikavus juostų pažeidimo rūšis ir nustatčius faktorius bei priežastis nulėmusias juostos pažeidimus, galima nustatyti prevencijos priemones pažeidimams išvengti. Juostos eksploatacijos laikas priklauso nuo jos konstrukcijos, eksploatacinių sąlygų, nuolatinio judėjimo, kontakto su transportuojama medžiaga ir sąlyčio su besisukančiais konstrukciniais elementais (Bajda, Hardygóra, 2019; Rudawska, Madleňák, Madleňáková, Drożdziel, 2020; Fedorko, Molnar, Grincova, Dovica, Toth, Husakova, Kelemen, 2014). Konvejerio eksploatacinės sąlygos daro tiesioginę įtaką juostos parametrų pokyčiui, pavyzdžiui aplinkos temperatūra ir konvejerio eksploatacinis greitis – juostos tamprumo moduliui (Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Kintanti ir nepastovi juostos apkrova sukelia juostos pažeidimus (Andrejiova, Grincova, Marasova, 2016). Analizuojant konvejerio juosto pažeidimus, visus juos galima suskirstyti į dvi grupes ir pirmai grupei priskirti pažeidimus, kurie yra nedidelėje juostos atkarpoje, o antrai grupei priskirti pažeidimus, kurie yra ištisiniai per visą konvejerio juostą.

Didelis dėmesys turi būti skiriamas konvejerio juostos parinkimui atsižvelgiant į jos būsimas eksploatacines sąlygas. Moksliniai tyrimų rezultatai teigia, kad konvejerio juostos pažeidimus lėmė netinkamos juostos parinkimas ir nepakankamai įvertintos būsimos eksploatacinės sąlygos bei konvejerio darbo pobūdis (Fedorko, Molnár, Michalik, Dovica, Kelemenová, Toth, 2019; Gładysiewicz, Konieczna, 2018). Juostos parinkimas turi būti atliekamas naudojantis skaitmeninėmis technologijomis, įvertinant konvejerio darbo vietą, eksploatacines sąlygas, jėgų pasiskirstymą konvejerio juostoje, juostos tempimo jėgų pasiskirstymą, juostos stiprumą, juostos tuščią eigą ir jos periodų dažnį, produkto pakrovimo taškus bei juostos valymo įrenginio poveikį.

Konvejerio juostų plyšimai apibūdinami kaip juostos paviršiaus mechaniniai pažeidimai, kurie apibūdinami dydžiu, gyliu ir forma, jie tarpusavyje skiriasi bei jų atsiradimas pablogina juostos vientisumą ir tinkamą eksploataciją (Leite, Cavarieli, Prado, 2024). Mokslininkai savo tyrimuose išskiria tris skirtingus plyšimo tipus: išilginis, skersinis ir įstrižas. Konvejerio juostos mechaninis pažeidimas ir pradūrimas yra vienas iš pagrindinių faktorių, kuris turi būti įvertinamas nustatant juostos ilgaamžiškumą, nes didelė dalis juostos eksploatacinių problemų yra būtent jos pradūrimas (Webb, Sikorska, Khan, Hodkiewicz, 2020; Nishi, 2019; Swain, Bhuyan, Behera, Mohapatra, Behera, 2020; Błażej, Jurdziak, Kirjanów, Kozłowski, 2017; Błażej, Jurdziak, Kirjanow-Blazej, Kozłowski, 2021). Juostos pradūrimas dažniausiai įvyksta krintant aštriai medžiagai. Vienas iš būdų, kaip sumažinti tokio pobūdžio juostos pažeidimus, yra tinkamo tipo konvejerio juostos parinkimas. Todėl konvejerių juostų atsparumo pradūrimui analizė yra svarbus veiksnys, kad būtų išvengta konvejerio juostos mechaninių pažeidimų (Fedorko, Molnar, Marasova, Grincova, Dovica, Zivcak, Husakova, 2014). Kitas mechaninis eksploatacinis juostos pažeidimo tipas yra išilginis juostos plyšimas arba perpjovimas. Išilginiai plyšimai atsiranda išilgai juostos bei lygiagrečiai transportuojamos medžiagos judėjimo kryptčiai. Juostoje minėti plyšiai atsiranda dėl aštrių transportuojamo produkto briaunų arba per didelį juostos paviršiaus susidėvėjimą. Konvejerio juostose išilginis plyšimas yra dažnesnis nei skersinis. Plyšimas išilgai juostos gali turėti rimtų pasekmių tiek ekonominių, tiek ergonominių - darbuotojų sauga (Leite, Cavarieli, Prado, 2024; Yang, Miao, Li, Mei, 2014). Juostos plyšimai gali sukelti vibraciją ir nevienodus juostos įtempimus, to pasėkoje dėvėsi kiti juostinio konvejerio komponentai ir tai trumpėja konvejerio eksploatacijos laikas (Leite, Cavarieli, Prado, 2024). Įvykus šiam pažeidimui, dažniausiai juostinis konvejeris toliau nebegali būti eksploatuojamas, reikalinga juostą pakeisti nauja (Zhang, Shi, Zhang, Yu, Zhou, 2021; Netto, Coelho, Delabrida, Sinatora, Azpúrua, Pessin, Bianchi, 2021; Leite, Cavarieli, Prado, 2024). Pastebėti ir identifiukuoti šiuos pažeidimus ankstyvojoje stadijoje yra ganėtinai sudėtinga, išilginiai pjūviai dažniausiai įvyksta staiga,

todėl vienintelė prevencijos priemonė yra stebėjimas ar neatsirado juostos išilginė pažeidimo ar įpjovos linija.

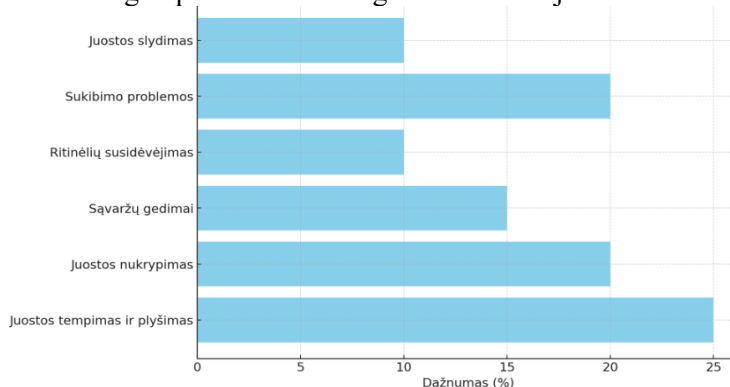
Gumuoto audinio juostos yra skirtingų storių bei skirtingų tarpsluoksnių, skiriasi karkaso konstrukcija, intarpų skaičius bei atitinkamai ir jos masė. Eksploatuojant juostinius konvejerius susiduriama ir su juostos išsisluoksniavimo problema, todėl sumažėja juostos stiprumas. Juostos išsisluoksniavimo atsiradimui įtakos turi projektinės klaidos, tokios kaip per mažų skersmenų parinkti būgnai arba eksploatacijos metu pasikeitę konvejerio parametrai (Djekić, Tomić, Milutinović, 2017; Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Juostos eksploatacijos metu, paviršiuje atsiradę iškilimai, gali signalizuoti, kad yra prarandamas metalinio kordo sukibimas su guma, nors šio tipo juostos yra laikomos itin ilgaamžėmis ir patikimomis. Pakitus juostos struktūrai, keičiasi juostos savybės, juosta susilpnėja ir pradeda greičiau dėvėtis (Chowdhury, Chanda, Ghosh, Banerjee, Banerjee, Das, Mukhopadhyay, 2020). Juostos išsisluoksniavimą gali iššaukti netinkamas juostos įtempimas, nes jei juosta nėra tinkamai įtempta, ji gali pradėti slysti arba išsisluoksniuoti. Laikui bėgant, juosta dėvisi, o tai sumažina jos stiprumą ir sukelia sluoksniavimąsi. Per didelės juostos apkrovos, sukelia juostos deformacijas, kas sukelia išsisluoksniavimą.

Kita eksploatacinė problema su kuria susiduriama, tai juostos kraštų susidėvėjimą, kuris atsiranda dėl eksploatacijos metu įstrigusių medžiagų, juostos sluoksnių atsislouksniavimo kai sluoksniai atsiskiria, būgno paviršiaus susidėvėjimo, netinkamai parinktų ir pritaikytų juostos valymo mechanizmų, jėgų koncentracijos, nuolatinio juostos lenkimo bei išlinkimo. Juostos kraštų pažeidimai kelia problemų prižiūrint ir eksploatuojant juostinius konvejerius skirtingose pramonės šakose (Bortnowski, Kawalec, Król, Ozdoba, (2022); Leaite, Cavarieli, Prado, 2024).

Eksploatuojant pažeistą juostą arba nekokybiškai suremontuotą, suklijuotą ar vulkanizuotą gali iššaukti konvejerio darbo stabdymo poreikį, todėl svarbu atlikti kokybiškai juostos remonto darbus ir taip prailginti juostos ilgaamžiškumą. Juostinio konvejerio eksploatacijos metu susiduriama su sukeltu triukšmu bei vibracijomis, šie faktoriai yra svarbūs ne tik pačio konvejerio eksploatacijai, jo parametru pokyčiui, veikimo sutrikimu, bet tai gali turėti įtakos ir konvejerio juostos patvarumui, todėl būtina kuo skubiau nustatyti triukšmo ir vibracijos šaltinį bei jį pašalinti (Bortnowski, Nowak-Szpak, Król, Ozdoba, 2021; Bortnowski, Nowak-Szpak, Ozdoba, Król, 2020; Moravec, Badida, Jamborova, Badidova, 2018; Liu, Pei, Lodewijks, Zhao, Mei, 2020). Nors juostos remontas gali būti naudingas, svarbu atidžiai įvertinti remonto galimybes ir apsvarstyti, ar tai yra geriausias sprendimas kiekvienoje konkrečioje situacijoje. Kartais investicija į naują konvejerio juostą gali būti racionali ir ilgalaikis sprendimas.

Visus konvejerio juostos pažeidimus galima suskirstyti į mechaninius ir fizikinius/cheminius. Didžiausią pavojų keliantys, kritiški mechaniniai pažeidimai yra laikomi juostos struktūros pažeidimas ir perforacija. Iš fizikinių/cheminių pažeidimų kritiškiausi yra įvardinami tokie kaip tamprumo modulio pokytis, šiluminės varžos pokytis ir terminis oksidavimasis. Kiekvienas pasikartojantis konvejerio juostos pažeidimas gali būti priskiriamas konkrečiai vietai, įtrūkimai dengiamuosiuose sluoksniuose dažniausiai pasireiškia krovinio pakrovimo ir iškrovimo vietose (Fedorko, Molnár, Honus, Beluško, Tomašková, 2018). Dalį minėtų mechaninių pažeidimų galima nustatyti vizualiai.

Pastovus konvejerio juostos stebėjimas yra būtinas, kad užtikrinti saugų ir efektyvų konvejerių sistemų darbą įvairiose pramonės šakose. Šios sistemos skirtos identifikuoti galimas problemas ir neleisti joms sugadinti konvejerio juostos, įrangos ar net sužeisti dirbančio personalo (Leaite, Cavarieli, Prado, 2024). Juostinio konvejerio konstrukcinių elementų nusidėjimas neigiamai veikia ir pačią juostą. Juostinio konvejerio ritinėlių susidėvėjimas yra labai pavojingas, galimi jo paviršiniai defektai ar mechaniniai pažeidimai, kurie yra aštrūs gali sukelti ilgus pjūvius, ko pasėkoje juostos eksploatuoti nebebus galima. Juosta ir būgnas yra pastovi sąveika, todėl juostos būklė tiesiogiai priklauso nuo būgno konstrukcijos ir būklės.



2 pav. Juostinių konvejerių eksploatacinės problemos iššaukiančios juostos pažeidimus

Šaltinis: sudaryta autoriaus, remiantis tyrimo rezultatais

2 paveiksle pateiktos dažniausios juostinių konvejerių juostos pažeidimų priežastys. Kadangi juostos dėvėjimasis yra viena iš pagrindinių problemų, susijusių su konvejerių eksploatacija, dėvėjimosi greitis priklauso nuo medžiagos, apkrovos, ir naudojimo sąlygų, todėl reikia didelį dėmesį skirti juosto medžiagos parinkimui bei naudoti aukštos kokybės juostas, kurios būtų atsparios dėvėjimuisi bei reguliariai atlikti priežiūrą. Juostiniais konvejeriais transportuojami skirtingi kroviniai, eksploatacijos metu juostos nuslydimas pasireiškia transportuojant sunkius krovinius arba juosta eksploatuojama drėgna, todėl rekomenduojama konvejerių projektavimo metu parinkti juostas iš tokių medžiagų, kad būtų kuo geresnis sukibimas su krovinium, o eksploatacijos metu tikrinti juostos įtempimą. Juostos mechaniniai pažeidimas, įplyšimai dažniausiai atsiranda transportuojant aštrius, abrazyvius krovinius arba dėl per didelės apkrovos, todėl rekomenduojama naudoti juostų šonų apsaugas bei įsidiegti stebėjimo sistemas, kad laiku gauti informaciją apie juostos pažeidimus. Eksploatacijos metu, konvejerio juosta gali nuslysti arba pasisukti, kad išvengtų šios eksploatacinės problemos, reikėtų teisingai sumontuoti juostą ir pastoviai stebėti jos įtempimą bei juostos padėtį.

Išvados

1. Juostiniai konvejeriai yra neatsiejama šiuolaikinės pramonės dalis, kurių panaudojimas didina efektyvumą ir mažina kaštus, optimizuoja gamybos procesus bei prisideda prie tvarumo. Dėl minėtų privalumų, juostiniai konvejeriai yra plačiai naudojami gamyboje surinkimo linijose, logistikos sektoriuje bei sandėliuose, kurių pagalba galima užtikrinti greitą užsakymų vykdymą, rūšiavimą bei transportavimą. Kasybą ir statybą, išskiriame kaip antrą pagal dydį sektorių, kuriame yra naudojami juostiniai konvejeriai, jų pagalba smėlis, žvyras ir kitos statybinės medžiagos yra transportuojamos.

2. Juostinių konvejerių juostų pažeidimai gali turėti didelį poveikį konvejerių našumui ir efektyvumui, turėti rimtų pasekmių tiek gamybos efektyvumui, tiek darbuotojų saugai. Sisteminga priežiūra, tinkamas medžiagų pasirinkimas projektavimo metu ir reguliarūs patikrinimai gali padėti išvengti eksploatacinių problemų ir užtikrinti sklandų konvejerių veikimą. Visus juostinio konvejerio juostos pažeidimus galima suskirstyti į mechaninius ir fizikinius/cheminius. Dažniausiai juostos pasitaikantys mechaniniai pažeidimai yra juostos kraštų susidėvėjimas, juostos nukrypimas, sukibimo problemos, juostos pradūrimas, kuris įvyksta krintant aštriai medžiagai, o dėl aštrių transportuojamo produkto briaunų arba per didelis juostos paviršiaus susidėvėjimas iššaukia išilginius juostos plyšimus. Nuolatinis technologijų tobulinimas ir inovacijos taip pat gali prisidėti prie geresnės juostų apsaugos ir ilgaamžiškumo.

Literatūra

1. Andrejiova, M., Grincova, A., & Marasova, D. (2021). Identification with machine learning techniques of a classification model for the degree of damage to rubber-textile conveyor belts with the aim to achieve sustainability. *Engineering Failure Analysis*, 127, 105564.
2. AndrejiovA, M., GrincovA, A., & Marasova, D. (2020). Analysis of tensile properties of worn fabric conveyor belts with renovated cover and with the different carcass type. *Eksploatacja i Niezawodność*, 22(3).
3. Andrejiova, M., Grincova, A., & Marasova, D. (2019). Failure analysis of the rubber-textile conveyor belts using classification models. *Engineering Failure Analysis*, 101, 407-417.
4. Andrejiova, M., Grincova, A., & Marasova, D. (2016). Measurement and simulation of impact wear damage to industrial conveyor belts. *Wear*, 368, 400-407.
5. Bajda, M., & Hardygóra, M. (2019, April). Laboratory tests of operational durability and energy–efficiency of conveyor belts. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 261, No. 1, p. 012002). IOP Publishing.
6. Blazej, R., Jurdziak, L., Kirjanow-Blazej, A., & Kozłowski, T. (2021). Identification of damage development in the core of steel cord belts with the diagnostic system. *Scientific Reports*, 11(1), 12349.
7. Błazej, R., Jurdziak, L., Kirjanów, A., & Kozłowski, T. (2017). Core damage increase assessment in the conveyor belt with steel cords. *Diagnostyka*, 18, 93–98.
8. Bortnowski, P., Kawalec, W., Król, R., & Ozdoba, M. (2022). Types and causes of damage to the conveyor belt–Review, classification and mutual relations. *Engineering Failure Analysis*, 140, 106520.
9. Bortnowski, P., Nowak-Szpak, A., Król, R., & Ozdoba, M. (2021). Analysis and distribution of conveyor belt noise sources under laboratory conditions. *Sustainability*, 13(4), 2233.
10. Bortnowski, P., Nowak-Szpak, A., Ozdoba, M., & Król, R. (2020). The acoustic camera as a tool to identify belt conveyor noises. *Journal of Sustainable Mining*, 19(4), 286-294.
11. Chowdhury, S. G., Chanda, J., Ghosh, S., Banerjee, K., Banerjee, S. S., Das, A., ... & Mukhopadhyay, R. (2020). Impact of adhesive ingredients on adhesion between rubber and brass-plated steel wire in tire. *Polymer Engineering & Science*, 60(8), 1973-1983.
12. Djekić, P., Tomić, M., & Milutinović, B. (2017). Mathematical modeling of the beginning of delamination at rubber conveyor belts. In *Proceedings of the DIS'17: Designing Interactive Systems Conference 2017*.

13. Fedorko, G., Molnár, V., Michalik, P., Dovica, M., Kelemenová, T., & Toth, T. (2019). Failure analysis of conveyor belt samples under tensile load. *Journal of Industrial Textiles*, 48(8), 1364-1383.
14. Fedorko, G., Molnár, V., Honus, S., Beluško, M., & Tomašková, M. (2018). Influence of selected characteristics on failures of the conveyor belt cover layer material. *Engineering Failure Analysis*, 94, 145-156.
15. Fedorko, G., Molnar, V., Grincova, A., Dovica, M., Toth, T., Husakova, N., ... & Kelemen, M. (2014). Failure analysis of irreversible changes in the construction of rubber–textile conveyor belt damaged by sharp-edge material impact. *Engineering Failure Analysis*, 39, 135-148.
16. Fedorko, G., Molnar, V., Marasova, D., Grincova, A., Dovica, M., Zivcak, J., ... & Husakova, N. (2014). Failure analysis of belt conveyor damage caused by the falling material. Part I: Experimental measurements and regression models. *Engineering failure analysis*, 36, 30-38.
17. Gładysiewicz, L., & Konieczna, M. (2018). Analytical method for establishing indentation rolling resistance. *In E3S Web of Conferences* (Vol. 29, p. 00001). EDP Sciences.
18. Guo, X., Liu, X., Gardoni, P., Glowacz, A., Królczyk, G., Incecik, A., & Li, Z. (2023). Machine vision based damage detection for conveyor belt safety using Fusion knowledge distillation. *Alexandria Engineering Journal*, 71, 161-172.
19. Krol, R., Kawalec, W., & Gladysiewicz, L. (2017, December). An effective belt conveyor for underground ore transportation systems. *In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 95, No. 4, p. 042047). IOP Publishing.
20. Liu, X., Pei, D., Lodewijks, G., Zhao, Z., & Mei, J. (2020). Acoustic signal based fault detection on belt conveyor idlers using machine learning. *Advanced Powder Technology*, 31(7), 2689-2698.
21. Leite, J. R., Cavarieli, D. C., & Prado, A. R. (2024). Efficient monitoring of longitudinal tears in conveyor belts using 2D laser scanner and statistical methods. *Measurement*, 114225.
22. Mallah, S., Aloullal, A., Kamach, O., Masmoudi, M., Kouiss, K., & Chebak, A. (2023). Modeling the bulk port belt-conveyor routing problem considering interactions with storage spaces and loading operations. *IEEE Access*.
23. Marasova, D., Andrejiova, M., & Grincova, A. (2023). Experimental Study of the Influence of the Interaction of a Conveyor Belt Support System on Belt Damage Using Video Analysis. *Applied Sciences*, 13(13), 7935.
24. Moravec, M., Badida, M., Jamborova, M., & Badidova, A. (2018). Conveyor failure diagnostics using sound visualization technique. *Advances in Science and Technology. Research Journal*, 12(4), 144-150.
25. Nishi, T. (2019). Rubber wear mechanism discussion based on the relationship between the wear resistance and the tear resistance with consideration of the strain rate effect. *Wear*, 426, 37-48.
26. Netto, G. G., Coelho, B. N., Delabrida, S. E., Sinatora, A., Azpúrua, H., Pessin, G., ... & Bianchi, A. G. (2021). Early Defect Detection in Conveyor Belts using Machine Vision. *In VISIGRAPP (4: VISAPP)* (pp. 303-310).
27. Rudawska, A., Madleňák, R., Madleňáková, L., & Drozdziel, P. (2020). Investigation of the effect of operational factors on conveyor belt mechanical properties. *Applied Sciences*, 10(12), 4201.
28. Semrád, K., Draganová, K., Koščák, P., & Čerňan, J. (2020). Statistical prediction models of impact damage of airport conveyor belts. *Transportation research procedia*, 51, 11-19.
29. Swain, B., Bhuyan, S., Behera, R., Mohapatra, S. S., & Behera, A. (2020). Wear: a serious problem in industry. *Tribology In Materials And Manufacturing-Wear, Friction And LubricationIntechOpen*.
30. Wang, G., Yang, Z., Sun, H., Zhou, Q., & Yang, Z. (2024). AC-SNGAN: Multi-class data augmentation for damage detection of conveyor belt surface using improved ACGAN. *Measurement*, 224, 113814.
31. Wang, G., Liu, Z., Sun, H., Zhu, C., & Yang, Z. (2022). Yolox-BTFPN: An anchor-free conveyor belt damage detector with a biased feature extraction network. *Measurement*, 200, 111675.
32. Webb, C., Sikorska, J., Khan, R. N., & Hodkiewicz, M. (2020). Developing and evaluating predictive conveyor belt wear models. *Data-Centric Engineering*, 1, e3.
33. Yang, Y., Miao, C., Li, X., & Mei, X. (2014). On-line conveyor belts inspection based on machine vision. *Optik*, 125(19), 5803-5807.
34. Zhang, M., Shi, H., Zhang, Y., Yu, Y., & Zhou, M. (2021). Deep learning-based damage detection of mining conveyor belt. *Measurement*, 175, 109130

BELT CONVEYOR BELT DAMAGE AND ITS CAUSES

Summary

Belt conveyors are widely used in a wide range of industries. Belt conveyors are widely used in manufacturing assembly lines, the logistics sector and in warehouses to ensure fast order fulfilment, sorting and transport. Mining and construction is the second largest sector where belt conveyors are used to transport sand, gravel and other construction materials. The conveyor belt is in direct contact with the product to be conveyed, which has different physical and chemical properties and different abrasiveness of materials. Different materials are used for the production of the belts, depending on the different properties of the materials to be conveyed: rubber is the most common material used for its resistance to wear, PVC (polyvinyl chloride) is lightweight and resistant to chemicals, and polyurethane has excellent elasticity and resistance properties. When operating belt conveyors in different environments, the durability of the belt varies depending on the material from which it is made, its quality and structure, and its resistance to chemicals and changes in temperature.

Damage to belts on belt conveyors can have a significant impact on the productivity and efficiency of conveyors, with serious consequences for both production efficiency and worker safety. Systematic maintenance, proper material selection during design and regular inspections can help prevent operational problems and ensure smooth operation of conveyors. All belt damage on a belt conveyor can be divided into mechanical and physical/chemical. The most common mechanical damages to the belt are wear of the belt edges, belt deflection, adhesion problems, belt punctures caused by sharp material falling on the belt, and longitudinal belt tears caused by sharp edges of the conveyed product or excessive wear of the belt surface. Continuous technological development and innovation can also contribute to better protection and durability of the belts.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Diana Šateikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktarė, docentė.

Darbo vietą ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, dėstytoja.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologinis transportas.

Telefonas ir el. pašto adresas: d.sateikiene@kvk.lt

OBJEKTYVIAI PAMATUOJAMŲ SOCIALINIŲ EKONOMINIŲ GEROVĖS RODIKLIŲ RAIŠKOS VERTINIMAS: BALTIJOS ŠALIŲ SITUACIJOS 2020-2023 METAIS ANALIZĖ

Kristina Burneikienė
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Nuo praėjusio amžiaus pabaigos įvairių šalių mokslininkų darbuose ir politinėse programose pradėta plačiau kalbėti bei analizuoti visuomenės socialinę ekonominę situaciją: įvairių socialinių grupių, ir ypač socialiai pažeidžiamesnių grupių gyvenimo kokybę, gerovę, pragyvenimo lygmenį bei sąlygų pokyčius. Siekiant sukurti socialiai darnią Europos visuomenę vienas esminių klausimų vis dar išlieka pajamų paskirstymo bei nepritekliaus lygio mažinimas. Pažangios visuomenės rodikliu gali būti laikoma gerovė, kuri yra svarbi vertybė šiuolaikinių žmonių gyvenime. Įvairių sričių mokslininkai vieningai sutaria, kad visuomenės gerovę galima matuoti bei vertinti keliais metodais, t.y. vertinant subjektyvią suvokiamą gerovę bei objektyviais rodikliais matuojamą gerovę. Straipsnyje siekiama apžvelgti galimus objektyviai įvertinamus socialinius ekonominius visuomenės gerovės rodiklius ir juos lemiančius veiksnius, bei atlikti objektyviai pamatuojamų socialinio ekonominio pobūdžio gerovės rodiklių Baltijos šalyse siejant su Europos Sąjungos vidurkiu 2020-2023 metų laikotarpiu analizę.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Gerovės vertinimo metodai, objektyviai pamatuojami socialiniai ekonominiai gerovės rodikliai.

Įvadas

Jau nuo praėjusio amžiaus pabaigos įvairių šalių mokslininkų darbuose ir politinėse programose pradėta plačiau kalbėti bei analizuoti visuomenės socialinę ekonominę situaciją: įvairių socialinių grupių, ir ypač socialiai pažeidžiamesnių grupių gyvenimo kokybę, gerovę, pragyvenimo lygmenį bei sąlygų pokyčius. Europos Sąjunga, siekdama skatinti bendrą darnią plėtrą, nuolat stiprina savo ekonominę, socialinę ir teritorinę sanglaudą, ypač stengiantis mažinti įvairių regionų išsivystymo lygio skirtumus. Siekiant sukurti socialiai darnią Europos visuomenę vienas esminių klausimų vis dar išlieka pajamų paskirstymo bei nepritekliaus lygio mažinimas. Pažangios visuomenės rodikliu gali būti laikoma gerovė, kuri yra svarbi vertybė šiuolaikinių žmonių gyvenime. Lietuvos pažangos strategijoje „Lietuva 2030“ vienas iš numatytų įgyvendinti rodiklių yra pagal „Gyvenimo kokybės standartą“ užimti ne žemesnę nei 10 vietą tarp Europos Sąjungos šalių. Šiame straipsnyje siekiama apžvelgti galimus objektyvius socialinius ekonominius visuomenės gerovės rodiklius ir juos lemiančius veiksnius, bei atlikti objektyviai pamatuojamų socialinio ekonominio pobūdžio gerovės rodiklių Baltijos šalyse siejant su Europos Sąjungos vidurkiu 2020-2023 metų laikotarpiu analizę.

Tyrimo objektas – objektyviai pamatuojami socialiniai ekonominiai gerovės rodikliai.

Darbo tikslas – išsiaiškinti objektyviai pamatuojamų socialinių ekonominių gerovės rodiklių raiškos ypatumus.

Darbo uždaviniai:

- Apžvelgti objektyviai pamatuojamus socialinius ekonominius gerovės rodiklius.
- Palyginti objektyviai pamatuojamus socialinio ekonominio pobūdžio gerovės rodiklius Baltijos šalyse, siejant su Europos Sąjungos vidurkiu 2020-2023 metų laikotarpyje.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, empirinis tyrimas, statistinių duomenų lyginamoji analizė.

1. Gerovės vertinimo metodai, objektyviai pamatuojami socialiniai ekonominiai rodikliai. Nuo 2003 metų, pirmą kartą atlikus gyvenimo kokybės apklausas Europoje (T. Fahey, B. Maître, Ch. Whelan ir kt., 2003), bei atliekant jas vėliau, tyrinėtojai tiek ekonomistai, tiek psichologai vieningai sutaria, kad reikėtų taikyti du pagrindinius bendros visuomenės gerovės matavimo bei vertinimo metodus: subjektyvios gerovės ir objektyvios gerovės (V. Voukelatou, L. Gabrielli, I. Miliou, S. Cresci, R. Sharma, M. Tesconi, L. Pappalardo, 2020).

Anot mokslininkų V. Voukelatou, L. Gabrielli ir kt. subjektyvią gerovę arba laimę galima apibrėžti analizuojant kaip palankiai pats individas vertina savo gyvenimo gerovę kaip visumą. Subjektyvi gerovės vertinimo metodika, anot G. Vaznonienės (2010) – tai subjektyvi asmens savivoka apie jo gyvenimo kokybę arba apskritai gyvenimą, kuris remiasi patirtimi, išgyvenimais skirtingose gyvenimo srityse: ekonominėje, socialinėje, kultūrinėje politinėje ir pan. Subjektyvios gerovės tyrimai tradiciškai atliekami sudarant klausimynus ir apklausiant visuomenės narius.

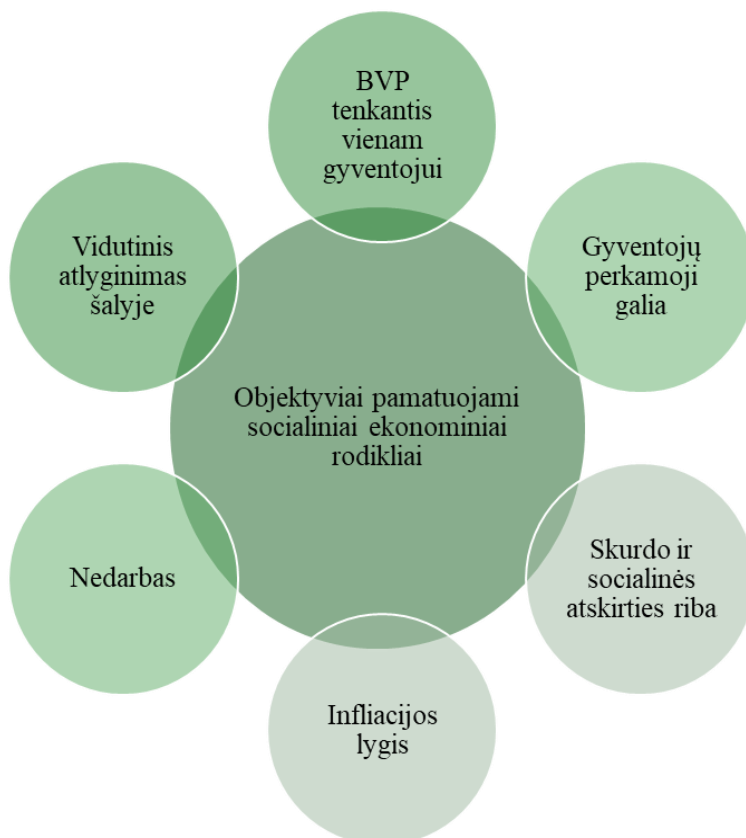
Remiantis mokslininkų išvalgomis (1 lentelė), objektyviai įvertinti visuomenės gerovę galima analizuojant objektyviai pamatuojamus rodiklius/indikatorius, kurie paprastai pateikiami oficialiosios

Objektyviai pamatuojami gerovės rodikliai ir jų komponentai

Definicija	Autorius
Tai objektyviais rodikliais indikatoriais/kriterijais įvertinta gyvenimo kokybė, kuri paprastai remiasi objektyviosios statistikos, kitų žinybinių institucijų pateikiama statistine informacija. Objektyvią gyvenimo kokybės sampratą lemia socialinės ekonominės aplinkybės, kurios skatina arba riboja asmens ar visuomenės gyvenimo kokybės raišką.	G. Vazonienė (2010)
Dėl savo objektyvaus pobūdžio galima teigti, kad objektyviai gerovę būtų galima išmatuoti pagal BVP, tačiau tai turi atspindėti tiek žmonių materialines gyvenimo sąlygas, tiek gyvenimo kokybę. Šešis pagrindinius objektyvius ir stebimus jo matavimo matmenis: sveikatą, darbo galimybes, socialinį ir ekonominių vystymąsi, aplinką, saugumas ir politika. Visi šie matmenys kartu atspindi objektyvią gerovę.	V. Voukelatou, L. Gabrielli, I. Miliou, S.Cresci, R. Sharma, M. Tesconi, L.Pappalardo (2020)
Ekonominiai ir socialiniai rodikliai, <..> kuriuos objektyviai galime pamatuoti: <..> BVP tenkantis vienam gyventojui, gyventojų perkamosios galios augimas, eksporto augimas, socialinės atskirties mažėjimas, skurdo mažėjimas.	N. Mačiulis, (2024)

Sudaryta autorės remiantis šaltiniais

Išanalizavus įvairių mokslininkų siūlomas objektyviai pamatuojamų rodiklių apibrėžtis, galima daryti prielaidą, kad įvertinti konkrečios šalies visuomenės objektyviai pamatuojamus socialinius ekonominius gerovės rodiklius galima remiantis 1 paveiksle pateikta schema.



1 pav. Objektyviai pamatuojami socialiniai, ekonominiai gerovės rodikliai

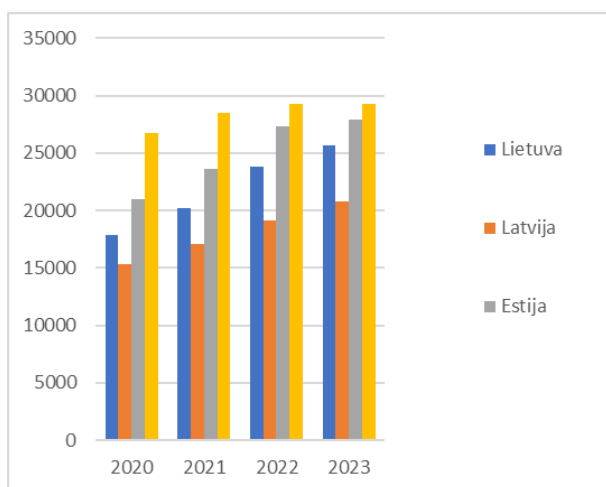
Sudaryta autorės remiantis šaltiniais

2. Objektyviai pamatuojamų socialinių ekonominių gerovės rodiklių analizė Baltijos šalyse, siejant su Europos Sąjungos vidurkiu, 2020-2023 metais. Baltijos šalys – Lietuva, Latvija ir Estija – kaimyninės šalys, palaikančios nuolatinį ekonominį, politinį bendradarbiavimą dėl patogios geografinės padėties bei narystės bendroje Europos Sąjungos rinkoje. Nuo pat nepriklausomybės atkūrimo šalys yra glaudžiai susijusios istoriškai, kultūriškai ir geopolitiniu požiūriu. 2020-2023 metų laikotarpis dar labiau

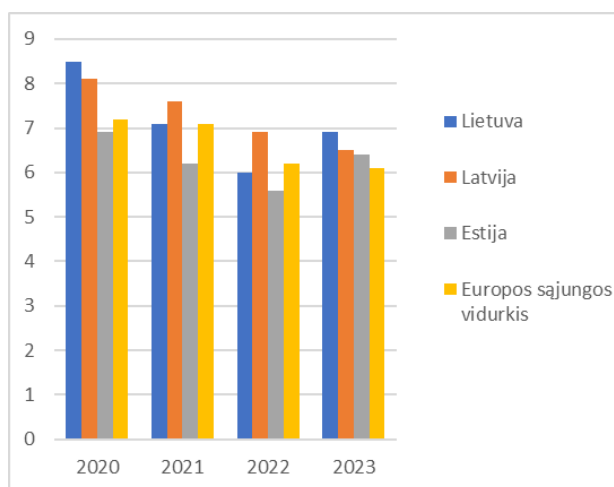
sustiprino šiuos ryšius, šalims susidūrus su bendrais iššūkiais, tokiais kaip Covid-19 pandemija bei Rusijos agresija prieš Ukrainą. Spręsdamos šiuos pandeminius ir geopolitinius įvykius, Baltijos šalys aktyviai dalinosi gerąja patirtimi. Po pandemijos Baltijos šalių ekonomikos palaiapsniui pradėjo atsigausti, tačiau susidūrė su tokiais iššūkiais kaip didelė infliacija, geopolitinis neapibrėžtumas, energijos kainų šokas, palūkanų normų šuoliai, tarptautinės prekybos sutrikimai ir ES ekonominis sąstingis bei įvairūs pramonės tiekimo grandinių sutrikimai.

Šiame tyrime nuspręsta atlikti Baltijos šalių objektyviai pamatuojamų socialinių ekonominių visuomenės gerovės rodiklių palyginamąją analizę, siejant ją su Europos Sąjungos vidurkiu. Pradedant analizuoti Baltijos šalių gyventojų objektyviai pamatuojamus socialinės ekonominės gerovės rodiklius, svarbu paminėti, kad Lietuvos gyventojų populiacija yra didžiausia iš Baltijos šalių ir 2023 m. duomenimis siekia 2,872 mln., kai tuo tarpu Latvijoje gyvena 1,882 mln. gyventojų ir Estijoje tik 1,366 mln. gyventojų.

Pirmiausia nuspręsta palyginti kelis pagrindinius makroekonominis rodiklius, rodančius bendras šalies ekonomikos tendencijas, betarpiškai turinčias įtakos šalies gyventojų socialinei ekonominei gerovei: t.y. BVP vienam gyventojui, nedarbo lygis, infliacijos lygio pokyčius. Remiantis kiekvienos šalies statistikos portalų pateikiamais duomenimis matome, kad Lietuvoje BVP vienam gyventojui, parodantis kaip gerai šalyje gyvena kiekvienas pilietis, 2020 m. sudarė 17 885 Eur, kai tuo tarpu Latvijoje buvo 15 374 Eur, o Estijoje – 20 964 Eur. 2023 m. statistikos duomenimis BVP vienam gyventojui Lietuvoje pakilo iki 23 822 Eur, Latvijoje iki 19 141 Eur, o Estijoje iki 27 958 Eur, ES vidurkis 2023 m. buvo 29 280 Eur (2 pav.). Eurostat duomenys rodo, kad 2023 m. Lietuvoje BVP vienam gyventojui sudarė apie 87 proc. ES vidurkio, Latvijoje – 71 proc., o Estijoje 80 proc. Nedarbo lygis (amžius 15-74) Eurostat duomenimis visose Baltijos šalyse 2023 m. buvo sumažėjęs lyginant su 2020 m. ir siekė Lietuvoje 6,9 proc., Latvijoje - 6,5 proc., o Estijoje – 6,4 proc., kai ES vidurkis 2023 m. buvo 6,1 proc. Lietuvoje 2023 m. nedarbo lygis buvo aukščiausias iš Baltijos šalyse (3 pav.). Tačiau remiantis Luminor banko analitikų išvalgomis, nedarbo didėjimą Lietuvoje visų pirma lėmė tai, kad į statistiką yra įtraukiami vis daugiau Ukrainos karo pabėgėlių bei imigrantų iš trečiųjų šalių, o ne mažėjantis dirbančiųjų skaičius (Luminor bankas, 2024).



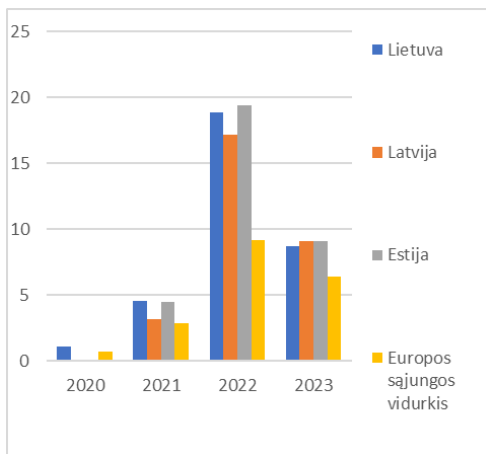
2 pav. BVP, išreikštas Eur vienam gyventojui, 2020-2023 m.



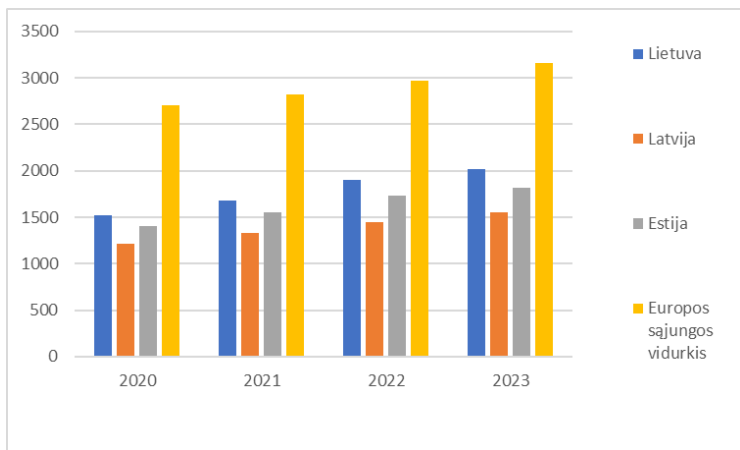
3 pav. Nedarbo lygis (amžius 15-74) 2020-2023 m., proc.

Bendroji infliacija ES 2022 m. pabaigoje pasiekė aukščiausią lygį ir siekė 10,6 proc., tuo tarpu Baltijos šalyse ji pasiekė dar didesnes aukštumas ir siekė Lietuvoje 18,9 proc, Latvijoje – 17,2 proc., Estijoje – 19,4 proc.(4 pav.). 2023 m. visose Baltijos šalyse infliacija sumažėjo iki 9 proc.

Analizuojant vidutinį darbo užmokestį iki mokesčių Baltijos šalyse 2020-2023 m. laikotarpyje galime teigti, kad sparčiausiai jis kilo Lietuvoje nuo 2020 m. 1517 Eur per mėn. iki 2023 m. 2018 Eur per mėn., kai tuo tarpu Latvijoje vidutinis atlyginimas iki mokesčių 2020 m sudarė 1213 Eur per mėn, 2023 m.- 1549 Eur per mėn., o Estijoje 2020 m. buvo 1406 Eur per mėn. Ir 2023 m. pasiekė 1812 Eur per mėn. ES vidurkis 2020m. buvo apie 2700 Eur per mėn., o 2023 m. 3155 Eur per mėn.



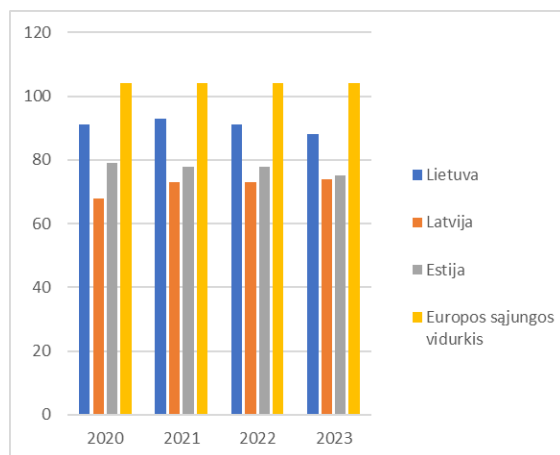
4 pav. Infliacija Baltijos šalyse 2020-2023 m., proc.



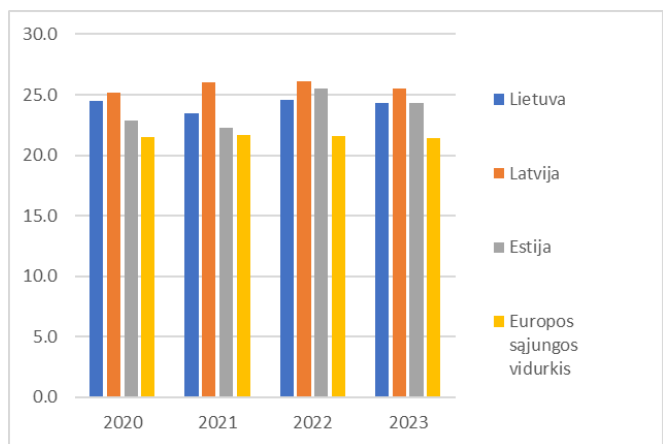
5 pav. Vidutinis atlyginimas Baltijos šalyse 2020-2023

Vertinant realią perkamąją galią analizuoti Eurostat portalo 2020-2023 m. statistiniai duomenys, ir nustatyta, kad reali perkamoji galia, paskaičiuota kaip BVP vienam gyventojui, išreikštas per perkamosios galios standartą (kai ES-27=104) Lietuvoje 2020 m. buvo 91 proc. ES vidurkio, Latvijoje 68 proc. ES vidurkio, Estijoje- 79 proc. 2023 m. duomenys pasiskirstė sekančiai Lietuvoje 88 proc ES vidurkio, Latvijoje - 74 proc. ir Estijoje – 75 proc. Šis rodiklis parodo, kad pagal faktines individualaus vartojimo galimybes Lietuva prie ES vidurkio priartėjo labiausiai iš visų Baltijos šalių (6 pav.).

Remiantis Eurostat portalo duomenimis, taip pat buvo analizuota ir skurdo bei socialinės atskirties riba Baltijos šalyse 2020-2023 m. laikotarpiu. Nustatyta, kad 2020 m. tik Estijoje skurdo riba buvo mažesnė 22,9 proc., Latvijoje ir Lietuvoje siekė atitinkamai 25,2 ir 24,5 proc. 2023 m. Lietuvoje ir Estijoje skurdo riba sudarė apie 24,3 proc. šalių populiacijos, Latvijoje buvo didesnė ir siekė 25,5 proc. populiacijos, kai vidutinė skurdo riba ES 2020-2023 m. sudarė 21,4 proc. nuo visos ES populiacijos. (7 pav.).



6 Pav. Gyventojų reali perkamoji galia Baltijos šalyse 2020-2023 m., kai EU vidurkis lygus 100



7 pav. Skurdo ir atskirties riba Baltijos šalyse 2020-2023 m.

Remiantis išanalizuotais statistiniais duomenimis, galima daryti išvadą, kad didžioji dalis lietuvių 2020-2023 m. bei vėlesniu laikotarpiu dėl sparčiausiai Baltijos šalyse kilusio vidutinio darbo užmokesčio iki mokesčių bei didžiausių faktinių individualaus vartojimo galimybių gyveno bei gyvena geriau nei kaimyninėse valstybėse Latvijoje ir Estijoje.

Išvados

1. Analizuojant mokslinę literatūrą nustatyta, kad vertinant bendrą visuomenės gerovę reikėtų taikyti du pagrindinius matavimo bei vertinimo metodus: subjektyvios gerovės ir objektyvios gerovės. Straipsnyje išskirti objektyviai pamatuojami socialinio ekonominio pobūdžio šalies gyventojų gyvenimo gerovę parodantys rodikliai: BVP tenkantis vienam gyventojui, gyventojų perkamoji galia, skurdo ir socialinės atskirties riba, vidutinis atlyginimas šalyje, nedarbas, infliacijos lygis.

2. Atlikus objektyviai pamatuojamų socialinio ekonominio pobūdžio gerovės rodiklių tyrimą analizuojant Baltijos šalių statistinius duomenis, bei palyginant juos su Europos Sąjungos vidurkiu, gauti rezultatai: 2020 m. Lietuvoje BVP vienam gyventojui buvo – 67 proc., Latvijoje – 57 proc, Estijoje - 78 proc. ES vidurkio. 2023 m. jau siekė Lietuvoje BVP vienam gyventojui sudaro apie 87 proc. ES vidurkio, Latvijoje – 71 proc., o Estijoje 95 proc. Analizuojant nedarbo lygį, išsiaiškinta, kad visose Baltijos šalyse 2023 m. jis yra sumažėjęs lyginant su 2020 m. ir 2023 m. siekė Lietuvoje 6,9 proc., Latvijoje - 6,5 proc., o Estijoje – 6,4 proc., kai ES vidurkis 2023 m. buvo 6,1 proc. Lietuvoje 2023 m. nedarbo lygis buvo aukščiausias iš Baltijos šalyse. Bendroji infliacija ES 2022 m. pabaigoje pasiekė aukščiausią lygį ir siekė 10,6 proc., tuo tarpu Baltijos šalyse ji pasiekė dar didesnes aukštumas ir siekė Lietuvoje 18,9 proc, Latvijoje – 17,2 proc., Estijoje – 19,4 proc.(4 pav.). 2023 m. visose Baltijos šalyse infliacija sumažėjo iki 9 proc. Analizuojant vidutinį darbo užmokestį iki mokesčių Baltijos šalyse 2020-2023 m. laikotarpyje sparčiausiai jis kilo Lietuvoje nuo 2020 m. 1517 Eur per mėn. iki 2023 m. 2018 Eur per mėn., kai tuo tarpu Latvijoje vidutinis atlyginimas iki mokesčių 2020 m sudarė 1213 Eur per mėn, 2023 m.- 1549 Eur per mėn., o Estijoje 2020 m. buvo 1406 Eur per mėn. Ir 2023 m. pasiekė 1812 Eur per mėn. ES vidurkis 2020m. buvo apie 2700 Eur per mėn., o 2023 m. 3155 Eur per mėn. Pagal faktines individualaus vartojimo galimybes Lietuva prie ES vidurkio priartėjo labiausiai iš visų Baltijos šalių ir 2023 m. Eurostat duomenimis siekia net 88 proc. ES vidurkio, kai tu tarpu Latvija tik - 74 proc. ir Estija – 75 proc. Lietuvoje ir Estijoje skurdo riba sudarė apie 24,3 proc. šalių populiacijos, Latvijoje buvo didesnė ir siekė 25,5 proc. populiacijos, kai vidutinė skurdo riba ES 2020-2023 m. sudarė 21.4 proc. nuo visos ES populiacijos. Remiantis išanalizuotais statistiniais duomenimis, galima daryti išvadą, kad didžioji dalis lietuvių 2020-2023 m. bei vėlesniu laikotarpiu dėl sparčiausiai Baltijos šalyse kilusio vidutinio darbo užmokesčio iki mokesčių bei didžiausių faktinių individualaus vartojimo galimybių gyveno bei gyvena geriau nei kaimyninėse valstybėse Latvijoje ir Estijoje.

Literatūra

1. Baltijos šalių ekonomikos apžvalga, 2024, <https://www.luminor.lt/lt/analitiku-prognozes/baltijos-saliu-ekonomikos-apzvalga>;
2. Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00118/default/table?lang=en>;
3. Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/nama_10_ft_custom_13597179/bookmark/table?lang=en&bookmarkId=c29eed24-377e-4763-aaf0-0419906d2ecd;
4. Eurostat, https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=GDP_per_capita_consumption_per_capita_and_price_level_indices;
5. Fahey T., Maître B., Whelan Ch., Anderson R., Domański H., Ostrowska A., Olagnero M., Saraceno Ch., Quality of life in Europe First European Quality of Life Survey 2003, <https://www.eurofound.europa.eu/system/files/2015-03/ef04105en.pdf>;
6. Jakilaitis E., Mačiulis: didžioji dalis lietuvių gyvena geriau nei žmonės kaimyninėse valstybėse, 2024, <https://www.lrt.lt/naujienos/verslas/4/2456641/maciusis-didzioji-dalis-lietuviu-gyvena-geriau-nei-zmones-kaimyninese-valstybese>;
7. Lietuvos pažangos strategija "Lietuva 2030", 2011, <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/TAIS.412512>;
8. Oficialiosios statistikos portalas, <https://osp.stat.gov.lt/pagrindiniai-salies-rodikliai>;
9. Oficialas statistikas portals DATUBAZE, https://data.stat.gov.lv/pxweb/en/OSP_PUB/START_VEK_IK_IKP/IKP010/;
10. Statistics Estonia, <https://www.stat.ee/en/avasta-statistikat/valdkonnad/rahandus/national-accounts>;
11. Trečiąjį ketvirtį vidutinis atlyginimas tarp Baltijos šalių sparčiausiai augo Lietuvoje, 2023, <https://www.vz.lt/verslo-valdymas/personalo-valdymas/2023/12/01/treciaji-ketvirti-didziausias-vidutinis-atlyginimas-tarp-baltijos-saliu--lietuvoje>;
12. Vaznonienė G., 2010, Subjektyvios pagyvenusių žmonių gyvenimo kokybės socialiniai ekonominiai veiksniai
13. Voukelatou V., Gabrielli L., Miliou I., Cresci S., Sharma R., Tesconi M., Pappalardo L., Measuring objective and subjective well-being: dimensions and data sources, 2020, <file:///C:/Users/infob/Downloads/s41060-020-00224-2.pdf>.

ASSESSMENT OF THE EXPRESSION OF OBJECTIVELY MEASURED SOCIO-ECONOMIC WELL-BEING INDICATORS: ANALYSIS OF THE SITUATION IN THE BALTIC COUNTRIES IN 2020-2023

Summary

Since the end of the last century, the works and political programs of scientists from various countries have begun to discuss and analyze the socio-economic situation of society more broadly: the quality of life, well-being, and changes in the standard of living and conditions of various social groups, especially socially vulnerable groups. In order to create a socially harmonious European society, one of the key issues still remains income distribution and reducing poverty levels. An indicator of a progressive society can be considered well-being, which is an important value in the lives of modern people. Scientists from various fields unanimously agree that public well-being can be measured and assessed using

several methods, i.e. by assessing subjective perceived well-being and well-being measured by objective indicators. The article aims to review possible objectively measurable socio-economic indicators of societal well-being and the factors determining them, and to conduct an analysis of objectively measurable socio-economic indicators of well-being in the Baltic States in relation to the European Union average for the period 2020-2023.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistro laipsnis, lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Aeronautikos ir transporto inžinerijos studijų krypčių programų lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: ekonomika, verslumas, finansinis raštingumas

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068785323, kristina.burneikiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Burneikienė.

Science degree and name: master's degree, lecturer.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Aeronautical and Transport Engineering Study Programs lecturer.

Author's research interests: economics, entrepreneurship, financial literacy

Telephone and e-mail address: +37068785323, kristina.burneikiene@lik.tech

VERSLO PRADĖJIMĄ ĮTAKOJANTYS VEIKSNIAI: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS STUDENTŲ SITUACIJOS ANALIZĖ

Kristina Burneikienė
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Verslo kūrimas - viena pagrindinių pasaulio ekonomikos būklės sudedamųjų dalių. Nauji verslai į rinką atneša naujus produktus ir technologijas, o verslininkų idėjas paverčia apčiuopiamomis prekėmis ir paslaugomis, kurias nori įsigyti vartotojai ar kiti verslai. Verslų kūrimasis ir gyvavimas spartina šalių struktūrinius ekonomikos pokyčius, kuria naujas darbo vietas, reguliuoja išteklių rinkas, padeda ekonomikoms atsigauti po sunkmečių. Lietuvoje nuolat gerinama verslumo aplinka, tačiau nepaisant to tyrimai rodo, kad nuo 2022 m. norinčių būti verslininkais Lietuvoje žmonių skaičius mažėja. Straipsnyje siekiama atskleisti verslo tendencijas Lietuvoje, remiantis moksline literatūra apibrėžti veiksniai, kurie gali turėti įtakos verslo pradėjimui, bei atlikti tyrimą siekiant išsiaiškinti LIK studentų nuomonę apie verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Verslo kūrimas, verslo tendencijos Lietuvoje, verslo pradėjimą įtakojantys veiksniai.

Įvadas

Verslumas arba naujo verslo kūrimas ir vykdymas yra pagrindinis kiekvienos šalies ekonomikos vystymosi bei klestėjimo veiksnys. Verslininkai sukurdami naujas įmones, kartu kuria ir darbo vietas, atveria naujas rinkos galimybes bei tendencijas, įgalina naujų įgūdžių ir galimybių vystymąsi. Remiantis ES veiksmų planu „VERSLUMAS 2020“ verslų kūrimasis daro regiono ekonomiką konkurencingesnę ir inovacinę. Naujų idėjų komercializavimas gerina darbo našumą ir kuria gerovę bei turi lemiamos reikšmės siekiant Europos politikos tikslų. Verslo kūrimasis ir gyvavimas taip pat yra svarbi šalies ekonomikos atsigavimo varomoji jėga: nuo pastarojo meto COVID-19 pandemijos padarinių bei naujesnių sukrėtimų, tokių kaip Rusijos ir Ukrainos karas, su juo susijusiomis pramonės tiekimo grandinės problemomis ir vis didėjančiomis energijos sąnaudomis (Global Entrepreneurship Monitor's 2023/24 Global Report). Nepaisant kasmet gerėjančios Lietuvos verslumo aplinkos, suaugusiųjų, pradėjusių arba vadovaujančių savo verslui mūsų šalyje 2023 m. sumažėjo beveik dvigubai ir siekia tik 6,7 proc. lyginant su 2022 m. 12,7 proc. (Petrauskas, 2024, GEM 2023/24). Tyrimai rodo, kad norinčių būti verslininkais Lietuvoje žmonių sk. kasmet mažėja, 2022 m. tokių buvo apie 41 proc., 2023 m.- 18 proc., 2024 m.- 14 proc. (Sabaliauskaitė, 2024). 2024 m. duomenimis lygiai pusė šalies gyventojų nurodo per artimiausius trejus metus nenorintys tapti verslininkais. Galime kelti probleminį klausimą: kokie verslo pradėjimą įtakojantys veiksniai lemia tokius sprendimus. Straipsnyje siekiama atskleisti vyraujančias verslo tendencijas Lietuvoje, aptarti verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai bei išsiaiškinti LIK studentų nuomonę apie veiksniai turinčius įtakos sprendimui pradėti verslą.

Tyrimo objektas –verslo pradėjimą įtakojantys veiksniai.

Tyrimo tikslas – išsiaiškinti LIK studentų nuomonę apie verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai.

Darbo uždaviniai:

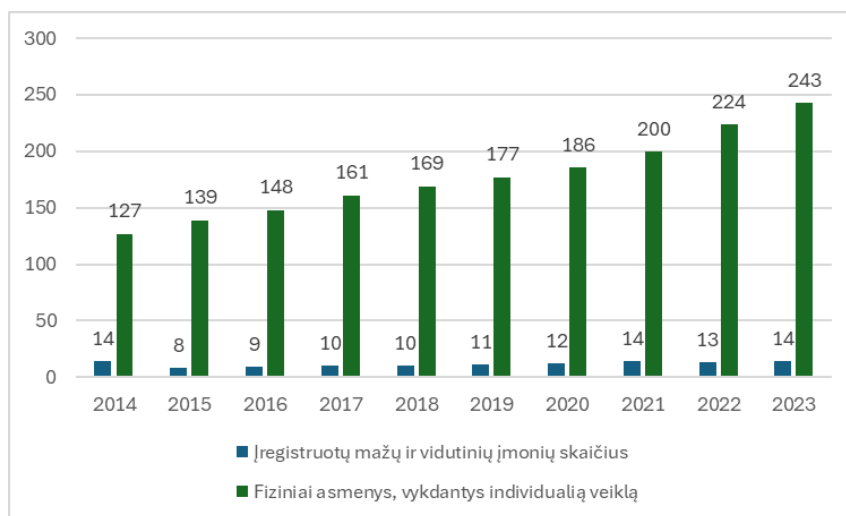
- Atskleisti vyraujančias verslo tendencijas Lietuvoje.
- Apibrėžti verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai.
- Atskleisti LIK studentų požiūrį apie verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, empirinis tyrimas, studentų anketinė apklausa.

1. Verslo tendencijos Lietuvoje. Siekiant atskleisti vyraujančias verslo tendencijas Lietuvoje svarbu yra paminėti tai, kad šalies verslo sektorius patiria nemažai iššūkių pastaraisiais metais: sudėtinga geopolitinė situacija, energetinių išteklių kainų augimas, didelė infliacija ir kt., tačiau nepaisant to, šalies ekonomika atsigauja (Povilauskas, 2024). Remiantis Pasaulio banko atliekamu tyrimu „Doing business“, kuriame vertinama bei reitinguojama beveik 200 pasaulio šalių verslo aplinka, Lietuva 2019 m. vertinime yra viršutiniame reitingo kvartilyje ir pakilo į istoriškai aukščiausią 14 vietą. Tačiau šiame vertinime reitinguojant verslo aplinką pagal punktą „Verslo pradėjimas“ Lietuva siekia tik 34 vietą. Remiantis 2022m. Tarpinio valstybės pažangos strategijos Lietuva-2030 vertinimo ataskaita, svarbu paminėti kad, nurodoma jog viena iš išliekančių verslo srities problemų valstybės mastu yra nepakankamai augimui palankus verslo aplinkos reglamentavimas. Svarbus rodiklis analizuojant Lietuvos verslo tendencijas yra pasaulinio forumo „Global Entrepreneurship Monitor“ (GEM) atliekamas verslumo raiškos vertinimas apklausiant pačius verslininkus. Pagal 2023-2024 m. pristatytus tarptautinius verslumo apklausų rezultatus, Lietuva surinko 6,1 balą pagal verslumo indeksą ir užėmė ketvirtą vietą tarp 120 vertinamų šalių.

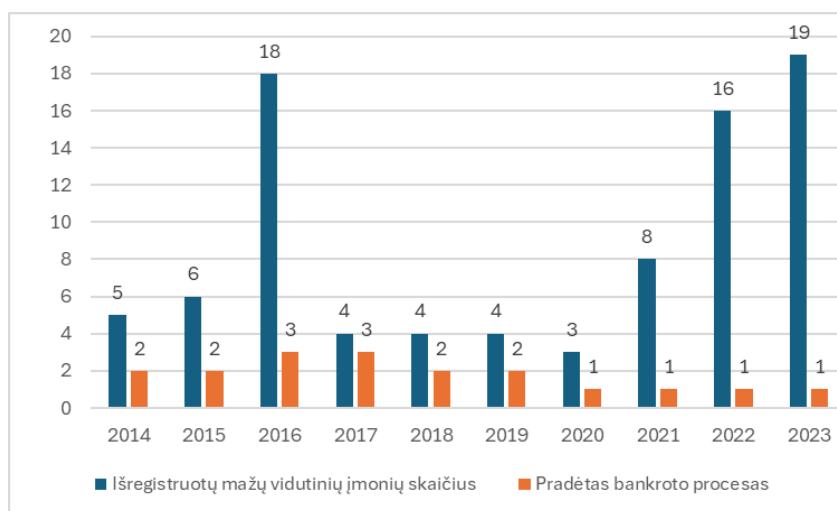
Analizuojant statistikos departamento pateikiamus duomenis, pastebima kad 2021-2023 metų laikotarpyje, 2022 m. mažų ir vidutinių įmonių Lietuvoje buvo įregistruota 8 proc. mažiau nei 2021 m. 2023

m. įregistruota 12 proc. daugiau nei 2022 m. ir tik 3 proc. daugiau nei 2021 m. Fizinį asmenų, vykdančių individualią veiklą sk. minėtu laikotarpiu kasmet didėja (1 pav.).



1 pav. Įregistruotų mažų ir vidutinių įmonių ir fizinių asmenų, vykdančių individualią veiklą sk. tūkst., Sudaryta autorės remiantis šaltiniais (<https://osp.stat.gov.lt/verslas-lietuvoje-2023>)

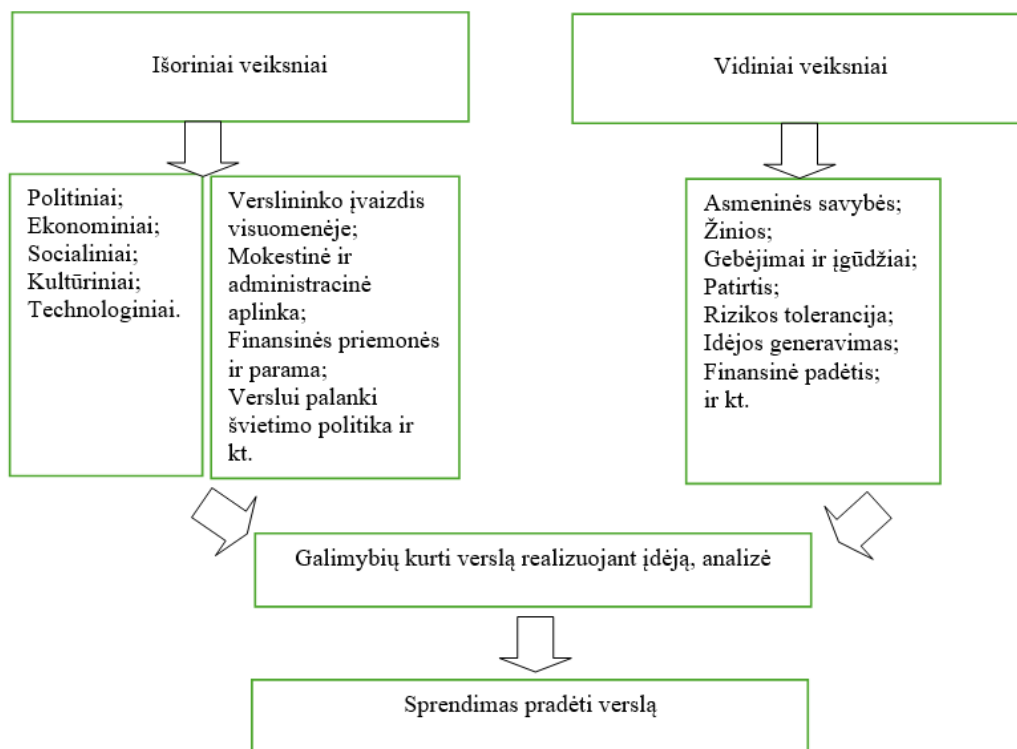
Išregistruotų mažų ir vidutinių įmonių sk. statistikos departamento duomenimis 2021m.-2023 m. laikotarpyje ženkliai padidėjo, t.y. apie 133 proc., nuo 8 307 įmonių 2021 m. iki 19 400 įmonių 2023 m. Vertinant pradėtų bankroto procesų sk., galima teigti kad jis kinta tolygiai 2021-2023 m. laikotarpyje (2 pav.).



2 pav. Išregistruotų mažų ir vidutinių įmonių sk. bei pradėtų bankroto procesų sk., tūkst. Sudaryta autorės remiantis šaltiniais (<https://osp.stat.gov.lt/verslas-lietuvoje-2023>, <https://avnt.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/4/PvSSmuqmqZFo.pdf>)

2. Verslo pradėjimą įtakojančios veiksniai. Verslo kūrimas yra sudėtingas bei dinamiškas reiškinys, kuris gali būti analizuojamas įvairiais aspektais („Global Entrepreneurship Monitor“ (GEM) 2023/2024:32). Verslininkystę tyrinėjantys mokslininkai akcentuoja šio proceso kompleksumą, todėl teigiama, kad jį galima analizuoti išskaidant į keletą etapų, skirtingų vienas nuo kito, bet tuo pačiu ir glaudžiai tarpusavyje susijusių (Žukauskas, Stripeikis, 2011). Anot mokslininkų verslininkystės proceso šaknys glūdi tiek pačiame individe, tiek ir šalies, kurioje planuojamas verslas visuomenės kultūroje, bendroje verslo aplinkoje. Sprendimą imtis verslo, įtakoja daugelis faktorių, tokių kaip tinkamos rinkos sąlygos, palanki įstatyminė bazė, mokesstinė aplinka, kitų palankių aplinkybių susiformavimas, asmeniniai įgūdžiai, finansinė situacija, savirealizacijos poreikis, noras tapti nepriklausomu ir daugelis kitų.

Atlikus mokslinių šaltinių analizę bei vadovaujantis juose pateikta informacija, galima teigti, kad daugelį veiksnių, turinčių įtakos individo sprendimui pradėti ar ne verslą galime suskirstyti į išorinius ir vidinius veiksnius (3 pav.) ir atitinkamai juos vertinti svarstant apie galimybę realizuoti idėją, sukuriant verslą.



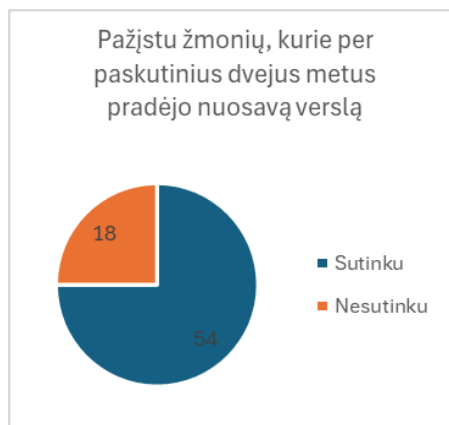
3 pav. Sprendimą pradėti verslą įtakojančios veiksniai

Sudaryta autorės remiantis šaltiniais (<https://www.gemconsortium.org/reports/latest-global-report>, Žukauskas, Stripeikis, 2011)

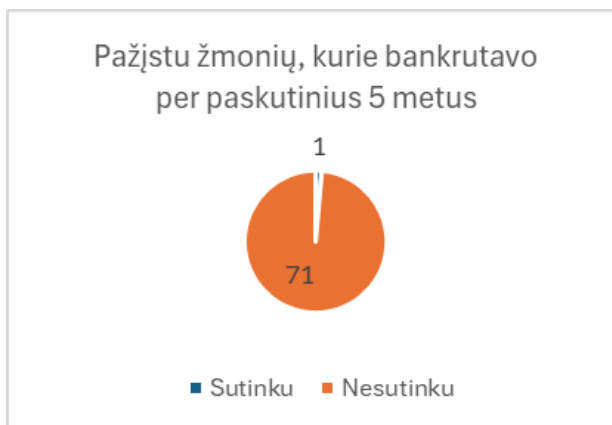
3. Tyrimas siekiant išsiaiškinti LIK studentų požiūrį apie verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai.

Siekiant atskleisti studentų požiūrį apie verslo pradėjimą įtakojančius veiksniai, buvo pasitelkta kiekybinio tyrimo metodologija. Tyrimo realizavimui buvo taikytas apklausos raštu metodas. Tyrimas atliktas 2025 m. sausio mėn. Tyrimo imtis - 72 antro, trečio kurso nuolatinių bei iššestinių studijų LIK inžinerinių studijų krypties studentai. Anoniminiu būdu jiems buvo pateiktas klausimynas, sudarytas remiantis straipsnyje analizuotais moksliniais šaltiniais: pasaulinio verslumo tyrimu „Global Entrepreneurship Monitor“ (GEM) bei kt. Klausimyną sudarė 25 uždaro tipo klausimai: pirma klausimų grupė sudaryta siekiant išsiaiškinti vidinius asmens veiksniai, turinčius įtakos svarstymui, nusiteikimui pradėti ar ne verslą, antra klausimų grupė sudaryta siekiant atskleisti studentų požiūrį į išorinius veiksniai, turinčius įtakos verslo aplinkos suvokimui, bei analizavimui.

Aptariant apklausos rezultatus, galima teigti, kad 75 proc. apklaustų studentų teigia, kad pažįsta žmonių, kurie per pastaruosius dvejus metus pradėjo nuosavą verslą (4 pav.), bei 1 proc. pažįsta žmonių, kurie bankrutavo per paskutinius penkerius metus (5 pav.).

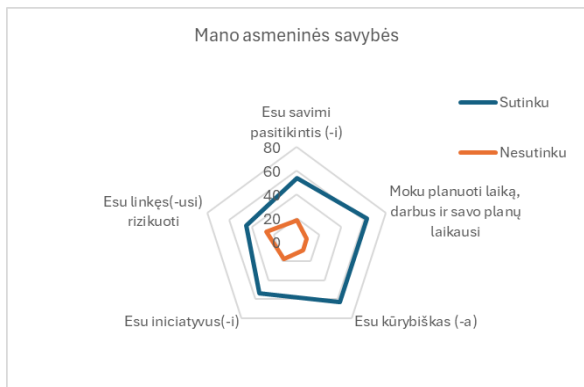


4 pav. Pažįstu žmonių, kurie per paskutinius dvejus metus pradėjo nuosavą verslą



5 pav. Pažįstu žmonių, kurie bankrutavo per paskutinius 5 metus

Uždavus studentams klausimus apie jų asmenines savybes, kurios manoma yra būdingos verslininkams, 75 proc. studentų teigė, kad jie pasitiki savimi, 88 proc. apklaustųjų teigė mokantys planuoti laiką, darbus bei savo planų geba laikytis. 88 proc. studentų įvardino save kūrybiškais žmonėmis, 75 proc. dalyvavusių apklausoje studentų mano, kad jie yra iniciatyvūs ir 63 proc. teigia, kad jie yra linkę rizikuoti gyvenime (6 pav.). Apklausos rezultatai rodo, kad tik 58 proc. studentų mano, kad jie turi pakankamai motyvacijos tam, kad pradėtų verslą, tik 13 proc. mano jau turintys pakankamai žinių, tam kad galėtų pradėti verslą, 99 proc. apklaustųjų mano kad jiems trūksta patirties verslo kūrimui (7 pav.).

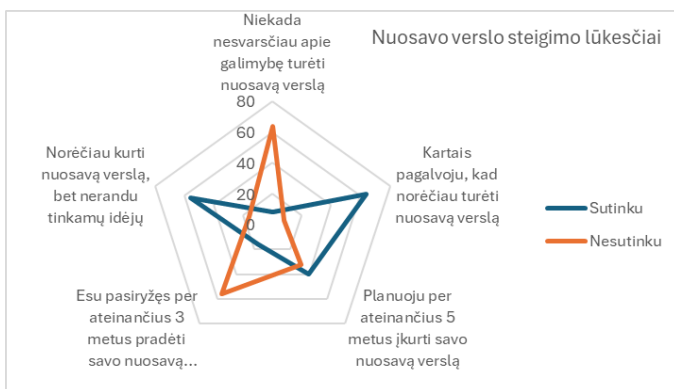


6 pav. Mano asmeninės savybės

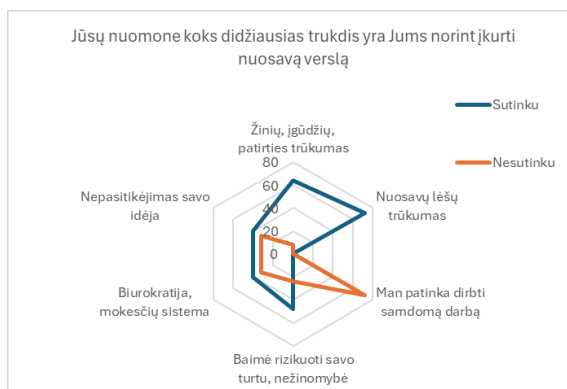


7 pav. Manau, kad turiu pakankamai

Vertinant nuosavo verslo steigimo lūkesčius, apklausos rezultatai parodė, kad net 89 proc. apklaustųjų kartais pagalvoja, kad norėtų turėti nuosavą verslą, 78 proc. studentų teigia, kad jie norėtų kurti nuosavą verslą, bet neranda tam tinkamų idėjų, 55 proc. teigia planuojantys per ateinančius penkerius metus kurti savo verslą, tačiau kad yra pasiryžę per tris ateinančius metus pradėti savo verslą teigia tik 22 proc. apklaustųjų (8 pav.).



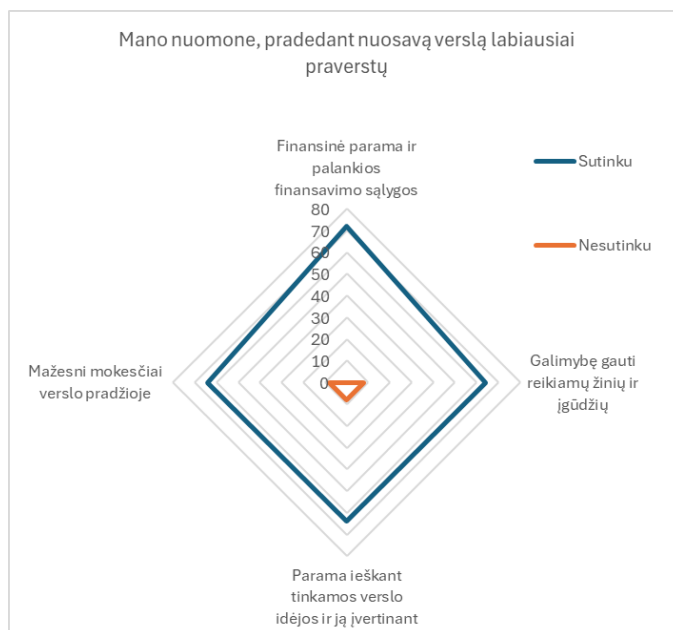
8 Pav. Nuosavo verslo steigimo lūkesčiai



9 pav. Jūsų nuomone koks didžiausias trukdis yra Jums įkurti nuosavą verslą

Į klausimą kas jų nuomone yra didžiausi trukdžiai asmeniškai jiems galvojant apie verslo kūrimą, 100 proc. visi atsakė, kad didžiausias trukdis jiems yra nuosavų lėšų trūkumas, sekantis - 89 proc. apklaustųjų įvardino, kad jiems labai trūksta žinių, įgūdžių bei patirties, 67 proc. studentų didelis trukdis yra baimė rizikuoti savo turtu, nežinomybė (9 pav.). Po 56 proc. apklaustųjų įvardino kad jiems neramu dėl to, kad jie nepasitiki savo idėja ir juos neramina biurokratiniai procesai bei mokesčių sistema (9 pav.).

Paskutiniai apklausos klausimai buvo užduoti, siekiant įvertinti kokiais būdais studentai mano, kad būtų galima gerinti naujo verslo steigimo aplinką, kokios priemonės jų nuomone labiausiai praverstų pradedant nuosavą verslą.



10 pav. Mano nuomone, pradedant nuosavą verslą labiausiai praverstų

Visi 100 proc. studentai kaip didžiausią pagalbą įvardino finansinę paramą bei palankesnes finansavimo galimybes, toliau 88 proc. studentų teigė, kad tinkama pagalba būtų mažesni mokesčiai verslo pradžioje, galimybė gauti reikiamų žinių ir įgūdžių bei pagalba įvertinant ir išgryninant savo verslo idėją (10 pav.).

Išvados

1. Remiantis moksliniais šaltiniais, atskleistos verslo tendencijos Lietuvoje, kurios parodo, kad nepaisant sudėtingo geopolitinio laikotarpio Lietuvos ekonomika atsigauna. Verslo aplinka šalyje gerėja, tai rodo 2019 m. Pasaulio banko tyrimo „Doing business“, rezultatai: Lietuva 2019 užima 14 vietą iš 200 vertinamų pasaulio šalių, bei pasaulinio forumo „Global Entrepreneurship Monitor“ (GEM) 2023/2024 m. tyrimų rezultatai, kur Lietuva yra 4 vietoje tarp dešimties geriausiai vertinamų pagal verslumo indeksus šalių. Tačiau žmonių norinčių kurti verslą Lietuvoje mažėja: 2022 m. tokių buvo apie 41 proc., 2023 m.- 18 proc., 2024 m.- 14 proc.

2. Remiantis moksline literatūra, apibrėžti išoriniai bei vidiniai verslo pradėjimą įtakojančios veiksniai. Prie išorinių veiksnių priskiriame: politinius, ekonominius, socialinius, kultūrinius, technologinius, verslininko įvaizdį visuomenėje; mokesstinę ir administracinę aplinką; finansines priemones ir paramą, verslui palankią švietimo politiką. Vidiniams veiksniams priskiriame tokius veiksnius kaip asmeninės savybės; turimos žinios; gebėjimai ir įgūdžiai; patirtis; rizikos tolerancija; idėjos generavimas; finansinė padėtis ir kt.

3. Atlikus studentų apklausą gauti rezultatai parodo, kad jauni žmonės aplink juos vykstančiais verslo procesais: 75 proc. apklaustų studentų teigia, kad pažįsta žmonių, kurie per pastaruosius dvejus metus pradėjo nuosavą verslą, bei 1 proc. pažįsta žmonių, kurie bankrutavo per paskutinius penkerius metus.

Analizuojant studentų atsakymus į klausimus, kuriais siekta įvertinti vidinius verslo pradėjimą įtakojančius veiksnius, galima teigti, kad 75 proc. studentų pasitiki savimi, 88 proc. - moka planuoti laiką, darbus bei savo planų geba laikytis. 88 proc. studentų įvardino save kūrybiškais žmonėmis, 75 proc. mano, kad jie yra iniciatyvūs ir 63 proc. teigia, kad jie yra linkę rizikuoti gyvenime. 58 proc. studentų mano, kad jie turi pakankamai motyvacijos tam, kad pradėtų verslą, tik 13 proc. mano jau turintys pakankamai žinių, bet 99 proc. studentų neturi jokios verslo patirties.

78 proc. studentų teigia, kad jie norėtų kurti nuosavą verslą, bet neranda tam tinkamų idėjų. Pasiryžę per tris ateinančius metus pradėti savo verslą teigia tik 22 proc. apklaustųjų.

Didžiausi trukdžiai pradėti verslą yra nuosavų lėšų trūkumas, taip mano 100 proc. visų atsakiusių, žinių, įgūdžių bei patirties trūkumas - šį trukdį įvardino 89 proc. apklaustųjų, ir baimė rizikuoti savo turtu bei nežinomybė, įvardino 67 proc. studentų.

Pradedant nuosavą verslą labiausiai studentų nuomone praverstų finansinę paramą bei palankesnes finansavimo galimybes, mažesni mokesčiai verslo pradžioje bei galimybė gauti reikiamų žinių, įgūdžių bei pagalbą įvertinant ir išgryninant verslo idėją.

Literatūra

1. Audito, apskaitos, turto vertinimo ir nemokumo valdymo tarnyba prie Lietuvos Respublikos finansų ministerijos nemokumo procesų 2023 m. apžvalga 2024-04-02 nr. (6.13)d4-1163 Vilnius, <https://avnt.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/4/PvSSmuqmZFo.pdf>;
2. Oficialiosios statistikos portalas, <https://osp.stat.gov.lt/verslas-lietuvoje-2023>;
3. Komisijos komunikatas Europos parlamentui, tarybai, Europos ekonomikos ir socialinių reikalų komitetui ir regionų komitetui veiksmų planas „VERSLUMAS 2020“ Verslumo dvasios atkūrimas Europoje, <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/LT/TXT/?uri=celex%3A52012DC0795>;
4. Pasaulio banko grupė, 2019, Ease of Doing Business rankings, <https://archive.doingbusiness.org/en/rankings>;
5. Pasaulinis verslumo tyrimas (GEM): Lietuva pateko į pasaulio lyderių verslumo srityje ketvertuką, 2024, <https://www.vu.lt/mokslo-ir-studiju-naujienos/794-pasaulinis-verslumo-tyrimas-gem-lietuva-pateko-i-pasaulio-lyderiu-verslumo-srityje-ketvertuka>;
6. Povilauskas T., Lietuvos ekonomikos atsigavimo tempas nelėtėja, 2024, <https://www.seb.lt/infobankas/naujienos/tadas-povilauskas-lietuvos-ekonomikos-atsigavimo-tempas-neleteja>;
7. Sabaliauskaitė G., Verslumo tyrimas: 50% gyventojų artimiausiais metais nenori tapti verslininkais, 2024, <https://www.vz.lt/smulkusis-verslas/2024/02/22/verslumo-tyrimas-50-gyventoju-artimiausiais-metais-nenori-tapti-verslininkais>;
8. The authors and the Global Entrepreneurship Research Association (GERA), 2024, GEM 2023/2024 Global Report 25 Years and Growing;
9. Vyriausybės strateginės analizės centras, 2022, Tarpinis valstybės pažangos strategijos „Lietuva 2030“ vertinimas ir esamos situacijos analizė, <file:///C:/Users/infob/Downloads/tarpinis-valstybes-pazangos-strategijos-lietuva-2030-vertinimas-i.pdf>;
10. Žukauskas P., Stripeikis O., 2011, Veiksniai įtakojantys asmens apsisprendimą pradėti verslą, <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/6c3a7db8-e7b9-4b64-9cd8-34e09e5f3b2f/content>.

FACTORS INFLUENCED ON STARTING A BUSINESS: SITUATION ANALYSIS OF STUDENTS OF THE LITHUANIAN COLLEGE OF ENGINEERING

Summary

Business creation is a key component of the global economy. New businesses bring new products and technologies to market and transform entrepreneurs' ideas into tangible goods and services that consumers and other businesses want to purchase. The creation and existence of businesses accelerates structural changes in the economy of countries, creates new jobs, regulates resource markets, and helps economies recover from difficult times. The entrepreneurial environment in Lithuania is constantly improving, but despite this, research shows that since 2022 the number of people wanting to be entrepreneurs in Lithuania has been decreasing. The article aims to reveal business trends in Lithuania, based on scientific literature to define factors that may influence business start-up, and to conduct a study to find out the opinion of LIK students about the factors influencing business start-up.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistro laipsnis, lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Aeronautikos ir transporto inžinerijos studijų krypties programų lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: ekonomika, verslumas, finansinis raštingumas

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068785323, kristina.burneikiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Burneikienė.

Science degree and name: master's degree, lecturer.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, Aeronautical and Transport Engineering Study Programs lecturer.

Author's research interests: economics, entrepreneurship, financial literacy

Telephone and e-mail address: +37068785323, kristina.burneikiene@lik.tech

DARBDAVIO PATRAUKLUMAS Z KARTOS ATSTOVAMS: TYRIMO PASIŪLYMAS

Lina Girdauskienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Pastaruoju metu organizacijos vis dažniau susiduria su iššūkiu pritraukti ir išlaikyti darbuotojus. Nors šiai dienai darbo rinkoje aktyvūs yra keturių kartų atstovai, visgi prognozuojama, kad Z karta 2025 m. sudarys apie ketvirtadalį visos pasaulio darbo jėgos. Kyla klausimas: kokie veiksniai yra patrauklūs Z kartos atstovams renkantis vieną ar kitą darbdavį. Straipsnio tikslas – pateikti darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams tyrimo kryptis. Straipsnyje pagrįstos 7 hipotezės, teigiančios, jog ekonominė, socialinė, domėjimosi, taikymo bei ugdymo vertės, taip pat pozityvus vadovo vaidmuo bei darbo-asmeninio gyvenimo balansas yra tie veiksniai, kurie didina darbdavio patrauklumą Z kartos atstovams. Šias tyrimo kryptis siūloma empiriškai patikrinti.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Darbdavio patrauklumas, darbuotojų kartos, Z karta, vertės darbuotojams.

Ivadas

Nepastovumo, neapibrėžtumo, kompleksiško bei dviprasmiškumo (VUCA, angl. Volatility, Uncertainty, Complexity, Ambiguity) kontekstas sąlygoja kardinalius verslo ekosistemos pokyčius (Taskan ir kt., 2022). Ir nors pokyčiai verslo pasaulyje nėra naujas reiškinys, visgi jų greitis, mastas ir nuolatinumas lemia tai, kad jie tampa „nauju normalumu“ (Liang ir Cao, 2021). Todėl organizacijoms, siekiančios išlikti bei klestėti „naujo normalumo“ sąlygomis, būtini atitinkami išteklių. Mokslinėje literatūroje dominuoja sutarimas, kad žmonių išteklių kaip tik ir yra tie kertiniai išteklių strateginių tikslų įgyvendinimui (Soeling ir kt., 2022). Tačiau pastaruoju metu organizacijoms tampa vis sudėtingiau pritraukti ir išlaikyti darbuotojus (Mostafa, 2022). Viena iš priežasčių yra tai, jog potencialių darbuotojų baseiną sudaro skirtingų kartų (paprastai keturių) atstovai, kurie „darbo pasaulį“ interpretuoja savaip bei skiriasi savo požiūriu į darbą ir jo aspektus (Mahmoud ir kt., 2024). Z kartos atstovai yra jauniausi darbo jėgos atstovai bei tie, kurie šiuo metu mokosi vidurinėse mokyklose ir studijuoja (Rikleen, 2020). Kadangi Z karta 2025 metais sudarys 27% visos darbo jėgos (How is Gen Z changing the workplace?, 2024), todėl svarbu suprasti ir atliepti jų prioritetus darbo rinkoje. Kyla klausimas: kokie veiksniai lemia darbdavio pasirinkimą Z kartos atstovų tarpe; kas yra patrauklu Z kartos atstovams renkantis vieną ar kitą darbo pasiūlymą. **Straipsnio tikslas** – pateikti darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams tyrimo kryptis. Šios tyrimo kryptys vėliau gali būti empiriškai patikrinamos.

Straipsnio uždaviniai:

1. Apibūdinti darbdavio patrauklumą bei jo dimensijas.
2. Aptarti Z kartos atstovų ypatumus.
3. Pagrįsti darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams tyrimo hipotezes.

Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių įžvalgų, tyrimo hipotezių pagrindimo ir išvadų.

Teorinis darbdavio patrauklumo apibūdinimas

Darbdavio patrauklumo fenomenas analizuojamas daugelyje sričių, tokių kaip profesinė elgsena, psichologija, komunikacija ar marketingas (Berthon ir kt. 2005; Lievens ir kt., 2007; Hein, ir kt., 2024). Visgi, pastaruoju metu tyrimai itin populiarėja vadybos bei žmonių išteklių vadybos kryptyse (Mostafa, 2022; Dassler ir kt., 2022) atliepiant darbo jėgos bei darbo rinkos iššūkius, tokius kaip kvalifikuotų darbuotojų stygius ar darbuotojų kartų preferencijos darbo sąlygoms (Ali ir kt., 2024). Temos aktualumą verslo atstovams liudija ir sudaromi geidžiamiausių darbdavių reitingai, pvz. Forbes World's Best Employers (Peachman, 2024) ar „Top Employer Europe“ bei šalies lygiu „Top Employer Lithuania“ (Top employer institute).

Vieni pirmųjų darbdavio patrauklumą apibūdino Turban ir Greening (1997), teigdami, jog tai yra lygis, kuriuo individai asmeniškai siekia, kad organizacija taptų jų darbdaviu. Aiman-Smith ir kt. (2001) nuomone, patrauklumas reiškia požiūrį į organizaciją kaip į pageidaujamą subjektą santykių užmezgimui. Tuo tarpu Berthon ir kt. (2005) darbdavio patrauklumą apibūdina kaip „įsivaizduojamą naudą, kurią potencialus darbuotojas išvelgia dėl darbo konkrečioje organizacijoje“ (p. 149). Taigi, remiantis šiais apibrėžimais, galima teigti, jog kiekvienai organizacijai yra itin svarbu identifikuoti kas pritraukia potencialius kandidatus aplikuoti ir dirbintis vienoje ar kitoje organizacijoje; kokias vertes turi pasiūlyti darbdavys, kad taptų geidžiamu.

Kalbant apie konkrečias vertes, Ambler ir Barrow (1996) išskyrė 3 darbdavio patrauklumo dimensijas: funkcinę, kuri susijusi su darbuotoju ugdymu; ekonominę, kuri apima pinigines naudas; bei psichologinę dimensiją, kuri sietina su priklausymo organizacijai jausmu, veiklos krypties aiškumu bei prasmės suvokimu. Vėliau Berthon ir kt. (2005) išplėtė trijų dimensijų klasifikaciją pasiūlydami 25 patrauklumo požymius, kuriuos apjungia į 5 dimensijas, būtent ekonominės vertės, ugdymo vertės, domėjimosi vertės, taikymo vertės ir

Darbdavio patrauklumo dimensijos pagal Berthon ir kt. (2005)

Darbdavio patrauklumo dimensijos pavadinimas	Darbdavio patrauklumo dimensijos turinys. Nagrinėja ar:
Ekonominė vertė	darbdavys siūlo didesnę darbo užmokestį nei rinkos vidurkis
	tinkamas yra naudų paketas
	užtikrinamas darbo saugumas
Socialinė vertė	vyrauja komandiškumas organizacijoje
	gerbiami darbuotojai
	užtikrinama pozityvi ir maloni darbo atmosfera
Domėjimosi vertė	užtikrinama inovatyvi darbo aplinka
	taikomos darbo praktikos, kurios leidžia darbuotojams panaudoti kūrybiškumą gaminti bei teikti aukštos kokybės produktus bei paslaugas
Taikymo vertė	darbuotojai gali pritaikyti tai, ką yra išmokę
	darbuotojai gali mokytis/ugdyti kitus
Ugdymo vertė	užtikrinamos karjeros galimybės
	užtikrinamas darbuotojų pripažinimas bei pasitikėjimas savimi

Šaltinis: Berthon ir kt. (2005). Sudaryta straipsnio autorės

Schlager ir kt. (2011) išplėtojo Berthon ir kt. (2005) pateiktą multidimensinį darbdavio patrauklumo supratimą, pasiūlydami dvi naujas dimensijas: įvairovės bei reputacijos. Įvairovės dimensija iš esmės atliepė domėjimosi vertės dimensiją, tik dar įtraukė tokius patrauklumo veiksnius kaip iššūkius grįstos užduotys bei užduočių įvairovė. Tuo tarpu reputacijos dimensija apėmė darbo ieškančio asmens įsitikinimus apie tai, kaip kiti žmonės vertina darbdavį ir vertino tokius veiksnius kaip: „gerai žinomi produktai“, „gera įmonės reputacija tarp draugų“ bei „yra gerai turėti įrašą gyvenimo aprašyme, kad dirbta šioje organizacijoje“ (Schlager ir kt., 2011). Dar po kelerių metų Dabirian ir kt. (2017) prie penkių Berthon ir kt. (2005) pateiktų dimensijų pasiūlė dar dvi: vadovų vaidmens ir darbo-asmeninio gyvenimo balanso. Vadovų vaidmuo apima vadovų požiūrį ir jų elgesį su darbuotojais, dėl kurio pastarieji renkasi pasilikti ar palikti organizaciją. Darbo-asmeninio gyvenimo balansas leidžia skirti tolygų laiką ir energiją dviem konkuruojančioms sritims.

Vėliau straipsnyje, pagrindžiant tyrimo hipotezes, bus nagrinėjamos minėtos septynios darbdavio patrauklumo dimensijos.

Z kartos ypatybės

Karta tai grupė asmenų, gimusių tuo pačiu laikotarpiu, ir juos vienija tam tikri socialiniai įvykiai bei kultūriniai simboliai (Mannheim, 1952). Kartų skirtumai dėl įvairių darbinių aspektų, tokių kaip darbo vertybės, motyvuojantys veiksniai ar prioritetai bei lūkesčiai darbo vietai yra plačiai diskutuojami mokslinėje literatūroje (Sobrinio-De Toro ir kt., 2019; Egerová ir kt., 2021). Šiandieninę darbo jėgą sudaro keturios kartos: kūdikių bumo karta, X karta, Y karta ir jauniausia Z karta. Su kiekvienais metais vis daugiau Kūdikių bumo kartos atstovų išeina į pensiją, o darbo rinka pasipildo Z kartos darbuotojais (Duxbury ir Ormsbee, 2020).

Nors mokslinėje literatūroje nėra vieningo sutarimo, visgi dauguma autorių Z kartos atstovais laiko tuos, kurie gimė laikotarpyje tarp 1996-2010m. (Mostafa, 2022). Z karta dar yra vadinama „I karta“ arba tais, kurie puikiai išmano skaitmenines technologijas. Mokslininkai pabrėžia, jog Z karta gali veikti ir realiaame, ir virtualiaame pasaulyje: jie gali lengvai persijungti iš vieno pasaulio į kitą, nes suvokia juos kaip vienas kitą papildančius; dėl to jiems paprasta ieškoti ir rasti informaciją (Dolot, 2018). Pripažįstama, jog Z karta yra labiausiai išsilavinusi lyginant su kitomis kartomis, darbo vietų ieško ne tik savo artimiausioje aplinkoje, bet ir visame pasaulyje, nes mobilumas ir užsienio kalbų mokėjimas yra Z kartos privalumai (Dolot, 2018). Be to, jiems nerūpi stabilumas darbe; jie lengvai keičia darbo vietą, ieško įvairiapusiškumo ir nori pabėgti nuo rutinos (Dolot, 2018). Z karta ryšius organizacijoje grindžia tinklaveikos, o ne hierarchijos principais (Arar ir kt., 2015). Be to, tyrimai rodo, kad Z karta siekia dirbti organizacijose, darančiose poveikį visuomenei (Harb ir kt., 2024).

Tyrimo hipotezių pagrindimas

Įvertinus skirtingų autorių išskirtas darbdavio patrauklumo dimensijas bei Z kartos ypatybes, siūlomos 7 tyrimo hipotezės, siekiant įvertinti, ar ir kokie veiksniai lemia darbdavio patrauklumą Z kartos atstovams.

Domėjimosi vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Domėjimosi vertė kaip darbdavio patrauklumo veiksnys apima galimybę darbuotojui taikyti naujus darbo metodus bei novatorišką mąstymą, kad būtų atliktos sudėtingos, bet įvykdomos užduotys (Dabirian ir kt., 2017). Žvelgiant iš kartų perspektyvos, Z karta yra verslesnė, patikimesnė, tolerantiškesnė ir atviresnė nei

Y karta (El-Menawy ir Saleh, 2023). Egerová ir kt. (2021) teigia, jog darbo turinys, apimantis atliekamo darbo prasmingumą ir veiklos įdomumą bei įvairovę yra vienas iš svarbiausių lūkesčių, susijusių su Z kartos atstovų profesiniu gyvenimu. Pasak Acheampong (2021), Z karta yra novatoriškesnė ir verslesnė nei ankstesnės kartos, nes gyvena sparčiai augančios ekonomikos eroje. Taigi, remiantis pateiktomis išvalgomis formuluojama hipotezė, jog:

H1. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis domėjimosi vertę.

Socialinė vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Socialinė vertė iš esmės apima bendravimo darbe galimybes bei priklausymo tam tikrai bendruomenei jausmą (Dabirian ir kt., 2017). Egerová ir kt. (2021) teigimu, socialinės atmosferos darbo vietoje svarba ryškėja ir Z kartos darbuotojams, nes pozityvi atmosfera yra vienas iš kertinių Z kartą motyvuojančių veiksnių. Kirchmayer ir Fratričová (2020) tyrimas leidžia daryti analogišką išvadą, teigiant, jog kokybiški santykiai su kolegomis yra vienas iš esminių motyvuojančių aspektų. Be to, draugystės užmezgimas ir teigiamų santykių su kolegomis puoselėjimas dažnai Z kartos atstovams yra svarbiau už pareigų pavadinimus (How is Gen Z changing the workplace?, 2024). Taigi, remiantis pateiktomis išvalgomis formuluojama hipotezė, jog:

H2. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis socialinę vertę.

Ekonominė vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Ekonominė vertė apima ne tik darbo užmokestį, bet ir kitas finansines naudas bei saugumą dėl darbo (Dabirian ir kt., 2017). Tyrimai dėl finansinių naudų reikšmingumo Z kartai nėra vienareikšmiai. Pvz. El-Menawy ir Saleh (2023) teigia, jog Z kartai pinigai yra mažiau svarbūs nei Y kartai. Tuo tarpu, Egerová ir kt. (2021) tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad Z kartos atstovams adekvatus atlygis, finansinės naudas ir nuo darbo rezultatų priklausantis darbo užmokestis yra labai svarbus veiksnys sprendžiant apie darbdavio patrauklumą. Šie rezultatai dera su Maloni ir kt. (2019) tyrimu, kai nustatyta, jog atlygis, išmokos ir darbo vietos saugumas yra svarbūs tiek Y, tiek Z kartoms. Taigi, remiantis teorinėmis išvalgomis bei atliktų tyrimų rezultatais, formuluojama hipotezė:

H3. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis ekonominę vertę.

Darbo-asmeninio gyvenimo vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Z kartai ypač svarbu šeima ir draugai, ir tai tikriausiai paaiškina, kodėl 42 proc. Z kartos atstovų, ieškodami darbo, pirmenybę teikia darbo ir asmeninio gyvenimo balansui bei darbui nuotoliniu būdu; be to, darbo-asmeninio gyvenimas balansui teikiamas prioritetas prieš karjeros galimybes (How is Gen Z changing the workplace?, 2024). Kirchmayer ir Fratričová (2017) atliktas Z kartos universitetų studentų (Slovakija) tyrimas parodė, kad, renkantis būsimą darbdavį, darbo bei asmeninio gyvenimo balansas yra vienas iš svarbiausių veiksnių. Tai leidžia formuluoti hipotezę:

H4. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis darbo-asmeninio gyvenimo balansą.

Taikymo vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Taikymo vertė sietina su tuo, kiek darbuotojai gali savo turimas žinias įveiklinti kasdieninėje veikloje (Dabirian ir kt., 2017). Pasak Kirchmayer ir Fratričová (2020), Z kartos atstovams tikslų pasiekimas yra vienas iš esminių juos motyvuojančių veiksnių. Tai leidžia formuluoti hipotezę:

H5. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis taikymo vertę.

Ugdymo vertė kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Ugdymo vertė atspingi galimybę tobulėti ir kilti karjeros laiptais (Dabirian ir kt., 2017). Z karta nepripažįsta tradicinės karjeros laiptelių sistemos ir darbų hierarchijos; be to, jie derina karjeros pokyčius su naujų įgūdžių įgijimu ir galimybėmis dirbti su savo kuruojamais projektais, o tai reiškia kad tradicinė karjera jiems nėra tokia patraukli (Egerová ir kt., 2021). Vienas iš svarbių dalykų – turėti prasmingą karjerą, leidžiančią daryti teigiamą poveikį visuomenei (How is Gen Z changing the workplace?, 2024). Visgi, dauguma tyrėjų sutinka, kad karjera yra viena iš esminių Z kartą motyvuojančių veiksnių (Kirchmayer ir Fratričová, 2017). Apibendrinant galima teigti, jog Z kartos atstovai tikisi, kad jiems bus suteiktos galimybės tobulinti savo įgūdžius ir plėtoti savo talentus bei patirtį (How is Gen Z changing the workplace?, 2024). Tai leidžia formuluoti hipotezę:

H6. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys suteikiantis ugdymo vertę.

Vadovų vaidmuo kaip darbdavio patrauklumo Z kartos atstovams veiksnys

Jau klasika tapęs posakis, kad darbuotojai palieka ne organizaciją, o vadovą yra taikytinas ir Z kartos atveju. Z kartos atstovai tikisi iš vadovų įsipareigojimo jų atžvilgiu; vadovai turėtų laikytis duoto žodžio, vengti favoritizmo, elgtis su darbuotojais sąžiningai bei pagarbiai ir, kiek įmanoma, kaip su partneriais, bei būti

nuoširdūs (Michałkiewicz, 2024). Tai leidžia formuluoti hipotezę:

H7. Z kartos atstovui patrauklesnis bus darbdavys kur pozityvus vadovų vaidmuo yra svaresnis.

Siūlomas septynias tyrimo hipotezes, siekiant įvertinti, ar ir kokie veiksniai lemia darbdavio patrauklumą Z kartos atstovams, rekomenduojama patikrinti empiriškai.

Išvados

1. Apibūdintas darbdavio patrauklumo fenomenas, kuris suprantamas kaip įsivaizduojama nauda, kurią potencialus darbuotojas išvelgia dėl darbo konkrečioje organizacijoje, bei detaliam aptartos patrauklumo kaip multidimensinio konstrukto dimensijos.

2. Aptarti Z karto ypatumai susiję su darbo vertybėmis, motyvuojančiais veiksniais bei prioritetais ir lūkesčiais darbo vietai ir organizacijai.

3. Pagrįstos 7 hipotezės, teigiančios, jog ekonominė, socialinė, domėjimosi, taikymo bei ugdymo vertės, taip pat pozityvus vadovo vaidmuo bei darbo-asmeninio gyvenimo balansas yra tie veiksniai, kurie didina darbdavio patrauklumą Z kartos atstovams.

Literatūra

1. Acheampong, N. A. A. (2021). Reward preferences of the youngest generation: Attracting, recruiting, and retaining generation Z into public sector organizations. *Compensation & Benefits Review*, 53(2), 75-97. DOI: 10.1177/0886368720954803.
2. Aiman-Smith, L., Bauer, T. and Cable, D. (2001), "Are you attracted? Do you intend to pursue? A recruiting policy-capturing study", *Journal of Business and Psychology*, Vol. 16 No. 2, pp. 219-237, doi: 10.1023/a:1011157116322.
3. Ali, E., Satpathy, B., & Gupta, D. R. (2024). Examining the effects of CSR on organizational attractiveness: perception study of job seekers in India. *Journal of Global Responsibility*, 15(1), 19-52. <https://doi.org/10.1108/JGR-11-2021-0098>
4. Ambler, T., & Barrow, S. (1996). The employer brand. *Journal of brand management*, 4, 185-206.
5. Arar, T., Yüksel, İ., & Yüksel, I. (2015). How to manage generation z in business life. *Journal of Global Economics, Management and Business Research*, 4(4), 195-202.
6. Berthon, P., Ewing, M., & Hah, L. L. (2005). Captivating company: dimensions of attractiveness in employer branding. *International journal of advertising*, 24(2), 151-172. DOI: 10.1080/02650487.2005.11072912.
7. Dabirian, A., Kietzmann, J., & Diba, H. (2017). A great place to work!? Understanding crowdsourced employer branding. *Business horizons*, 60(2), 197-205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2016.11.005>
8. Dassler, A., Khapova, S. N., Lysova, E. I., & Korotov, K. (2022). Employer attractiveness from an employee perspective: a systematic literature review. *Frontiers in Psychology*, 13, 858217. DOI: 10.3389/fpsyg.2022.858217.
9. Dolot, A. (2018). The characteristics of Generation Z. *E-mentor*, 74(2), 44-50. <http://dx.doi.org/10.15219/em74.1351>.
10. Duxbury, L., & Ormsbee, F. (2020). Does studying the past help us understand the future? An examination of the expectations of Gen X knowledge workers. *The international journal of human resource management*, 31(7), 935-963. DOI:10.1080/09585192.2017.1393835
11. Egerová, D., Komárková, L., & Kutlák, J. (2021). Generation Y and generation Z employment expectations: A generational cohort comparative study from two countries. DOI: 10.15240/tul/001/2021-03-006.
12. El-Menawy, S. M. A., & Saleh, P. S. (2023). How does the mediating role of the use of social media platforms foster the relationship between employer attractiveness and generation Z intentions to apply for a job?. *Future Business Journal*, 9(1), 65. <https://doi.org/10.1186/s43093-023-00233-0>
13. Harb, A., Harb, Y., Alakaleek, W., Alhammad, F. A., Alzboun, N., & Al-Omar, S. (2024). Understanding the relationship between individual characteristics, self-efficacy beliefs and career aspirations of generation Z in tourism and hospitality: can gender and major make difference?. *Journal of Teaching in Travel & Tourism*, 24(2), 107-133. DOI: 10.1080/15313220.2024.2311903
14. Hein, A. Z., Elving, W. J., Koster, S., & Edzes, A. (2024). Is your employer branding strategy effective? The role of employee predisposition in achieving employer attractiveness. *Corporate Communications: An International Journal*, 29(7), 1-20. DOI 10.1108/CCIJ-07-2022-0070.
15. How is Gen Z changing the workplace? 2024 m. vasario 1 d. Žiūrėta: 2025-01-07. Prieiga: <https://www.zurich.com/media/magazine/2022/how-will-gen-z-change-the-future-of-work>
16. Kirchmayer, Z. and Fratričová, J. (2017). On the Verge of Generation Z: Career Expectations of Current University Students, *Education Excellence and Innovation Management through Vision 2020, IBIMA*, Vienna, 1575-1583.
17. Kirchmayer, Z., & Fratričová, J. (2020). What motivates generation Z at work? Insights into motivation drivers of business students in Slovakia. *Proceedings of the Innovation management and education excellence through vision*, 6019, 6030.
18. Liang, F., & Cao, L. (2021). Linking employee resilience with organizational resilience: The roles of coping mechanism and managerial resilience. *Psychology Research and Behavior Management*, 1063-1075. DOI: 10.2147/PRBM.S318632.

19. Lievens, F., Van Hoye, G., & Anseel, F. (2007). Organizational identity and employer image: Towards a unifying framework. *British journal of management*, 18, S45-S59. DOI: 10.1111/j.1467-8551.2007.00525.x
20. Mahmoud, A. B., Berman, A., Reisel, W., Fuxman, L., & Hack-Polay, D. (2024). Examining generational differences as a moderator of extreme-context perception and its impact on work alienation organizational outcomes: Implications for the workplace and remote work transformation. *Scandinavian Journal of Psychology*, 65(1), 70-85. DOI: 10.1111/sjop.1295.
21. Maloni, M., Hiatt, M. S., & Campbell, S. (2019). Understanding the work values of Gen Z business students. *The International Journal of Management Education*, 17(3), 100320. <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2019.100320>.
22. Mannheim, K. 1952. The problem of generations. In: *Essays*. New York: Oxford University Press, pp.276-322.
23. Michałkiewicz, A. (2024). Generation Z's Expectations of a Remote Team Manager. *Zeszyty Naukowe Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie*, 1003(1), 65-82. <https://doi.org/10.15678/KREM.2024.1003.0104>
24. Mostafa, B. A. (2022). Leveraging workforce insights to enhance employer attractiveness for young job seekers during pandemic era. *Heliyon*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09699>
25. Peachman, R. R. *Forbes World's Best Employers 2024*. Žiūrėta: 2024-10-08. Prieiga: <https://www.forbes.com/lists/worlds-best-employers/>
26. Rikleen, L.S. (2020). What your youngest employees need Most right now. *Harvard Business Review*. Žiūrėta: 2025-01-07. Prieiga: <https://hbr.org/2020/06/what-your-youngest-employees-need-most-right-now>
27. Schlager, T., Bodderas, M., Maas, P., & Luc Cachelin, J. (2011). The influence of the employer brand on employee attitudes relevant for service branding: an empirical investigation. *Journal of Services Marketing*, 25(7), 497-508. DOI: 10.1108/08876041111173624.
28. Sobrino-De Toro, I., Labrador-Fernández, J., & De Nicolás, V. L. (2019). Generational diversity in the workplace: Psychological empowerment and flexibility in Spanish companies. *Frontiers in psychology*, 10, 1953. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01953.
29. Soeling, P. D., Arsanti, S. D. A., & Indriati, F. (2022). Organizational reputation: does it mediate the effect of employer brand attractiveness on intention to apply in Indonesia?. *Heliyon*, 8(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09208>.
30. Taskan, B., Junça-Silva, A., & Caetano, A. (2022). Clarifying the conceptual map of VUCA: a systematic review. *International Journal of Organizational Analysis*, 30(7), 196-217. DOI 10.1108/IJOA-02-2022-3136.
31. Top employer institute. Žiūrėta: 2024-12-15. Prieiga: <https://www.top-employers.com/>
32. Turban, D. B., & Greening, D. W. (1997). Corporate social performance and organizational attractiveness to prospective employees. *Academy of management journal*, 40(3), 658-672. DOI: 10.5465/257057.

EMPLOYER ATTRACTIVENESS FOR GENERATION Z: A RESEARCH PROPOSAL

Summary

Recently, organizations are increasingly facing the challenge of attracting and retaining employees. The world is now witnessing a generational shift in the workforce, as it is predicted that young workers (Generation Z) will make up a quarter of the global workforce by 2025. As such, the core question is to reveal the factors that drive Generation Z's decisions to work for a specific employer and how to obtain the label of being an “attractive employer.” This paper aims to propose research directions on the attractiveness of employers for Generation Z. Employer attractiveness refers to the envisioned benefits that a potential employee sees in working for a specific organization. Following this understanding, the paper identifies seven attributes—namely, economic value, social value, interest value, application value, development value, the role of management, and work-life balance—that employers should offer to attract Generation Z employees.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gaming, management.

Telephone and e-mail address: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

DARBDAVIO PATRAUKLUMAS: PILOTINIS INŽINIERIŲ TYRIMAS

Lina Girdauskienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Moksliniai tyrimai leidžia teigti, jog, organizacijoms, norint pritraukti ir išlaikyti darbuotojus, būtina reaguoti bei atliepti jų lūkesčius. Šiuo metu Lietuva, kaip ir kitos ES šalys, susiduria su inžinierių trūkumu, todėl verslams kyla iššūkis kaip „laimėti kovą“ dėl inžinierių bei užsitikrinti veiklos stabilumą ir tęstinumą. Kyla klausimas: kokie veiksniai yra patrauklūs inžinieriams renkantis vieną ar kitą darbdavį. Straipsnio tikslas – atskleisti veiksnius, inžinieriams lemiančius darbdavio patrauklumą. Atliktas pilotinis kiekybinis tyrimas: tyrimo imtis – 56 dirbantys inžinieriai, turintys inžinerinį išsilavinimą. Tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad darbo užmokestis, karjeros galimybės, galimybė tobulėti, organizacijos reputacija bei grįžtamasis ryšys iš vadovo ir kolegų yra inžinieriams penki pagrindiniai darbdavio patrauklumą lemiantys veiksniai.

REIŠMINIAI ŽODŽIAI. Darbdavio patrauklumas, inžinieriai, vertės darbuotojams, darbo užmokestis, karjeros galimybės.

Įvadas

Pastaruoju metu darbdavio patrauklumas yra viena iš dažniausiai diskutuotinių temų tiek mokslinėje literatūroje, tiek tarp verslo praktikų (Ali ir kt., 2024; Soeling ir kt., 2022; Mostafa, 2022). Kardinalių iššūkių, tokių kaip demografiniai pokyčiai, kvalifikuotos darbo jėgos stygius ar darbuotojų kartos, kontekste (Matt ir kt., 2020; Mahmoud ir kt., 2024), „kova dėl talentų“ tampa strateginiu kiekvienos organizacijos iššūkiu: norint pritraukti ir išlaikyti žmonių kapitalą, būtina reaguoti bei atliepti esamų bei potencialių darbuotojų lūkesčius (Tenakwah, 2024; Tanwar ir Kumar, 2019). Ankstesni tyrimai atskleidė, kad nėra universalaus darbdavio patrauklumo dimensijų sąrašo, o darbuotojų išsilavinimas, amžius, lytis, pajamos, darbinė patirtis, profesija ar veiklos sektorius gali daryti įtaką veiksniams, kurie darbdavį padaro „labiau“ ar „mažiau“ patraukliu konkretaus darbuotojo akyse (Mostafa, 2022). Žvelgiant iš darbo jėgos pasiūlos ir paklausos konfigūracijos, auganti inžinierių paklausa yra vienas iš opių ES bei Lietuvos darbo rinkos iššūkių (European Federation of Engineering Consultancy Associations, 2024; Karlone, 2024; Transporto sektoriuje – didžiulis inžinierių poreikis: siūloma dešimtys darbo vietų ir imamas priemonių sudominti vangiai inžineriją besirenkančius studentus, 2024). Todėl verslams, norint „laimėti kovą dėl inžinierių“ yra būtina suprasti ir atliepti jų prioritetus darbo rinkoje. Kyla klausimas: kokie veiksniai lemia darbdavio pasirinkimą inžinierių tarpe; kas yra patraukli inžinieriams renkantis vieną ar kitą darbo pasiūlymą. **Straipsnio tikslas** – atskleisti veiksnius, inžinieriams lemiančius darbdavio patrauklumą.

Straipsnio uždaviniai:

1. Apibūdinti darbdavio patrauklumą, akcentuojant inžinieriams patrauklius veiksnius.
2. Pateikti tyrimo metodiką.
3. Pristatyti tyrimo rezultatus, kartu pateikiant diskusiją ankstesnės mokslinės literatūros pagrindu.

Atliktas pilotinis kiekybinis tyrimas: tyrimo imtis – 56 dirbantys inžinieriai, turintys inžinerinį išsilavinimą.

Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių įžvalgų, tyrimo metodikos, tyrimo rezultatų bei diskusijos ir išvadų.

Teorinis darbdavio patrauklumo, akcentuojant inžinieriams patrauklius veiksnius, apibūdinimas

Šiuolaikinės organizacijos darbdavio patrauklumą supranta kaip strateginį žmonių išteklių valdymo įrankį pritraukti ir išlaikyti reikiamus darbuotojus, o tai savo ruožtu padeda verslams teikti kokybiškas paslaugas bei prekes vartotojams (Tanwar ir Prasad, 2017). Berthon ir kt. (2005) darbdavio patrauklumą apibūdina kaip „įsivaizduojamą naudą, kurią potencialus darbuotojas įžvelgia dėl darbo konkrečioje organizacijoje“ (p. 149). Tuo tarpu, Tanwar ir Prasad (2017) akcentuoja apčiuopiamas ir neapčiuopiamas vertes, kurias siūlo organizacija. Apibendrintai galima įvardinti du esminius aspektus. Pirma, darbdavio patrauklumas yra dvi-dimensinis konstruktas, nes apima vidinį patrauklumą (fokusas į esamus darbuotojus) bei išorinį patrauklumą (fokusas į potencialius darbuotojus). Antra, organizacija, kurdama darbdavio patrauklumą, turi suformuluoti darbdavio vertės pasiūlymą (*angl. employer value proposition*), t.y. vertę, kuri motyvuoja tapti tam tikros organizacijos nariu ar / bei tęsti ir toliau joje darbinis santykius (Sengupta ir kt., 2015)

Kalbant apie konkrečias vertes, mokslinėje literatūroje pateikiami vienas kitą praplečiantys ir papildantys požiūriai. Pavyzdžiui, Berthon ir kt. (2005) pasiūlė 5 darbdavio patrauklumo dimensijas: ekonominės vertės, ugdymo vertės, domėjimosi vertės, taikymo vertės ir socialinės vertės. Ekonominė vertė nagrinėja ar darbdavys siūlo didesnę darbo užmokestį nei rinkos vidurkis, koks yra naudų paketas bei ar

užtikrinamas darbo saugumas. Socialinė vertė yra apie komandiškumą organizacijoje, pagarbą darbuotojams bei malonią darbo atmosferą. Domėjimosi vertė atliepia inovatyvumą darbo aplinkoje bei darbo praktikas, leidžiančias darbuotojams įveikinti kūrybiškumą. Taikymo praktika susijusi su galimybe asmeniškai darbe taikyti išmoktas žinias bei mokyti/ugdėti kolegas. Galiausiai, ugdymo vertė atliepia karjeros galimybes bei darbuotojų pripažinimą bei pasitikėjimas savimi (Berthon ir kt., 2005). Po daugiau nei dešimtmečio Dabirian ir kt. (2017) prie penkių Berthon ir kt. (2005) pateiktų dimensijų pasiūlė dar dvi: vadovų vaidmens ir darbo-asmeninio gyvenimo balanso. Tuo tarpu, Tanwar ir Prasad (2017) įvardina šias 5 darbdavio patrauklumo dimensijas: sveika darbo atmosfera, mokymas ir ugdymas, darbo – asmeninio gyvenimo balansas, etika ir įmonės socialinė atsakomybė, bei atlygis ir naudos.

Kalbant apie tai, kas yra svarbu inžinieriams, reikia pabrėžti, kad stokojama mokslinių tyrimų šia tema (Gregorka ir kt., 2020). Sivertzen ir kt. (2013) atskleidė, kad būsimiems Norvegijos inžinieriams yra svarbu domėjimosi (inovacijų) vertė, taikymo vertė bei psichologinė vertė; tuo tarpu mažiau svarbiomis laikytina socialinė bei ekonominė vertės. Panašiai, Gregorka ir kt. (2020), atlikę interviu su informacinių technologijų ir inžinerinių organizacijų žmonių išteklių vadovais, konstatavo, jog emociniai veiksniai (ne piniginis darbdavio vertės pasiūlymas) yra darbuotojams svarbesni nei piniginis atlygis.

Tyrimo metodika

Siekiant atskleisti veiksnius, lemiančius darbdavio patrauklumą inžinierių tarpe, atliktas kiekybinis tyrimas, vykdyta elektroninė anketinė apklausa. Akcentuotina, jog tai yra pilotinis tyrimas, kurio imtis – 56 respondentai. Respondentų atrankos kriterijai yra du: pirma, inžinerinis išsilavinimas, antra – šiuo metu dirba inžinieriaus darbu.

Kalbant apie respondentų profilį, tai visi 56 respondentai yra vyrai. 73,21 proc. respondentų yra gimę laikotarpiu nuo 1982 m. iki 2000 m., t.y. jie yra Y kartos atstovai.

Pilotiniame tyrime be demografinių klausimų buvo pateiktas tik vienas klausimas, prašant inžinierių išreitinguoti veiksnius pagal svarbumą jiems renkantis darbdavį. Veiksmių sąrašas buvo sudarytas įvertinus skirtingų autorių išskirtas darbdavio patrauklumo dimensijas, atliktų mokslinių tyrimų rezultatus (Berthon ir kt., 2005; Sivertzen ir kt., 2013, Tanwar ir Prasad, 2017) bei dabartines tendencijas darbo rinkoje, pvz. hibridinis darbas. Į veiksmių sąrašą buvo įtraukta 10 veiksmių, būtent: organizacijos reputacija, darbo užmokestis, karjeros galimybės, hibridinis darbo modelis, galimybė tobulėti, grįžtamasis ryšys iš vadovo ir kolegų, geri santykiai su kolegomis, orientacija į rezultatą, geri santykiai su vadovu, bei pripažinimas ir įvertinimas darbe

Tyrimo rezultatai ir diskusija

Tyrimo rezultatai - išreitinguoti 10 veiksmių pagal svarbumą, yra pateikiami 1 lentelėje.

1 lentelė

Veiksniai, kurie inžinieriams yra svarbūs renkantis darbdavį

Darbdavio patrauklumo veiksnys	Įvertis (kuo didesnis balas, tuo svarbesnis veiksnys)
darbo užmokestis	9.21
karjeros galimybės	8.05
galimybė tobulėti	6.68
organizacijos reputacija	5.48
grįžtamasis ryšys iš vadovo ir kolegų	4.80
geri santykiai su kolegomis	4.63
hibridinis darbo modelis	4.54
pripažinimas ir įvertinimas darbe	4.29
geri santykiai su vadovu	3.84
orientacija į rezultatą	3.48

Šaltinis: sudaryta straipsnio autorės

Toliau analizuojami tyrimo rezultatai detaliam aptariant penkis, inžinierių įvardintus populiariausius darbdavio patrauklumo veiksnius, būtent: darbo užmokestį, karjeros galimybes, galimybę tobulėti, organizacijos reputaciją bei grįžtamąjį ryšį iš vadovo ir kolegų.

Kaip rodo pilotinio tyrimo rezultatai, inžinieriams svarbiausiu veiksmiu renkantis darbdavį, yra darbo užmokestis. Šie tyrimo rezultatai prieštarauja Gregorka ir kt. (2020) bei Sivertzen ir kt. (2013) pateiktoms išvadoms, kur konstatuota, jog darbo užmokestis nėra pagrindinis pasirinkimą lemiantis veiksnys. Visgi, pilotinio tyrimo rezultatai dera su bendra Lietuvos tendencija, nes „Spinter tyrimai“ atlikta biurų darbuotojų apklausa atskleidė, jog labiausiai darbe motyvuojančiu faktoriumi 77 proc. biurų darbuotojų laiko didesnę mėnesinį atlyginimą (Tyrimas parodė, kas labiausiai motyvuoja per 1000 eurų uždirbančius biuro darbuotojus, 2024). Taip pat, pilotinio tyrimo rezultatai atitinka pasaulinius Randstad pateiktus darbdavio patrauklumo

tyrimo rezultatus, pagal kuriuos patrauklus atlyginimas ir nuolatinės išmokos yra svarbiausias veiksnys renkantis darbdavį. Beje, šio veiksnio svarbumas didėja su amžiumi: Z karta jam skiria mažiausiai dėmesio, o kūdikių bumo kartos žmonės jam teikia didžiausią pirmenybę (Randstad employer brand research. Global report 2024, 2024).

Antru pagal svarbumą veiksmu inžinieriai įvardijo karjeros galimybes. Vadovaujantis Berthon ir kt. (2005), karjeros galimybės yra ugdymo vertės dimensijos veiksnys, kuris, beje, buvo įvardintas kaip ypatingai svarbus ir Gregorka ir kt. (2020) tyrime. Verta paminėti, jog šiuo metu inžinieriai turi didelę karjeros perspektyvų įvairovę, o užtikrinti pasitenkinimą karjera yra vienas iš esminių organizacijos iššūkių (Martínez-León ir kt., 2018). Beje, remiantis Randstad darbdavio patrauklumo tyrimu, ribotos karjeros galimybės yra trečia pagal populiarumą priežastis, kodėl darbuotojas nutraukia darbo santykius konkrečioje organizacijoje (Randstad employer brand research. Global report 2024, 2024).

Trečiu pagal svarbumą veiksmu nurodyta galimybė tobulėti. Toks pasirinkimas yra paaiškinamas, visų pirma, tuo, jog technologijos nuolat vystosi, ko pasekoje transformuojasi verslo procesai, gamyba, logistika ir kitos industrijos, kuriose dirba inžinieriai (Lucena ir Schneider, 2008). Pokyčių kontekste svarbu įgyti naujų žinių ir atnaujinti jau esamas tam, kad būtų išlaikytas gebėjimas įsidaibinti bei konkurencingumas darbo rinkoje.

Ketvirtu pagal svarbą darbdavio patrauklumo veiksmu įvardinta organizacijos reputacija. Nors nėra sutarimo, kas yra organizacijos reputacija, visgi ji paprastai apima tris aspektus: bendrą organizacijos žinomumą arba matomumą; organizacijos žinomumą arba matomumą dėl tam tikrų dalykų; bei apibendrintą palankumą (visa organizacija suvokiama ar vertinama kaip gera, patraukli ir tinkama) (Lange ir kt., 2011). Taigi, remiantis pilotinio tyrimo rezultatais galima teigti, kad inžinieriams yra svarbu kad darbdavys būtų žinomas iš pozityvios pusės bei visuomenės vertinamas palankiai.

Penktu pagal svarbumą veiksmu inžinieriai pasirinko grįžtamąjį ryšį iš vadovo ir kolegų. Grįžtamasis ryšys yra svarbus siekiant veiklos rezultatų, keičiant ir tobulinant veiklą (Ashford, 1986; Zhang ir kt., 2022). Kaip jau buvo minėta, inžinieriaus veiklos specifika yra nuolat kintanti dėl sparčios technologijų plėtros, todėl poreikio kreiptis, diskutuoti ir pasitarti vaidmuo didėja.

Gerai santykiai su kolegomis, hibridinis darbo modelis, pripažinimas ir įvertinimas darbe, geri santykiai su vadovu, bei orientacija į rezultatą – tai pat svarbūs veiksniai, inžinieriams vertinant darbdavio patrauklumą. Visgi, jų svarba, pagal pilotinio tyrimo rezultatus, yra mažesnė. Mažesnė gerų santykių ar hibridinio svarba galėtų būti paaiškinta tyrimo imtimi, kadangi tyrime dalyvavo tik vyrai.

Išvados

1. Apibūdintas darbdavio patrauklumo fenomenas, akcentuojant inžinieriams patrauklius veiksnus. Akcentuota, jog darbdavio patrauklumas yra dvi-dimensinis konstruktas, nes apima tiek vidinį, tiek išorinį patrauklumą, o organizacija, kurdama savo patrauklumą, turi suformuluoti darbdavio vertės pasiūlymą, t.y. parodyti vertę, kuri darbuotojus gali motyvuoti tapti tam tikros organizacijos nariu ar / bei tęsti darbinis santykius.

2. Aptarta pilotinio tyrimo metodika.

3. Tyrimo rezultatai leidžia teigti, kad darbo užmokestis, karjeros galimybės, galimybė tobulėti, organizacijos reputacija bei grįžtamasis ryšys iš vadovo ir kolegų yra inžinieriams pagrindiniai darbdavio patrauklumą lemiantys veiksniai.

Literatūra

1. Ali, E., Satpathy, B., & Gupta, D. R. (2024). Examining the effects of CSR on organizational attractiveness: perception study of job seekers in India. *Journal of Global Responsibility*, 15(1), 19-52. <https://doi.org/10.1108/JGR-11-2021-0098>
2. Ashford, S. J. (1986). Feedback-seeking in individual adaptation: A resource perspective. *Academy of Management Journal*, 29(3), 465–487. <https://doi.org/10.2307/256219>
3. Berthon, P., Ewing, M., & Hah, L. L. (2005). Captivating company: dimensions of attractiveness in employer branding. *International journal of advertising*, 24(2), 151-172. DOI: 10.1080/02650487.2005.11072912.
4. Dabirian, A., Kietzmann, J., & Diba, H. (2017). A great place to work!? Understanding crowdsourced employer branding. *Business horizons*, 60(2), 197-205. <http://dx.doi.org/10.1016/j.bushor.2016.11.005>
5. European Federation of Engineering Consultancy Associations. Engineering consultancies of Europe remain strong and optimistic. 2024 m. gegužės 24 d. Žiūrėta: 2025-01-05. Prieiga: <https://www.efca.be/news/engineering-consultancies-europe-remain-strong-and-optimistic>
6. Gregorka, L., Silva, S., & Silva, C. (2020). Employer branding practices amongst the most attractive employers of IT and engineering sector. *International Journal of Human Capital and Information Technology Professionals (IJHCITP)*, 11(1), 1-16. DOI: 10.4018/IJHCITP.2020010101
7. Karlonė, K. Jaunimui svarbiau „TikTok“, o ne elektronika: Lietuvoje stipriai trūksta šių inžinierių. 2024 m. birželio 6 d. Žiūrėta: 2025-01-05. Prieiga: <https://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/2303682/jaunimui-svarbiau-tiktok-o-ne-elektronika-lietuvoje-stipriai-truksta-siu-inzineriu>

8. Lange, D., Lee, P. M., & Dai, Y. (2011). Organizational reputation: A review. *Journal of management*, 37(1), 153-184. DOI: 10.1177/0149206310390963
9. Lucena, J., & Schneider, J. (2008). Engineers, development, and engineering education: From national to sustainable community development. *European Journal of Engineering Education*, 33(3), 247-257. DOI: 10.1080/19378629.2010.519772
10. Mahmoud, A. B., Berman, A., Reisel, W., Fuxman, L., & Hack-Polay, D. (2024). Examining generational differences as a moderator of extreme-context perception and its impact on work alienation organizational outcomes: Implications for the workplace and remote work transformation. *Scandinavian Journal of Psychology*, 65(1), 70-85. DOI: 10.1111/sjop.1295.
11. Martínez-León, I. M., Olmedo-Cifuentes, I., & Ramón-Llorens, M. C. (2018). Work, personal and cultural factors in engineers' management of their career satisfaction. *Journal of Engineering and Technology Management*, 47, 22-36. <https://doi.org/10.1016/j.jengtecman.2017.12.002>
12. Matt, D. T., Orzes, G., Rauch, E., & Dallasega, P. (2020). Urban production—A socially sustainable factory concept to overcome shortcomings of qualified workers in smart SMEs. *Computers & Industrial Engineering*, 139, 105384. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2018.08.035>
13. Mostafa, B. A. (2022). Leveraging workforce insights to enhance employer attractiveness for young job seekers during pandemic era. *Heliyon*, 8(6). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09699>
14. Randstad employer brand research. Global report 2024. Žiūrėta: 2024 spalio 15 d. Prieiga: <https://www.randstad.be/en/workforce360/employer-brand/research/>
15. Sengupta, A., Bamel, U., & Singh, P. (2015). Value proposition framework: implications for employer branding. *Decision*, 42(3), 307-323. DOI 10.1007/s40622-015-0097-x
16. Sivertzen, A. M., Nilsen, E. R., & Olafsen, A. H. (2013). Employer branding: employer attractiveness and the use of social media. *Journal of Product & Brand Management*, 22(7), 473-483. DOI 10.1108/JPBM-09-2013-0393.
17. Soeling, P. D., Arsanti, S. D. A., & Indriati, F. (2022). Organizational reputation: does it mediate the effect of employer brand attractiveness on intention to apply in Indonesia?. *Heliyon*, 8(4). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09208>.
18. Tanwar, K., & Kumar, A. (2019). Employer brand, person-organisation fit and employer of choice: Investigating the moderating effect of social media. *Personnel Review*, 48(3), 799-823. DOI 10.1108/PR-10-2017-0299.
19. Tanwar, K., & Prasad, A. (2017). Employer brand scale development and validation: a second-order factor approach. *Personnel review*, 46(2), 389-409. DOI 10.1108/PR-03-2015-0065.
20. Tenakwah, E. S. (2024). Winning the war for talent: how strategic HR is the key to attracting and keeping top performers. *Strategic HR Review*, 23(5), 192-195. DOI 10.1108/SHR-05-2024-0031.
21. Transporto sektoriuje – didžiulis inžinierių poreikis: siūloma dešimtys darbo vietų ir imamasi priemonių sudominti vangiai inžineriją besirenkančius studentus. 2024 m. kovo 28 d. Žiūrėta: 2025-01-03. Prieiga: <https://sumin.lrv.lt/lt/naujienos/transporto-sektoriuje-didziulis-inzineriu-poreikis-siuloma-desimtys-darbo-vietu-ir-imamasi-priemoniu-sudominti-vangiai-inzinerija-besirenkancius-studentus/>
22. Tyrimas parodė, kas labiausiai motyvuoja per 1000 eurų uždirbančius biuro darbuotojus. 2024 m. rugsėjo 2 d. Žiūrėta: 2025-01-10. Prieiga: <https://spinter.lt/en/tyrimas-parode-kas-labiausiai-motyvuoja-per-1000-euru-uzdirbancius-biuro-darbuotojus/>
23. Zhang, W., Qian, J., & Yu, H. (2022). How and when seeking feedback from coworkers pays off? The mixed role of coworker relationship. *Frontiers in Psychology*, 13, 938699. DOI 10.3389/fpsyg.2022.938699

EMPLOYER ATTRACTIVENESS: PILOT STUDY OF ENGINEERS

Summary

The issue of employer attractiveness has become a widely discussed topic. Today, in order to attract and retain employees, organizations need to respond to and meet their expectations. At present, Lithuania, like other EU countries, is facing a shortage of engineers. Therefore, the challenge for organizations is how to win the “battle for engineers” and ensure a competitive advantage. The core question, then, is what factors drive engineers' decisions to work for a specific employer. This paper aims to identify the factors that determine the attractiveness of an employer for engineers. To achieve this, a pilot quantitative study was conducted with a sample of 56 engineers holding engineering degrees. The results suggest that salary, career opportunities, development opportunities, organizational reputation, and feedback from managers and colleagues are the five main factors determining employer attractiveness for engineers.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vietą ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gaming, management.

Telephone and e-mail address: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

SOCIALINIŲ TINKLŲ VAIDMUO „TALENTŲ MEDŽIOTOJO“ VEIKLOJE-

Dovilė Valantiejiėnė, Lina Girdauskienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Pagrindinis organizacijų prioritetas yra efektyvus ir greitas talentų radimas. Įvairūs pokyčiai rinkoje paskatino išorinių talentų paieškos tarpininkų - „talentų medžiotojų“ paplitimą. Nors mokslinėje literatūroje yra nagrinėjama jų veikla, tačiau trūksta sisteminio požiūrio. Straipsnio tikslas - nustatyti „talentų medžiotojo“ veiklos procesą bei atskleisti socialinių tinklų indėlį paieškoje. Tikslui pasiekti taikoma sisteminės literatūros ir statistinių duomenų analizė. Rezultatai parodė, kad procesas apima kelis reikšmingus etapus, be to yra būtinas įvairių paieškos praktikų integravimą. Praktikams tai parodo, kad efektyvi talentų paieška reikalauja ne tik socialinių tinklų naudojimo, bet ir susitelkimo į ilgalaikį santykių kūrimą bei valdymą.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Talentų medžiotojas, atrankos, veiklos procesas, paieškos praktikos.

Įvadas

Lankstumas ir galimybė rasti talentus yra pagrindiniai šių laikų organizacijų prioritetai darbuotojų pritraukimo ir atrankos srityje, o greitis ir efektyvumas surandant reikiamus talentus tampa ypač svarbus. Pokyčiai darbo rinkoje, tokie kaip padidėjęs darbo jėgos mobilumas, didėjantis skaitmenizavimas ir naujų įdarbinimo technologijų atsiradimas, paskatino „talentų medžiotojų“ – išorinių talentų paieškos ir pritraukimo tarpininkų – atsiradimą ir išpopuliarėjimą. „Talentų medžiotojai“ užtikrina organizacijų talentų poreikius, pasitelkdami rinkos išmanymą, patikimus įrankius ir technologijas, kurios derinamos su jų žmogiškoms kompetencijomis, siekiant efektyviai rasti ir pritraukti geriausius specialistus. „Talentų medžiotojai“ užtikrina efektyvų talentų atrankos procesą, kuris atitinka organizacijos poreikius, tačiau šis talentų paieškos procesas yra kompleksiškas ir reikalauja sisteminės analizės bei supratimo apie pagrindines šio proceso dedamąsias. Be to, šios paslaugos populiarumas ypač išryškėjo esant talentų trūkumui, todėl yra būtina atskleisti „talentų medžiotojo“ veiklos procesą ir paieškos praktikas. Nors mokslinėje literatūroje „talentų medžiotojų“ veikla yra nagrinėjama, tačiau trūksta žinių apie jų taikomas paieškos praktikas ir socialinių tinklų, tokių kaip „LinkedIn“, vaidmenį. Šio straipsnio tikslas yra nustatyti, koks yra „talentų medžiotojo“ veiklos procesas bei kaip socialiniai tinklai prisideda prie sėkmingos talentų paieškos.

Straipsnio uždaviniai:

1. Apibendrinus esamus teorinius ir empirinius tyrimus nustatyti „talentų medžiotojo“ veiklos proceso etapus ir praktikas,
 2. Atskleisti kaip socialiniai tinklai prisideda prie talentų paieškos sėkmės „talentų medžiotojo“ veikloje.
- Tyrimė taikomas sisteminės literatūros analizės metodas bei statistinių duomenų analizė. Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių įžvalgų ir išvadų.

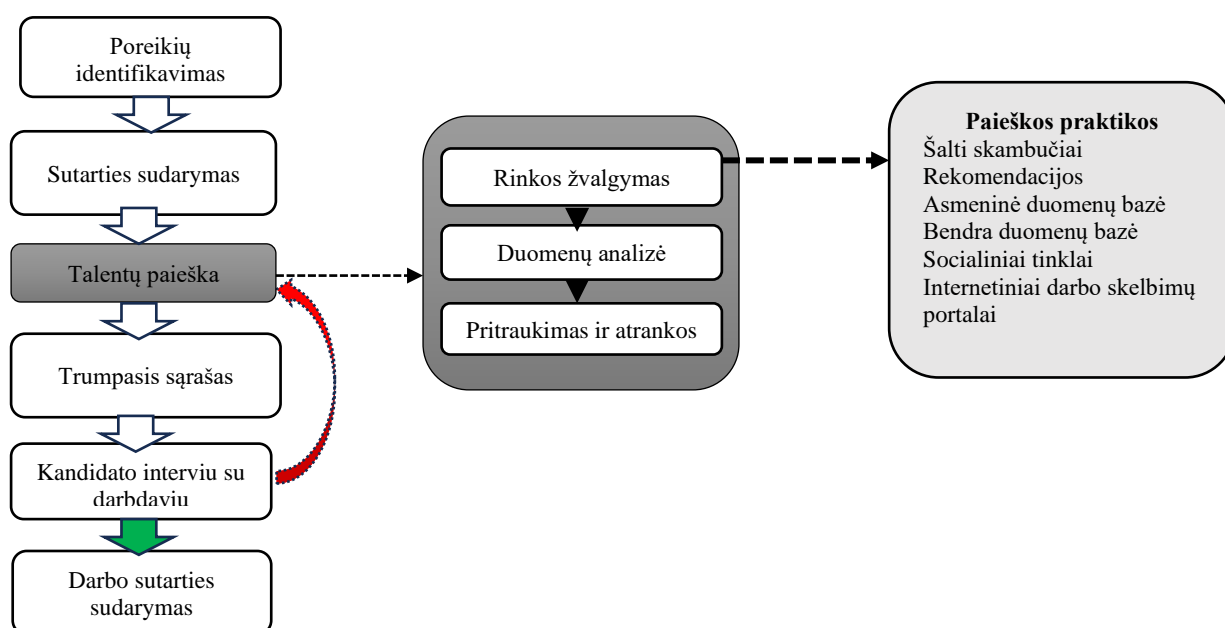
„Talentų medžiotojo“ veiklos procesas

Šiuolaikinėse organizacijose vienu iš pagrindinių konkurencinių pranašumų yra darbuotojai, kurie pasižymi unikaliomis savybėmis, kompetencijomis ir išskirtiniais rezultatais bei pasiekimais – tai organizacijos talentai. Remiantis literatūra, galima teigti, kad talentą apibrėžti galima įvairiai dėl moksle sutinkamų skirtingų požiūrių, kas yra talentas, tačiau šiame straipsnyje terminas „talentas“ yra laikomas neatsiejamu nuo organizacijos, ir žmogiškojo kapitalo kontekste reiškia sukauptas žinias, įgūdžius ir kompetencijas, kurias darbuotojas turi ir suteikia organizacijai, kas sukuria ekonominę vertę (Kwon ir Jang, 2022). Organizacijoje talentai yra intelektinis organizacijos kapitalas - nemateriali kiekvieno darbuotojo žinių, išsilavinimo, patirties, turimos informacijos ir noro vystyti savo žinias visuma (Schlechter ir kt., 2015). Remiantis šiuo požiūriu į talentą, tai nėra tik individuali kompetencija, bet ir gebėjimas integruoti ir taikyti žinias, įgūdžius ir kompetencijas konkrečioje organizacijos struktūroje (Kwon ir Jang, 2022).

Vienas iš dažniausia įvardijamų iššūkių darbo rinkoje yra talentų trūkumas, todėl organizacijos vis labiau varžosi ir konkuruoja dėl talentų pritraukimo. „Talentų medžiotojas“ yra išorinis darbo rinkos tarpininkas, kuriuo gali būti organizacija ar individas, kuris gauna atlygį už tai, kad padeda jį samdančiai organizacijai įdarbinti geriausiai organizacijos poreikius atitinkantį aukštos kvalifikacijos specialistą (Baldó ir Cabrerar, 2015; Peltokorpi, 2021). Įvykę dideli pokyčiai šiuolaikinėje visuomenėje, kai ekonominė veikla ir vertė yra plėtojama remiantis žiniomis, o buvęs dominuojančiu ir tradiciniu „vienas darbas visam gyvenimui“ požiūris praktikoje tapo labiau išimtimi, nei taisykle, dėl išaugusio darbo jėgos judumo ir pakitusios tradicijos dažniau keisti užimamas darbo roles ir pačias organizacijas, lėmė, kad atsirado poreikis „talentų medžiotojų“ paslaugai (Yan ir kt., 2024). Taip pat, remiantis tuo, kad Boscai (2015), kuris tyrė technologijų panaudojimą įdarbinimo procese tvirtina, kad skaitmenizavimas verčia organizacijas įsisavinti naujus įdarbinimo metodus

ir įrankius, kas veda į naujų verslo modelių atsiradimą, galima daryti prielaidą, kad tai prisideda ir prie „talentų medžiotojo“ paslaugos poreikio augimo. Be to, yra manoma, kad „talentų medžiotojų“ įsitraukimas į darbo rinką dar labiau spartina kvalifikuotų asmenų judėjimą (Baldó ir Cabrerás, 2015). Taigi, „talentų medžiotojai“ yra nepriklausomi tarpininkai, kurie padeda užpildyti spragas tarp organizacijų ir kandidatų, sukurdami vertę dėka savo plačių turimų kontaktų tinklų ir gebėjimo diskretiškai įdarbinti geriausius talentus (Yan ir kt., 2024). Trečiosios šalies ir tarpininko statusas leidžia jiems veikti kaip saugikliams, kurie atlieka tokias jautrias užduotis kaip kandidatų apklausa, sudėtingų pokalbių vedimas ar kandidatų viliojimas iš konkurentų (Yan ir kt., 2024).

Peltokorpi (2021) atkreipia dėmesį, kad „talentų medžiotojai“ gali ieškoti kandidato taikydami „idealaus kandidato“ paieškos taktiką, kai kandidatas atrenkamas daug laiko ir pastangų reikalaujančiu keliu arba taikyti „žemai kabančio vaisiaus“ taktiką, kai kandidatas gana greitai randamas atlikus paiešką internete. Tačiau mokslininkai pažymi, kad „talentų medžiotojo“ veiklos procesas yra daug kompleksiškesnis, todėl reikalinga gilesnė analizė, kokios yra pagrindinės proceso dedamosios (1 pav.). Remiantis Liu ir kt. (2013), Merilainen ir kt. (2013), Faulconbridge ir kt. (2014), Ollington ir kt. (2013), Peltokorpi (2021) „talentų medžiotojo“ veikla nuo poreikių identifikavimo iki darbo sutarties sudarymo turi eilę dedamųjų, o talentų paiešką nepavykus rasti tinkamo kandidato tenka kartoti ne vieną kartą. Šiame straipsnyje labiausiai susitelkiame į talentų paieškos etapą, kad atskleistume jos dedamąsias ir procesą bei būdingas paieškos praktikas.



1 pav. „Talentų medžiotojo“ veiklos procesas

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Liu ir kt. (2013), Merilainen ir kt. (2013), Faulconbridge ir kt. (2014), Ollington ir kt. (2013), Peltokorpi (2021)

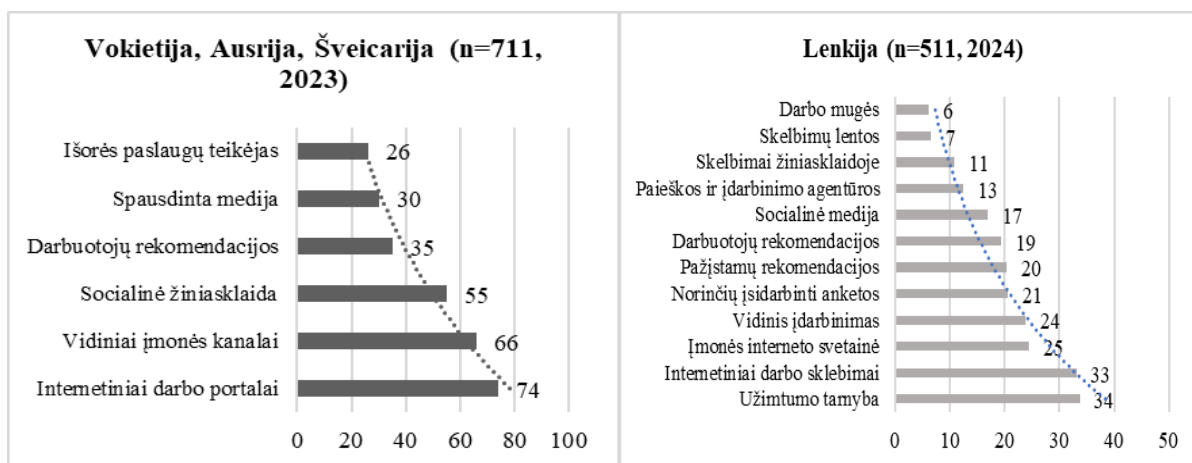
Literatūros analizė atskleidė, kad „talentų medžiotojo“ veiklos modeliai yra struktūriniai, kuriuose pateikiamos tik galimos dedamosios (Faulconbridge ir kt., 2014, Ollington ir kt., 2013) arba procesiniai, kuriuose atskleidžiama veiksmų seka (Liu ir kt., 2013 ir Merilainen ir kt., 2013). Apibendrinami mokslininkų įžvalgas laikomės procesinio požiūrio, nes „talentų medžiotojo“ veikla yra gana kompleksiška ir reikalauja sisteminės prieigos, jai būdinga didelė priklausomybė nuo kitų suinteresuotų šalių (kandidatai, užsakovas-organizacija) ir pakankamai aukšta rizika, kad suinteresuotų šalių sunkiai nuspėjami elgsenos pokyčiai dėl nenumatytų išorinių priežasčių, turės didelį poveikį paieškos rezultatui. „Talentų medžiotojo“ sėkmė priklauso nuo teisingo kliento poreikio ir reikalavimų supratimo, ką dažniausiai lemia turima patirtis ir įgūdžiai, taip pat sėkmė priklauso nuo teisingai suformuoto paieškos lauko ir gebėjimo matyti atitikimą tarp kandidato asmeninių savybių, patirties, siekių ir kliento poreikių (Merilainen ir kt., 2013; Ollington ir kt., 2013).

Apibendrinant, galima teigti, kad „talentų medžiotojo“ veiklos procesas yra sudarytas iš poreikių identifikavimo, sutarties sudarymo, paieškos, trumpojo kandidatų sąrašo sudarymo, kandidato interviu su darbdaviu ir darbo sutarties sudarymo etapų. Talentų paieškos dedamąją galima suskirstyti į rinkos žvalgymo, duomenų analizuoti ir pritraukimo bei atrankų etapus. Be to, rinkos žvalgymas apima bent kelias skirtingas paieškos praktikas, viena kurių yra socialinių tinklų naudojimas.

Talentų paieškos etapas ir taikomos praktikos

Rinkos žvalgymo etape „talentų medžiotojas“ turi pasitelkti įvairias paieškos praktikas, kurios yra glaudžiai susiję su technologijų naudojimu darbuotojų paieškai. Pagrindiniai tyrėjų įvardijami metodai taikomi paieškose yra šalti skambučiai, rekomendacijos, duomenų bazės, ir internetas, kuriuos galima išskaidyti į detalesnes praktikas (Peltokorpi, 2021). Be to, Peltokorpi (2021) tyrimas atskleidė, kad šalti skambučiai yra itin imlūs laikui ir atliekami dažniausiai tada, kai „talentų medžiotojas“ turi mažiau patirties ir įdirbio šioje rinkoje, be to, sprendimas, kam skambinti tuomet yra priimamas remiantis talento darbdavio reputacija rinkoje. Tyrimas atskleidė, kad rekomendacijos, kai yra prašoma pasidalinti kontaktais tų asmenų, kuriems taip pat būtų įdomus „talentų medžiotojo“ pasiūlymas yra mažiausiai taikomas, tačiau efektyvus būdas pasiekti tuos potencialius kandidatus, kurių duomenų nėra internete (Peltokorpi, 2021). Duomenų bazės, kuriose yra talpinama informacija apie potencialius pritrauktus ar atrankose dalyvavusius talentus, gali būti asmeninės arba bendros (didelės „talentų medžiotojų“ organizacijos atveju) (Peltokorpi, 2021). Socialiniai tinklai ir internetiniai darbo skelbimai yra priskiriami interneto metodų kategorijai, kurie suteikia lengvą ir greitą prieigą prie kandidatų (Peltokorpi, 2021). Tačiau tyrimas atskleidė, kad kandidatai, kurie savo duomenis yra patalpinę darbo skelbimų portaluose paprastai yra netinkamos kompetencijos arba nuostatų (Peltokorpi, 2021). Socialinių tinklų, ypač „LinkedIn“, populiarumas „talentų medžiotojų“ veikloje yra itin didelis, nors tyrimas atskleidė, kad patyrę „talentų medžiotojai“ „LinkedIn“ įvardina, kaip neefektyvų ir ne visada veiksmingą įrankį talentų paieškai, tačiau labai naudingą savo socialinio tinklo kūrimui ir potencialaus kontaktų rato formavimui, kuris ateityje gali tarnauti, kaip duomenų bazė (Peltokorpi, 2021).

Internetinių duomenų bazių ir socialinių tinklų, kaip populiarių samdos kanalų egzistavimą, įrodo ir duomenų bazės „Statista“ duomenys (2 pav.).



2 pav. Dažniausiai taikomi samdos kanalai darbuotojų paieškoje
Šaltinis: sudaryta autorių remiantis duomenų bazės „Statista“ duomenimis

Duomenų bazės „Statista“ analizė parodė, kad internetiniai darbo skelbimų portalai ir socialiniai tinklai, nors ir skirtinga apimtimi, tačiau yra gana paplitę įvairiose šalyse. Skirtumus tarp šalių gali lemti ir tokie objektyvūs rodikliai, kaip skirtumas tarp „LinkedIn“ vartotojų, kurį lemia bendras darbingo amžiaus gyventojų skaičius šalyje. Būtent „LinkedIn“ dažniausiai yra laikomas pagrindiniu socialiniu tinklu, kuris aktualus darbuotojų paieškoje, nors rinkoje atsiranda mobilių aplikacijų ir kitų socialinių tinklų, kurie dar nėra tokie populiarūs. Pasak Kashyap ir Verkroost (2021) „LinkedIn“ yra profesinis socialinis tinklas, kuris yra sukurtas taip, kad kiekvienas galėtų pateikti labai detalų savo profesinį paveikslą, be to yra praturtintas paieškos ir filtravimo įrankiais, kurie padeda identifikuoti talentą remiantis labai konkrečiais kriterijais bei su juo patogiai susisiekti. Remiantis tuo, kad šie paieškos kanalai yra populiarūs, galim daryti prielaidą, kad „talentų medžiotojų“ tarpe ši tendencija išlieka.

Remiantis Peltokorpi (2021) tyrimo rezultatais, kurie parodė, kad toks socialinis tinklas, kaip LinkedIn yra itin populiarus įrankis ir paieškos praktika, galima teigti, kad nors tai neužtikrina talento paieškos sėkmingo rezultato, o yra būdas, kuris leidžia „talentų medžiotojui“ kurti kontaktų tinklą, kuris ateityje galimai bus panaudotas jo veikloje. Ollington ir kt. (2013) dar ankstyvuosiu tyrimų etapu pažymėjo, kad „talentų medžiotojo“ paieškos procesas apima socialinio tinklo sukūrimą, kuris yra būtinas norint pritraukti kandidatus, nes yra būtina užmegzti, kuo daugiau potencialių kontaktų, peržiūrint ir patikrinant jų gyvenimo aprašymo detales, kad bet kuriuo metu, naudojantis savo sukurtu tinklo valdymo mechanizmais, būtų galima užmegzti ryšius su tinkamais kandidatais. Mokslininkai, kurie atliko ankstyvuosius tyrimus šioje srityje, jau tada neabejojo, kad technologijos ir inovacijos ne tik pakeis komunikacijos, talentų pasiekiamumo galimybes,

paieškos ir atrankos procesus, bet ir labai paveiks talentų suvokimą ir padidins jų poreikį organizacijoms (Brockbank ir kt., 2012; Al Ariss ir kt., 2014). Nepaisant to, tai savaime dar nelemia „talentų medžiotojo“ veiklos rezultatų ir yra tik proceso dalis, kurios taikymas gali daryti teigiamą poveikį rezultatams.

Apibendrinant, talentų paieškoje taikomi įvairūs metodai, tokie kaip šaltieji skambučiai, rekomendacijos, duomenų bazės ir socialiniai tinklai, o jų pasirinkimas priklauso nuo situacijos bei „talentų medžiotojo“ patirties. Nors toks socialinis tinklas, kaip „LinkedIn“, yra populiarus ir plačiai taikomas įrankis, jis labiau padeda kurti ilgalaikį kontaktų tinklą nei užtikrina tiesioginę atrankos sėkmę. Socialinių tinklų įtaka talentų paieškai yra neabejotina, nes tai keičia bei greitina procesą ir didina talentų pasiekiamumą, tačiau sėkmingi rezultatai priklauso ir nuo tinkamų strategijų taikymo.

Išvados

1. Atlikta literatūros analizė parodė, „talentų medžiotojo“ veikla, o ypač talentų paieškos etapas yra sudėtingas procesas, kuris priklauso nuo daugelio veiksnių, įskaitant gebėjimą suprasti kliento poreikius, pasirinkti tinkamas paieškos strategijas ir pritaikyti įvairius metodus.

2. Nors „talentų medžiotojo“ veiklos sėkmė priklauso nuo gebėjimo efektyviai naudoti socialinius tinklus, kad pasiektų tinkamus kandidatus. Be to, socialiniai tinklai ne tik padeda identifikuoti, bet ir kurti ilgalaikį kontaktų tinklą, kuris gali būti naudingas ateityje, tačiau greitos paieškos sėkmės tai neužtikrina, o dažnai reikalauja papildomų strategijų ir kitų paieškos praktikų integravimo.

Literatūra

1. Al Ariss, A., Cascio, W. F., & Paauwe, J. (2014). Talent management: Current theories and future research directions. *Journal of World Business*, 49(2), 173-179.
2. Baldó, C. M., & Cabrera, R. V. (2015). *THE CLIENT-HEADHUNTER-CANDIDATE RELATIONSHIP FROM THE AGENCY THEORY PERSPECTIVE* (Doctoral dissertation, Doctoral dissertation). Universidad Pablo de Olavide).
3. Boşcai, B. G. (2015). Niche Websites and online tools used in recruitment. *SEA-Practical Application of Science*, 3(07), 113-120.
4. Brockbank, W., Ulrich, D., Younger, J., & Ulrich, M. (2012). Recent study shows impact of HR competencies on business performance.
5. Faulconbridge, J. R., Hall, S. J., & Beaverstock, J. V. (2015). Executive search agencies. *Wiley Encyclopedia of Management*, 1-4.
6. Gi Group Holding. (April 8, 2024). How are companies seeking employees? [Graph]. In *Statista*. Retrieved January 16, 2025. Prieiga per internetą: <https://www.statista.com/statistics/1460498/poland-recruitment-methods/> (Žiūrėta 2025-01-15)
7. Hays. (February 20, 2024). Which recruiting channels do you use to hire new employees? [Graph]. In *Statista*. Retrieved January 15, 2025. Prieiga per internetą: <https://www.statista.com/statistics/1286747/leading-recruiting-channels-in-germany-austria-switzerland/> (žiūrėta 2025-01-15)
8. Yan, L., Plimmer, G., & Zhou, A. (2024). Gendered executive headhunting with Chinese characteristics. *Gender, Work & Organization*, 31(2), 353-377.
9. Kashyap, R., & Verkroost, F. C. (2021). Analysing global professional gender gaps using LinkedIn advertising data. *EPJ Data Science*, 10(1), 39.
10. Kwon, K., & Jang, S. (2022). There is no good war for talent: A critical review of the literature on talent management. *Employee Relations: The International Journal*, 44(1), 94-120.
11. Liu, X. L., Wang, D. H., & Wang, G. Z. (2013, July). Analysis of head-hunting company profit model. In *Proceedings of 2013 IEEE International Conference on Service Operations and Logistics, and Informatics* (pp. 269-273). IEEE.
12. Meriläinen, S., Tienari, J., & Valtonen, A. (2015). Headhunters and the 'ideal' executive body. *Organization*, 22(1), 3-22.
13. Ollington, N., Gibb, J., & Harcourt, M. (2013). Online social networks: an emergent recruiter tool for attracting and screening. *Personnel Review*, 42(3), 248-265.
14. Peltokorpi, V. (2021). In search of 'low-hanging fruits' or 'ideal' candidates? Understanding headhunters' candidate search activities. *Human Resource Management Journal*, 31(3), 639-657.
15. Schlechter, A., Thompson, N. C., & Bussin, M. (2015). Attractiveness of non-financial rewards for prospective knowledge workers: An experimental investigation. *Employee Relations*, 37(3), 274-295.

THE ROLE OF SOCIAL NETWORKS IN HEADHUNTING

Summary

In the attraction and recruitment field, key priorities for today's organisations are flexibility and the ability to find talent efficiently. This makes a fast talent search process crucial in the competition for the best talent. Various changes in the labour market have led to the emergence and widespread of external talent-sourcing services providers known as headhunters. Even though the academic literature examines their activities and work processes, there is a lack of a systematic approach. Therefore, this paper aims to identify the process of headhunter work and to reveal how social

networks contribute to a successful talent search. To achieve this, a systematic literature analysis and statistical data analysis were chosen. The results show that the process involves several significant stages: identifying needs, creating a contract, searching, shortlisting candidates, interviewing the candidate, and concluding the employment contract. The talent search component can be divided into the market intelligence, data analysis and attraction and selection phases. In addition, market intelligence involves at least several different search practices, one of which is the use of social networks. These insights highlight the need for practitioners to combine social networks with strategic, long-term relationship management for effective talent search.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dovilė Valantiejiene.

Mokslo laipsnis ir vardas: Žmonių išteklių valdymo magistras.

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, doktorantė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 60181269, dovile.valantiejiene@ktu.edu

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, direktorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

A COVER LETTER OF THE AUTHORS

Author name, surname: Dovilė Valantiejiene.

Science degree and name: Master's degree in human resource management.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, PhD student.

Author's research interests: human resource management, gamification, and management.

Telephone and e-mail address: 0 60181269, dovile.valantiejiene@ktu.edu

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, director.

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gamification, and management.

Telephone and e-mail address: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

ŽAIDYBINIMO TAIKYMO POVEIKIS ASMENINEI REPUTACIJAI

Dovilė Valantiejiė, Lina Girdauskienė

Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Technologijų taikymo plėtra leido žaidybinimui tapti populiariu įrankiu organizacijų valdyme, darbuotojų motyvavime. Visgi, žaidybinimo taikymas, kurio pagrindinė idėja - didesnės vertės kūrimas esamas aplinkas papildant stimulais, yra keliantis iššūkius, nes abejonės dėl poveikio darbuotojo asmeninei reputacijai, gali kelti nerimą ir stabdyti naudojimąsi. Tad straipsnio tikslas yra nustatyti žaidybinimo poveikį darbuotojo asmeninei reputacijai. Tikslui pasiekti pasirinktas sisteminės literatūros analizės metodas. Atlikta mokslinės literatūros analizė parodė, kad šis žaidybinimo poveikis yra tirtas mažai ir sutelktas į asmeninį savo paties reputacijos vertinimą. Pasiūlytas modelis įneša naują teorinį požiūrį ir gali būti vertingas įrankis praktikoje.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Žaidybinimas, asmeninė reputacija, poveikis.

Ivadas

Šiandieniniame skaitmeniniame pasaulyje ir organizacijų valdyme žaidybinimas tapo populiariu įrankiu, kuriuo siekiama motyvuoti, įtraukti ir skatinti ar keisti darbuotojų elgesį. Šiandien žaidybinimas yra neatsiejama, bet kokių IT sistemų ar platformų dalis. Nors daug dėmesio literatūroje yra skiriama žaidybinimo poveikiui tirti, kas pateikia ne tik gausių teigiamų, bet ir neigiamų rezultatų, gana mažai yra nagrinėtas jo poveikis darbuotojo asmeninei reputacijai. Asmeninė reputacija yra svarbus profesinio gyvenimo aspektas, kuris yra reikšmingas karjerai ir darbuotojo sėkmei organizacijoje. Taip pat, neigiamos nuostatos apie grėsmę asmeninei reputacijai gali sukelti psichologinį stresą ir kitas neigiamas pasekmes dėl kurių darbuotojas gali vengti naudotis sužaidybinta aplinka. Nepaisant to, kad yra nustatyta, kad egzistuoja neigiamas poveikis dėl kylančio susirūpinimo ir nuogastavimo dėl žaidybinimo poveikio savo asmeninei reputacijai, šioje srityje dar trūksta tyrimų, kurie padėtų suprasti žaidybinimo poveikį asmeninei reputacijai ne iš asmeninių nuostatų, o iš tiesioginio poveikio aspektu, todėl šio **straipsnio tikslas** yra nustatyti, kokį poveikį žaidybinimas daro darbuotojo asmeninei reputacijai.

Straipsnio uždaviniai:

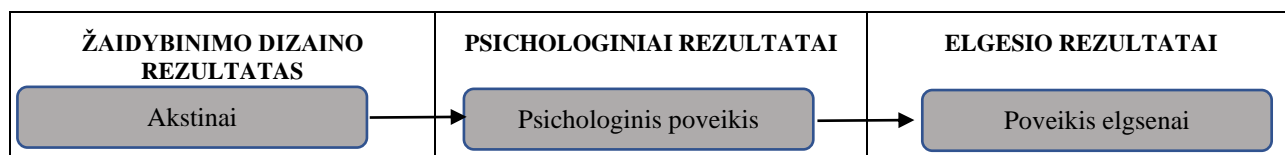
1. Apibendrinti esamus teorinius ir empirinius tyrimus žaidybinimo poveikio asmeninei reputacijai tema;
2. Suformuoti naują teorinį modelį, kuris atskleistų žaidybinimo poveikį darbuotojo asmeninei reputacijai.

Tyrime taikomas sisteminės literatūros analizės metodas. Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių įžvalgų, teorinio modelio aptarimo ir išvadų.

Teorinės įžvalgos apie žaidybinimą

Žaidybinimas – tai žaidimų elementų pritaikymas įvairiose srityse, siekiant motyvuoti ir įtraukti. Žaidybinimas yra taikomas švietime, versle, sveikatos priežiūroje ir kitose srityse, siekiant gerinti patirtį ir skatinti dalyvavimą. Naudojant tokius elementus kaip taškai, lygiai ar apdovanojimai, sukuriama motyvuojanti aplinka, kuri padeda siekti tikslų, ugdyti įgūdžius ir spręsti problemas. Mokslinėje literatūroje žaidybinimas yra apibrėžiamas, kaip „procesas, kurio metu paslauga papildoma žaidybinės patirties akstinais, siekiant padėti naudotojams kurti bendrąją vertę.“ (Huotari ir Hamari, 2017: 25). Žaidybinės patirties akstinai yra stimulai, kurie sukuriama tam, kad būtų patenkinti motyvaciniai poreikiai ir paveikiama psichologinė būsena (Huotari ir Hamari, 2017).

Žaidybinimo literatūroje yra dažnai sutinkamas žaidybinimo konceptualizavimas per elgsenos keitimo prieigą. Hamari ir kt. (2014) pasiūlė šį požiūrį (1 pav.), kuris tapo populiarius mokslinėje literatūroje ir paplito moksliniuose tyrimuose ir dabar yra dažniausiai taikomas tiriant žaidybinimo poveikį (Huang ir Zhou, 2020).



1 pav. Žaidybinimo konceptualizavimas

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Hamari ir kt. (2014)

Žaidybinimas padeda patobulinti paslaugas ir sistemas, taikant akstinus, kurie sukelia tam tikrą

psichologinį poveikį, o tai skatina pageidaujamą ar norimą naują elgesį bei padeda organizacijai pasiekti tikslus (Koivisto ir Hamari, 2019). Psichologinis rezultatas yra suprantamas, kaip žaidybinimo sukeliama psichologinė patirtis, elgesio rezultatas yra suprantamas, kaip elgesys, kuris yra palaikomas sąveikos atsirandančios tarp naudotojo ir sistemos, o akstinai yra žaidybinimo objektai ar mechanika, kurie leidžia suteikti žaidybinimui struktūrą sukuriančią patirtį tam tikrame kontekste (Huang ir Zhou, 2020). Taigi, žvelgiant iš žaidybinimo dizaino pusės, žaidybinimo įgyvendinimui yra pasirenkami įvairūs žaidimo elementai ir jų rinkiniai, kurie darbuotojui naudojantis sistema sukuria jam motyvacinį akstiną (Huotari ir Hamari, 2017), kuris priklauso tiek nuo aplinkos charakteristikų, tiek ir nuo darbuotojo savybių. Pasak, Huang ir Zhou (2020) egzistuoja didelė akstinių įvairovė, kurie gali būti taikomi žaidybinime.

Mokslinėje literatūroje yra pateikiamos įvairios žaidybinimo akstinių klasifikacijos, tačiau dažniausiai tyrimuose yra remiamasi Koivisto ir Hamari (2019) (1 lentelė). Šie tyrėjai išskyrė imersijos, pasiekimų ir socialumo akstinius, kas yra laikoma trimis pirminėmis žaidybinimo akstinių kategorijomis (Huang ir Zhou, 2020). Ši klasifikacija yra empiriškai pagrįsta (Xi ir Hamari, 2020), šios akstinių kategorijos ne tik atitinka vidinių poreikių kategorijas pagal Apsisprendimo teoriją (autonomija, kompetencija, susiejamumas), be to yra įrodytas šių žaidybinimo akstinių kategorijų ir vidinių poreikių ryšys (Xi ir Hamari, 2020).

1 lentelė

Žaidybinimo akstinai

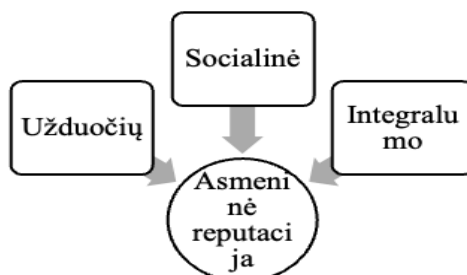
Akstinai	Samprata	Elementai
Imersijos akstinai	Akstinas pasinerti į savarankišką ir smalsią veiklą, autonomišką mąstymą, savo veiklos prasmingumo pajautimas ir savanoriško dalyvavimo pojūtis.	Avataras, pritaikymas / personalizacija, naratyvas / istorijų pasakojimas
Pasiekimų akstinai	Akstinas patirti pažangos jausmą įveikus sunkumus, užduoties pabaigimą, ypatingus pasiekimus ar pamatyti savo statusą atliekant įvairias veiklas darbe.	Ženkliukai / medaliai / trofėjai, virtuali valiuta, balai/ taškai, progreso juosta / veiklos grafikai, lygiai, rangavimas / lyderių lenta, užduotys / sprendimų paieškos
Socialumas akstinai	Akstinas patirti socialinę sąveiką su kitais, priklausymą grupei, bendradarbiavimą, varžymąsi.	Socialiniai tinklai, bendradarbiavimas / komanda, socialinis varžymasis

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Koivisto ir Hamari (2019)

Atlikti moksliniai tyrimai rodo, kad žaidybinimo akstinai turi teigiamą poveikį psichologiniams ir elgesio rezultatams, tačiau yra tyrimų kurie pateikia ir prieštarigus rezultatus. Be to, neigiamam žaidybinimo poveikiui yra skiriama gana mažai dėmesio mokslinėje literatūroje (Huang ir Zhou, 2020), kas sudaro sunkumų giliau suprasti šių neigiamų rezultatų priežastis bei numatyti strategijas, kad to būtų galima išvengti. Todėl, nors esami tyrimai patvirtino, kad žaidybinimas gali būti veiksmingai taikomas gerinant įvairias sistemas ar paslaugas labai skirtingose srityse, tačiau prieštaringos tyrimų išvados dėl žaidybinimo poveikio sukuria dvejonę ir neigiamą įspūdį apie galimą žaidybinimo poveikį, kas gali neigiamai veikti bendrą nusiteikimą naudotis sužaidybtomis sistemomis ar paslaugomis. Remiantis tuo, kad suvokimas apie žaidybinimą labai priklauso nuo žaidybinio konteksto ir veiklos pobūdžio (Hamari ir Koivisto, 2019), o galimos neigiamos nuostatos dėl žaidybinimo taikymo poveikio asmeninei reputacijai gali neigiamai paveikti ketinimą naudotis sužaidybtą sistema ar paslauga (Huang ir Zhou, 2020; Yang ir kt., 2024), šiame straipsnyje yra teigiama, kad yra svarbu iširti, koks yra žaidybinimo poveikis darbuotojo asmeninei reputacijai.

Teorinės įžvalgos apie asmeninę reputaciją

Asmeninė reputacija daro poveikį darbuotojų karjerai, ir gali būti svarbi net tarp darbuotojų, kurie nėra sutikę vienas kito, ar veikia vienoje skaitmeninėje bendruomenėje (Zinko ir kt., 2016). Asmeninė reputacija organizacijos kontekste yra apibrėžiama laipsniu, kiek ilgainiui kolegos suvokia, kad darbuotojas profesionaliai atlieka savo darbą ir yra naudingas kitiems darbo vietoje, bei atsiranda iš darbuotojo asmeninių savybių ir elgesio, gebėjimų, bendradarbiavimo ir paslaugumo nuostatų, kuriomis vadovaujamosi darbe (Cheng ir kt., 2024).



2 pav. Asmeninės reputacijos dimensijos

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Zinko ir kt. (2016)

Literatūroje daugiausia yra aprašomos dviejų autorių išskiriamos asmeninės reputacijos skalės. Hochwarter ir kt. (2007) asmeninės reputacijos skalė šį konstrukta matuoja, kaip vientisą ir bendrą, o Zinko ir kt. (2016) daugiaplanė skalėje yra išskiriama užduočių, socialinę ir integralumo dimensijos (2 pav.).

Manoma, kad Zinko ir kt. (2016) daugiaplanėje skalėje išskiriamos dimensijos (2 lentelė) leidžia tiksliau įvertinti ir praktiškai pritaikyti šį konstrukta, nei taikant vienmatę Hochwarter ir kt. (2007) skalę. Ši skalė leidžia įvertinti su užduoties atlikimu susijusius aspektus, socialinius aspektus bei asmeninių savybių aspektus kalbant apie asmeninę reputaciją.

2 lentelė

Asmeninės reputacijos dimensijų skalė

Užduočių dimensija	Socialinė dimensija	Integralumo dimensija
Gebėjimas atlikti užduotis Turimi įgūdžiai ir patirtis Gebėjimas dalintis savo sukaupta patirtimi	Pozityvios tarpusavio sąveikos Pageidaujamas išsiskyrimas iš grupės Išreikštas rūpestis kitais	Sąžiningumas Garbingumas Pasitikėjimas Aukšti moralės standartai

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Zinko ir kt. (2016)

- Zinko ir kt. (2016) teigia, kad su užduotimis siejama reputacija yra asmeninės reputacijos organizacijoje dimensija, kuri atspindinti darbuotojo pripažinimą dėl jo kompetencijos ir gebėjimo atlikti konkrečias užduotis. Ji pasireiškia savo srities eksperto žinomumu, siekiu gauti patarimo su darbu susijusiais klausimais, pasitikėjimu žiniomis ir problemų sprendimo įgūdžiais (Zinko ir kt., 2016).

- Socialinė reputacija yra asmeninės reputacijos organizacijoje dimensija, kuri atspindi tai, kaip darbuotojas yra suvokiamas kitų remiantis jo socialiniu elgesiu ir sąveika su kitais (Zinko ir kt., 2016). Gerą socialinę reputaciją turintys asmenys dažnai laikomi draugiškais, mėgstamais, gebančiais puoselėti teigiamus santykius, turinčiais socialinius įgūdžius ir gebėjimą užmegzti asmeninį ryšį (Zinko ir kt., 2016).

- Remiantis Zinko ir kt. (2016) integralumo reputacija yra asmeninės reputacijos organizacijoje dimensija, atspindinti sąžiningumą, patikimumą ir moralinius standartus. Šią reputaciją turintys darbuotojai yra laikomi labai sąžiningais, nepriekaištingos reputacijos, patikimais ir etiškais (Zinko ir kt., 2016).

Nors asmeninė reputacija pirmiausia yra siejama su tuo, kaip kiti žmonės suvokia asmenį, tačiau labai dažnai pačiam asmeniui kyla nuogąstavimų ir susirūpinimą keliantys reputacijos išsaugojimo klausimai, kurie nėra tapatūs asmeninei reputacijai. Darbuotojo suvokiama asmeninė reputacija yra laikoma ribojančia sąlyga ir siejama su paties darbuotojo įsitikinimais apie tai, kaip kiti jį vertina profesinės kompetencijos ir demonstruojamo noro padėti kitiems atžvilgiu (Cheng ir kt., 2023). Be to, yra teigiama, kad suvokiama asmeninė reputacija ir nerimas dėl jos sukelia psichologinį stresą (Yang ir kt., 2024). Kai darbuotojas pasižymi dideliu susirūpinimu savo asmenine reputacija ir jaučia, kad esamas įspūdis apie jį neatitinka jo paties lūkesčių, yra stipriai veikiami išorinio kitų jo vertinimo ir jaučiasi blogai, o darbuotojai, kuriems mažiau rūpi jų reputacija, yra mažiau veikiami tokių asmeninių įsitikinimų apie save (Cheng ir kt., 2023).

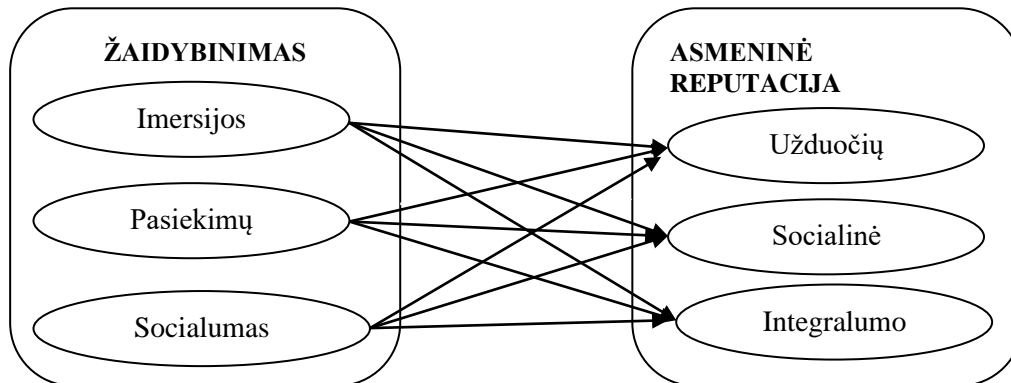
Žaidybinimo poveikis asmeninei reputacijai

Mokslinės literatūros analizė parodė, kad vienas iš psichologinių rezultatų, kuris gali būti sukeltas taikant žaidybinimą, yra nuogąstavimai ir susirūpinimas dėl savo asmeninės reputacijos (Riar ir kt., 2022), kurie sustiprina neigiamus darbuotojo įsitikinimus dėl nepatiriamo pripažinimo jausmo ir socialinės perkrovos, kylančios dėl situacijos, kai darbuotojas jaučiasi verčiamas skirti daugiau laiko ir dėmesio socialiniams santykiams palaikyti, nei jis pats pageidauja, o tai gali sukelti neigiamų psichologinių pasekmių (Huang ir Zhou, 2020). Be to, žaidybinimo literatūroje buvo atliktas tyrimas, kuris parodė teigiamą poveikį pripažinimui, bet neigiamą žaidybinimo poveikį socialinei perkrovai (Huang ir Zhou, 2020). Žaidybinimo metu patiriamas socialinės perkrovos jausmas, ne tik neigiamai veikia patirtį, tačiau ir ketinimus naudotis sužaidybinta sistema toliau (Huang ir Zhou, 2020). Tačiau, kita vertus, žaidybinimas gali sudaryti sąlygas, kai dėl norimos įgyti reputacijos ir socialinio statuso yra siekiama lygintis tarpusavyje ir bendradarbiauti, kas apima grupės tarpusavio konkurenciją ir bendradarbiavimą grupės viduje (Riar ir kt., 2022). Daugelyje minios patalkos principu paremtų platformų yra pasitelkiama asmeninės reputacijos mechanika, nes tai motyvuoja demonstruoti pageidaujamą elgesį, arba dalijimosi žiniomis bendruomenėse yra pasiekiami geri rezultatai, kai yra taikomi su reputacija ir socialiniu statusu siejami žaidybinimo elementai (pvz. lyderių lentelė ar rangavimas) (Riar ir kt., 2022).

Apskritai, literatūroje, kurioje siekiama pažinti žaidybinimo poveikį asmeninei reputacijai yra susitelkiama ne į asmeninės reputacijos reiškinį, o į darbuotojo paties suvokimą apie jo asmeninę reputaciją ir galimą grėsmę jai. Huang ir Zhou (2020) ir Yang ir kt. (2024) atlikti tyrimas nagrinėjo darbuotojo suvokimą apie savo asmeninę reputaciją ir kylantį nerimą siekiant reputaciją išlaikyti. Be to, šie tyrimai išskirtinai

susitelkė į socialumo akstinių nagrinėjimą. Taigi, tyrimų, kuriuose būtų analizuotas žaidybinimo poveikis asmeninei reputacijai mokslinėje literatūroje trūksta, todėl kol kas nėra galimybės atsakyti ar žaidybinimas neigiamai veikia asmeninę reputaciją ar tik gali sukelti neigiamo poveikio įsitikinimams apie asmeninę reputaciją, kurią būtų galima valdyti pritaikius tinkamus papildomus sprendimus.

Remiantis Hamari ir kt. (2014) žaidybinimo konceptualizavimų, Koivisto ir Hamari (2019) akstinių klasifikacija ir Zinko ir kt. (2016) asmeninės reputacijos dimensijomis pateikiame tyrimo modelį (3 pav.), kuris paaiškina, kaip žaidybinimo akstinai gali daryti poveikį asmeninei reputacijai.



3 pav. Tyrimo modelis
Šaltinis: sudaryta autorių

Riar ir kt. (2022) sako, kad imersijos akstinai gali padėti įsitraukti į bendradarbiavimą ir teikiama priimti sužaidybintą sistemą, kad galėtų sukurti teigiamą poveikį tiek užduočių atlikimui, tiek ir pozityvioms tarpusavio sąveikoms. Be to stipresnis emocinis pasinėrimas, kurį sukelia žaidybinimas (Riar ir kt., 2022), gali teigiamai veikti integralumo dimensiją. Taip pat, Riar ir kt. (2022) teigia, kad lyderių lentelė ir rangavimas, kas yra pasiekimų akstinai, ne tik sukelia tarpusavio konkurenciją, tačiau ir bendradarbiavimą grupės viduje ar skatina sveiką konkurenciją tarp skirtingų grupių. Be to, yra teigiama, kad rangavimas (pasiekimų akstinai) ar varžymasis su kitais (socialumo akstinai) taip pat sukelia poveikį, kai yra patenkinamas susiejamumo poreikis, patiriama tėkmės būsena, estetikos patirtis ir pasitenkinimas (Huang ir Zhou, 2020). Tai gali teigiamai veikti visas asmeninės reputacijos dimensijas. Huang ir Zhou (2020) nustatė, kad socialumo akstinai turi teigiamą poveikį pripažinimo jausmui, nes sąveikos su kitais dalyviais, grįžtamas ryšys leidžia suprasti, kad kiti tave skatina, drąsina ir yra dėkingi už tavo pastangas. Taigi, socialumo akstinai taip pat gali teigiamai paveikti visas tris asmeninės reputacijos dimensijas.

Apibendrinant galima teigti, kad pasiūlytas modelis suteikia įrankius analizuoti žaidybinimo poveikį asmeninei reputacijai. Nors šiame kontekste dar trūksta empirinių įrodymų, tačiau teorinė analizė rodo, jog poveikis gali būti teigiamas. Nepaisant to, esant neigiamiems rezultatams būtų galima aiškiau suprasti, kas kelia iššūkius asmeninei reputacijai taikant žaidybinimą organizacijų kontekste. Modelis siūlo naują perspektyvą moksle, kaip gali būti analizuojamas žaidybinimo poveikis asmeninės reputacijos kontekste.

Išvados

1. Atlikta literatūros analizė parodė, kad žaidybinimo poveikio reputacijai tema yra mažai plėtotą ir iširta. Šiuo metu esantys tyrimai susitelkę į asmeninį savo paties reputacijos ir yra sutelkti analizuoti kylančius nuogastavimus, kas yra tam tikras neaiškumas mokslinėje literatūroje, nes remiantis šiais tyrimais nėra galimybės įvertinti žaidybinimo poveikį asmeninei reputacijai.

2. Šiame straipsnyje pasiūlytas modelis išplečia teorinį požiūrį į žaidybinimo poveikį asmeninei reputacijai. Be to, šis modelis gali būti taikomas siekiant suprasti, kokie iššūkiai atsiranda taikant žaidybinimą ir numatyti atitinkamas strategijas šiam neigiamam poveikiui pašalinti.

Literatūra

1. Cheng, B., Peng, Y., Tian, J., & Shaalan, A. (2024). How negative workplace gossip undermines employees' career growth: from a reputational perspective. *International Journal of Contemporary Hospitality Management*, 36(7), 2443-2462.
2. Hamari, J., Koivisto, J., & Sarsa, H. (2014, January). Does gamification work?--a literature review of empirical studies on gamification. In 2014 47th Hawaii international conference on system sciences (HICSS) (pp. 3025-3034). IEEE.
3. Huang, J., & Zhou, L. (2021). Social gamification affordances in the green IT services: perspectives from recognition and social overload. *Internet Research*, 31(2), 737-761.

4. Yang, H., Wang, L., Hu, Z., & Li, D. (2024). Understanding the failing of social gamification: A perspective of user fatigue. *Electronic Commerce Research and Applications*, 64, 101369.
5. Koivisto, J., & Hamari, J. (2019). The rise of motivational information systems: A review of gamification research. *International Journal of Information Management*, 45, 191-210.
6. Riar, M., Morschheuser, B., Zarnekow, R., & Hamari, J. (2022). Gamification of cooperation: A framework, literature review and future research agenda. *International Journal of Information Management*, 67, 102549.
7. Xi, N., & Hamari, J. (2019). Does gamification satisfy needs? A study on the relationship between gamification features and intrinsic need satisfaction. *International Journal of Information Management*, 46, 210-221.
8. Zinko, R., Gentry, W. A., & Laird, M. D. (2016). A development of the dimensions of personal reputation in organizations. *International Journal of Organizational Analysis*, 24(4), 634-649.

GAMIFICATION IMPACT ON PERSONAL REPUTATION

Summary

The development of technology applications has enabled gamification to become one of the most popular tools for motivation, engagement or behaviour change in a wide range of fields. Gamification effectiveness and benefits are not only demonstrated by the significant increase in practical applications but also by research. Nevertheless, gamification is a complex process based on creating more value by adding stimulus to different services, systems or platforms, which creates a gamified experience. The uncertainty about the impact of gamification on personal reputation, which is an important part of professional life and careers, can create uncertainty for the user and even deter them from continuing to use gamified environments. Therefore, this paper aims to identify the impact of gamification on personal reputation. To address this, a systematic literature review approach was adopted. The literature analysis showed that the impact of gamification on personal reputation has been relatively little researched, and focused on the personal evaluation of one's reputation. The proposed model not only contributes a new theoretical approach but can also help practitioners to understand the challenges and provide strategies to avoid negative assumptions about the impact of gamification on personal reputation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Dovilė Valantiejiėnė.

Mokslų laipsnis ir vardas: Žmonių išteklių valdymo magistras.

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technologijos universitetas, doktorantė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 60181269, dovile.valantiejiene@ktu.edu

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, direktorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

A COVER LETTER OF THE AUTHORS

Author name, surname: Dovilė Valantiejiėnė.

Science degree and name: Master's degree in human resource management.

Workplace and position: Kaunas University of Technology, PhD student.

Author's research interests: human resource management, gamification, and management.

Telephone and e-mail address: 0 60181269, dovile.valantiejiene@ktu.edu

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, director.

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gamification, and management.

Telephone and e-mail address: 0 61806069, lina.girdauskiene@lik.tech

VISUOMENĖS APSAUGOS NUO ŽALINGO AZARTINIŲ LOŠIMŲ POVEIKIO UŽTIKRINIMO TEISINĖMIS PRIEMONĖMIS PROBLEMINEI ASPEKTAI

Kęstutis Vitkauskas
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Azartinių lošimų rinka valstybei siūlo ne tik papildomas pajamas į valstybės biudžetą, bet ir įpareigoja užtikrinti teisinę apsaugą nuo galimos azartinių lošimų žalos visuomenei. Teisiniu reguliavimu nustatydami azartinių lošimų organizavimo sąlygas ir tvarką, įstatymų leidėjai įgyja prievolę sumažinti visuomenei žalą, kuri atsiranda dėl lošimų.

Lietuvoje pastaruoju metu įgyvendinta eilė pokyčių, susijusių su azartinių lošimų organizavimu. Dalis šių priemonių skirtos užtikrinti lošėjų teisių apsaugą, mažinti azartinių lošimų prieinamumą ar galimą žalą asmens sveikatai.

Straipsnyje, analizuojant Azartinių lošimų įstatymą ir kitus teisės aktus, atskleidžiami azartinių lošimų teisinių santykių ypatumai, aptariami šių santykių teisiniai, ekonominiai, socialiniai bei etiniai aspektai. Aptariamos visuomenę nuo neigiamo lošimų poveikio saugančios teisės normos.

Straipsnyje daromos išvados, kad azartinių lošimų teisinį reguliavimą galima vertinti kaip bandymą užtikrinti visuomenės apsaugą nuo neigiamo azartinių lošimų poveikio, tačiau šią apsaugą dar reikėtų gerinti; teisiniu reguliavimu palankesnės sąlygos veiklai sukurtos nuotoliniams azartiniams lošimams, užimantiems didžiausią dalį rinkos ir generuojantiems didžiausias pajamas; nemažą dalį lošimų organizatoriams bei jų veiklos kontrolei taikomų reikalavimų nustato ne įstatymas, bet žemesnės galios teisės aktai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Azartiniai lošimai, priklausomybė nuo azartinių lošimų

Įvadas

Azartinių lošimų reguliavimas yra viešosios politikos sritis, kurios formuotojams socialiniai visuomenės interesai turi būti svarbiausias vykdomos politikos orientyras. Politiniai sprendimai yra įtakojami visuomenėje vyraujančių vertybių, kurios yra svarbios įstatymų leidėjams atliekant situacijos vertinimą ir reikalingų teisinių priemonių kūrimą ir taikymą. Todėl politinis pasirinkimas apima autoritetinę vertybių pasiskirstymą (Dunn, 2006). Valstybės sprendimai ir iniciatyvos socialinėje politikoje gali būti reikšmingas žingsnis į azartinių lošimų situacijos valdymą, prevencijos ir pagalbos lošiantiems vystymą, socialiai atsakingų lošimo organizatorių tradicijų formavimą. Tačiau lošimais keliamų rizikų valdymo ir vartotojų apsaugos užtikrinimo klausimu valstybė aiškių, įstatyme įtvirtintų, politikos gairių iki pastarųjų metų nebuvo deklaravusi. 2001 metais priimtu *Azartinių lošimų įstatymu* buvo legalizuoti azartiniai lošimai tačiau jų teisiniame reguliavime neatsispaudė valstybės pozicija į visuomenės socialinių interesų apsaugą: įstatyme nebuvo išskirtos priklausomybės nuo lošimų asmenų apsaugos užtikrinimo ar lošimų organizatorių socialinę atsakomybę apibrėžiančios priemonės kaip specifiniai socialinės politikos tikslai, todėl išliko rizika, kad nebus tinkamai valdomi lošimų keliami pavojai visuomenei. Palyginimui, loterijų organizavimo srityje valstybės politikos principai buvo įvardyti kur kas aiškiau – *Loterijų įstatymo* (2004) paskirtyje iškeliant teisiniam reguliavimui strateginius tikslus: 1) užtikrinti sąžiningą ir skaidrų loterijų organizavimą ir jų organizatorių įsipareigojimų loterijų žaidėjams vykdymą; 2) užtikrinti loterijų žaidėjų ir organizatorių teisių apsaugą (LĮ, 2003: 1 str.).

2024 m. lapkričio mėnesį, praėjus daugiau kaip dviem dešimtmečiams, *Azartinių lošimų įstatyme* buvo nubrėžtas lošimų santykių teisinio reguliavimo tikslas - mažinti azartinių lošimų prieinamumą, patrauklumą ir jų galimą (daromą) žalą asmens sveikatai (ALĮ 1 str. 1d), taip pat buvo nustatyti valstybės politikos lošimų kontrolės srityje - lošimų prieinamumo ir patrauklumo mažinimo - principai (ALĮ, 2¹ str.), kuriais valstybė įsipareigojo valdyti neigiamą lošimų poveikį lošėjo sveikatai ir gyvenamajai aplinkai, viešajai tvarkai, švietimui, kultūrai bei apie to poveikio galimas pasekmes informuoti visuomenę.

Pastarąjį dešimtmetį Lietuvoje buvo priimta nemažai sprendimų, susijusių su azartinių lošimų organizavimu: 2016 m. legalizuoti nuotoliniai lošimai ir įteisintas nelegalių azartinių lošimų organizavimo svetainių blokavimas, 2017 m. įsteigtas Apribojusių savo teisę lošti asmenų registras, 2020 m. visi lošimo automatai buvo sujungti į vieną lošimo automatų duomenų valdymo sistemą, 2021 m. liepos 1 dieną įsigaliojo draudimas Lietuvoje bet kokiomis formomis skatinti dalyvauti lošimuose, 2024 m. lapkričio mėnesį *Azartinių lošimų įstatyme* įtvirtinti valstybės politikos lošimų kontrolės srityje principai, kuriais valstybė įsipareigojo valdyti neigiamą lošimų poveikį lošėjo sveikatai ir gyvenamajai aplinkai. Tačiau lošimo paslaugas teikiantis verslas, nepaisydamas jam taikomų teisinių apribojimų, sparčiai plečiasi: 2022 m. Lietuvos lošimų rinkoje įmokėtos sumos už dalyvavimą lošime perkopė 2 milijardų eurų ribą, nuotolinių lošimų bendrosios pajamos per 2022 metus palyginti su 2021 metais, išaugo 19 proc. (19,6 mln. Eur), lošimų ir loterijų reklama 2022 m., lyginant su 2021 m. išaugo 53.9 proc., ženkliai pralenkdama kitų sektorių reklamos apimtį. Paminėti faktai suponuoja klausimą, ar valstybės nustatytas teisinis reguliavimas pajėgus sumažinti azartinių lošimų

prieinamumą ir galimą žalą asmens sveikatai, ar pasirinktos teisinės priemonės tinkamai įgyvendinamos praktikoje? Kaip yra iš tiesų, galime atsakyti tik išanalizavę galiojančias įstatymų ir kitų teisės aktų normas.

Darbo tikslas – teisės aktų analizės pagrindu įvertinti visuomenės teisinės apsaugos nuo neigiamo azartinių lošimų poveikio užtikrinimo veiksmingumą. Šių normų analizė leis geriau suvokti kiek jų taikymas atitinka socialinius pokyčius azartinių lošimų srityje bei kurios iš šių priemonių efektyviausiai įtakoja lošimų žalos visuomenei mažinimą. Tikslui pasiekti keliami šie *uždaviniai*: 1) aptarti azartinių lošimų santykių ypatumus; 2) įvertinti įstatyminių normų efektyvumą lošimuose dalyvaujančių asmenų interesų apsaugos užtikrinimo kontekste; 3) atskleisti nuotolinių lošimų teisinio reglamentavimo ypatumus.

Psichologines ir socialines priklausomybės problemas Lietuvoje tyrė I. Stankūnienė (2015), D. Pūras (2014), reklamos poveikį - D. Jokubauskas (2003), lošimų atskirus aspektus nagrinėjo I. Abrutytė (2015), M. Arasimavičius (2008), A. Grebliauskas (2008), Dž. Ruškytė (2017), L. Bulotaitė (2008), ir kiti autoriai. Tačiau pastarųjų metų teisinio reguliavimo pokyčiai azartinių lošimų kontrolės ir visuomenės apsaugos nuo neigiamo jų poveikio požiūriu Lietuvoje tyrimų atlikta nebuvo.

Azartinių lošimų santykių ypatumai

Teisinių visuomeninių santykių reguliavimą - jo pobūdį ir metodus - lemia tų santykių specifiniai bruožai. Azartinių lošimų santykiai pasižymi ypatumais, kurie reikalauja atitinkamo teisinio reguliavimo. Tokių skiriamųjų bruožų įvertinimas gali padėti nustatyti veiksmingesnę lošimų teisinę bazę, todėl tikslinga glaustai juos aptarti. Lošimų santykiuose (pagal subjekcinę jų pusę) sąlyginai galima išskirti tris jų dalyvius, turinčius skirtingus interesus:

Pirmasis – azartiniuose lošimuose dalyvaujantys *asmenys (lošėjai)*, kurių specifiniai interesai - patenkinti lošimų poreikį įgyvendinant teisę lošimus rinktis kaip laisvalaikio leidimo būdą ar materialaus atlygio siekimą. Tokiems vartotojams aktualu, kad lošimai būtų sąžiningi, saugūs ir skaidrūs, t.y. lošėjai būtų apsaugoti nuo galimo sukčiavimo ir apgaulės.

Antrasis – *azartinių lošimų organizatoriai*. Jie lošimus išimtinai sieja su komercine veikla (verslu). Lošimų organizatoriai suinteresuoti iš lošimų paslaugų verslo gauti kuo didesnę pelną, taip pat jiems svarbu verslą vykdyti palankiomis ir stabiliomis veiklos sąlygomis, kurios būtų užtikrinamos aiškiai ir jiems priimtinu teisiniu reguliavimu.

Trečiasis – *valstybė*, teisės normomis daranti poveikį pirmųjų dviejų grupių elgsenai. Valstybė, iš vienos pusės, suinteresuota skatinti verslą sudarant palankias sąlygas jo plėtrai, iš kitos pusės, jai aktualu apsaugoti asmenį, visuomenę ir pačią valstybę nuo negatyvaus azartinių lošimų poveikio. Siekdama kaip galima optimaliau suderinti skirtingus lošimų organizatorių ir visuomenės interesus, valstybė taiko specialaus valstybinio teisinio reguliavimo priemones (išsami subjektų veikimo reglamentacija, įvairūs draudimai, suvaržymai, apribojimai, veiklos licencijavimas, priežiūros ir kontrolės sistemos nustatymas ir kt.). Apibendrintai galima sakyti, kad lošimo santykių dalyviai išreiškia tris skirtingus požiūrius į azartinius lošimus, todėl įstatymų leidėjai, siekdami nustatyti visuomenės (ir atskirų jos socialinių grupių) lūkesčius išreiškiančią azartinių lošimų įstatyminę bazę, turi gerai įvertinti kiekvieno iš minėtų dalyvių interesus.

Ekonominis aspektas. Azartinių lošimų paslaugų rinka, kaip ūkinės - komercinės veiklos rūšis, valstybei teikia pajamas, moka mokesčius ir kuria darbo vietas. Tai viena pelningiausių ir sparčiausiai besiplečiančių verslo šakų paslaugų sferoje. 2023 m. azartinius lošimus organizavo 12 bendrovių, o loterijas - 3 bendrovės (UAB „Olifėja“, „Euloto“ ir „New Miracle“). Lošimų rinkoje įmokėtos sumos už dalyvavimą lošime 2022 m. perkopė 2 milijardų eurų ribą (1 lentelė).

Plečiantis lošimų rinkai ir augant bendrosioms lošimo pajamoms valstybė surenka daugiau mokesčių. Pavyzdžiui, iš lošimų, loterijos organizavimo bei rinkliavų 2020 m. į valstybės biudžetą pervesta 17,39 mln. Eur, 2021 m. – 23,81 mln. Eur, o 2022 m. – 44,19 mln. Eur. Tokiam mokesčių augimui įtakos turėjo loterijų ir lošimų mokesčio padidinimas bei augantys veiklos rezultatai: nuo 2022 m. Lietuvoje keitėsi loterijų ir azartinių lošimų mokesčio tarifai (azartinių lošimų apmokestinimo bazė nuo bendrųjų lošimo pajamų). Lošimo organizatoriams padidintas loterijų ir azartinių lošimų mokeskis, mokamas į biudžetą, vietoj to atsisakyta paramos skyrimo modelio. Lošimų verslo pelningumas suponuoja ir jo plėtrą – investicijų pritraukimą bei darbo vietų kūrimą. Lietuvoje per 20 veiklos metų bendrovių, užsiimančių šiuo verslu, sukurtų darbo vietų skaičius vyravo nuo 500 iki 2,7 tūkst. Pavyzdžiui, 2020 m. šiose bendrovėse buvo 1843 darbuotojai, 2021 m. - 1694, o 2022 m. – 1681 darbuotojas (Apžvalga 2020-2022 m.: 11). Lošimų organizatorių sukurtos darbo vietos lemia augančius samdos poreikius ir kituose aptarnaujančiuose sektoriuose. Skaičiuojama, kad 100-tui lošimų organizatorių darbuotojų aptarnauti sukuriama dar apie 30 darbo vietų kituose verslo sektoriuose (Lošimai Lietuvoje, 2015:1).

Lošimus organizuojančių bendrovių (visų lošimo rūšių) 2015 - 2023 metų veiklos rezultatai

Metai	Už dalyvavimą lošime įmokėta suma, EUR	Išmokėtų laimėjimų suma, EUR	Rezultatas iš lošimų veiklos (GGR*) (bendrosios lošimų pajamos), EUR	Bendrovių skaičius/ lošimo vietų skaičius	Lošimo įrenginių skaičius
2015	709 971 339	624 111 756	85 859 583	13	4 369
2016	769 659 278	678 736 383	90 922 895	13	4 638
2017	931 116 875	833 755 392	97 361 483	12	4 494
2018	1 054 727 333	955 296 191	99 431 142	12	4 495
2019	1 100 049 607	987 423 076	112 626 531	12	4 496
2020	1 311 901 560	1 208 394 263	103 507 297	12	4 497
2021	1 858 256 026	1 722 051 690	136 204 335	10	3 930
2022	2 097 488 498	1 901 691 193	195 797 305	12	4 097
2023	2 465 152 586	2 242 949 745	222 202 841	12	3 860

*GGR (angl. Gross gambling revenue) – bendrosios lošimo pajamos, iš gautų pajamų atėmus išmokėtus laimėjimus.

Šaltinis: Lošimų priežiūros tarnybos ataskaitos 2015 - 2023 m.

Ekonominiu požiūriu lošimų organizavimas tampa reikšmingu turizmo verslą remiančiu veiksmu. Pavyzdžiui, Šveicarijos azartinių lošimų įstaigų veiklą reguliuojančiame įstatyme lošimams keliamas uždavinys prisidėti prie turizmo plėtros šalyje bei užtikrinti valstybės ir atskirų Kantonų pajamas (Bundesgesetz, 2006). Lietuvoje taip pat lošimų įteisėjimas buvo siejamas su turizmo sektoriaus plėtra: LR Vyriausybės 2000-2004 metų programos įgyvendinimo priemonių plane nurodyta, kad azartinių lošimų įteisėjimas yra viena iš priemonių plėtoti turizmo ir paslaugų verslą (LR Vyriausybės programa 2000- 2004). Taigi, valstybės ekonominiame gyvenime lošimai yra reikšmingas biudžeto pajamų šaltinis bei viena iš pelningiausių poilsio ir pramogų organizavimo verslo rūšių.

Socialinis aspektas. Vertinant azartinius lošimus socialiniame kontekste, išryškėja jų neigiamos pasekmės tiek visuomenei apskritai, tiek atskiroms jos grupėms. Didėjant lošimų pasiūlai, kartu sparčiai daugėja ir probleminių bei pataloginių lošėjų. 1980 m. pataloginis lošimas, kaip azartinių lošimų sutrikimas, buvo įtrauktas į Tarptautinio psichinių ligų registrą (DSM-III), priskiriant jį impulsų kontrolės sutrikimams. Tarptautinėje ligų klasifikacijoje (TLK-10-AM, 2011) pataloginis potraukis azartiniams lošimams (F 63.0) priskiriamas įpročių ir potraukių sutrikimams, o atnaujintoje TLK-11 versijoje sutrikimas buvo pervadintas į azartinių lošimų sutrikimą ir priskirtas sutrikimams dėl priklausomybę keliančio elgesio (Bulotaitė, Mackevič 2022:10). Azartinių lošimų sutrikimas apibūdinamas kaip nuolatinis ir pasikartojantis lošimų elgesio modelis, pasireiškiantis sumažėjusia lošimų kontrole, pirmenybės lošimams teikimu, kol šie užgožia kitus interesus ir veiklas. Patalogija pasireiškia kompulsyviu lošimu, trukdančiu asmeniui funkcionuoti visuomenėje, darbe, šeimoje (Bulotaitė, Mackevič 2022:10). Dažnai priklausomybę lošimams lydi alkoholio ar narkotinių medžiagų vartojimas, psichikos sveikatos sutrikimai, padidėjusi savižudybės rizika ir pan.

Užsienio autorių atliktų tyrimų duomenimis probleminių azartinių lošimų paplitimas Europoje svyruoja nuo 0,12–3,4 proc. Su šia problema dažniausiai susiduria 25–34 metų vyrai (Calado ir Griffiths, 2016).

Visapusiškai įvertinti Lietuvoje organizuojamų azartinių lošimų socialinį poveikį yra sunku, nes trūksta sisteminių tyrimų, susijusių su gyventojų lošimo įpročiais, probleminiu lošimu ir nuostatomis dėl azartinių lošimų, todėl apie šio reiškinio paplitimą galima spręsti remiantis atskirų tyrimų rezultatais. Pavyzdžiui, 2017 m. atlikto tyrimo duomenimis Lietuvoje 2,5 proc. lošėjų atitiko pataloginio lošimo požymius (Navaitis ir kt. 2017). Lošimų priežiūros tarnyba, remdamasi asmenų, įsitraukusių į Apribojusių savo galimybę lošti asmenų registrą, prognozavo, kad 2018 m. probleminių lošėjų skaičius galėjo siekti iki 2 procentų, t. y. maždaug apie 60 000 asmenų (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022:11). Taip pat susidaryti bendrą vaizdą apie gyventojų įsitraukimo į azartinius lošimus mastą galima analizuojant Lošimų priežiūros tarnybos atliekamų gyventojų apklausų rezultatus, rodančių, kad net 18 proc. gyventojų pradeda lošti būdami nepilnamečiais; daugėja gyventojų, išleidžiančių lošimui per vieną kartą 51 -100 Eur (2022 m. tokių buvo 8 proc. o 2023 m.- 21 proc.); daugėja pripažįstančių, kad azartiniai lošimai gali sukelti priklausomybę (2020 m. – tą pripažino 74 proc. gyventojų, o 2023 m. – 83 proc.); 16 proc. gyventojų 2023 m. pripažino, kad lošimas jiems kelia finansinių problemų, 9 proc. – trukdo bendravimui su šeima, 7 proc. – psichologinių problemų (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023).

Taigi, lošimai specifinė tiek savo pobūdžiu, tiek galimu poveikiu visuomenei veikla. Nežiūrint to, kad ji papildo valstybės biudžetą, ji turi ir kitą, žalingą pusę - pataloginį potraukį prie azartinių lošimų bei iš to kylančias socialines problemas. Todėl valstybės socialinėje politikoje turi būti aiškiai išreikštas požiūris į lošimų paslaugų verslą bei nustatytos atitinkamos teisinio reguliavimo priemonės jam reguliuoti.

Etinis aspektas. Nagrinėdami lošimų legalizavimą ir jo organizavimą etiniu aspektu susiduriame su

vertybinio pobūdžio klausimais, kylančiais iš veikiančios teisės ir ją suformavusių tradicijų priešpriešos. Valstybės teisė išreiškia susiformavusias visuomenėje teisės tradicijas – teisės, religijos, papročių ir apskritai kultūros paveldą, formuojantį konkrečias teisės sistemas. Liberalizmo ir teisinio pozityvizmo įtakoje atskyrus teisę nuo religijos bei papročių, buvo siekiama pabrėžti vieną pagrindinių teisinio mąstymo principų - teisės nešališkumą, nepriklausomumą nuo etinių vertinimų. Lietuvos teisė grindžiama Vakarų teisės tradicijomis, kur teisės institutai griežtai atriboti nuo kitų socialinių institutų – religijos, politikos, moralės, papročių, nors ir turinčių įtakos teisei, bet tuo pačiu analitiškai atskirtų nuo jos. Kita vertus, kultūros paveldo ignoravimas norminant visuomeninius santykius, gali sąlygoti vertybinio pobūdžio konfliktus tarp atskirų socialinių grupių ar institutų. Krikščioniškos moralės principus palaikančią visuomenės dalį reprezentuojanti Lietuvos katalikų bažnyčia dar 1999 m. išsakė kritinį požiūrį į valstybės ketinimą legalizuoti lošimus: „*Leisdami azartinių lošimų verslą, įstatymo leidėjai įteisina amoralią žmonių gundymo „turėti neįdedant triūso“ sistemą. Dėl to „turėjimu“ džiaugiasi tik saujelė lošimo verslo savininkų. Daugumai sugundytųjų tenka tik „netekimas“, o silpniausiėji iš jų paverčiami vergais.*“ (Bažnyčios žinios, 1993). 2014 m. Lietuvos Vyskupų Konferencija, kreipimėsi į LR Seimo Pirmininkę bei frakcijų vadovus, išreikštas nepritarimas rengiamai naujai Azartinių lošimų įstatymo redakcijai, nes daugelio įstatyme siūlomų pakeitimų „*prasilenktų su rūpesčiu dėl moralės ir vertybių [...] azartinių lošimų verslo interesai iškeliami virš žmogaus, šeimos ir visuomenės gerovės.*“ Tuo tarpu nepritariančios šiai pozicijai, pateikia argumentą, kad „*toks požiūris prieštarauja liberalizmo idėjai, jog visos veiklos turi būti vienodai reikalingos ir lygiateisės*“ (Komiteto išvada, 2001). Konstituciniai pasaulietinės valstybės bei valstybės ir bažnyčios atskirumo principai Lietuvos valstybę ir jos institucijas pasaulėžiūros ir religijos požiūriu daro neutralias, kas reiškia valstybės ir religinių organizacijų paskirties, funkcijų ir veiklos atribojimą. Tačiau valstybės neutralumas religijos ar pasaulėžiūros požiūriu neturi būti prilyginamas neutralumui vertybiniu požiūriu. Todėl valstybė, laikydama si nuosaikau neutralumo religinių institucijų atžvilgiu, visose savo veiklos srityse turi vadovautis visuotinai pripažįstamomis vertybėmis ir ginti tas vertybes išpažįstančią visuomenės dalį. Šiame kontekste valstybė, kaip azartinių lošimų santykių dalyvė, patenka į keblią situaciją, kai reikia lošimų verslą pateisinti moraliniu aspektu. Balanso tarp liberalizmo ir krikščioniškųjų vertybių išlaikymas tampa svarbiu valstybei iššūkiu, ir kurią iš šių priešingų vertybinių pozicijų ji pasirinkt, priklauso nuo atėjusių į valdžią politikų vertybinių nuostatų. Faktas, kad 2022 m. bendrųjų lošimo pajamų suma (palyginus su 2021 m.) išaugo 43,8 proc., o lošimo bendrovės gavo 59,6 milijonais eurų daugiau pelno liudija Lietuvos pasirinktą vertybinę orientaciją, rodančią etinio aspekto įtakos lošimų organizavimui sumažėjimą

Visgi liberalizmo vertybėmis grįstas požiūris, galimai dominuojantis įstatymų leidėjų korpuse, negali visiškai paneigti visuomenės sąmonėje įsišaknijusių krikščioniškųjų vertybių, todėl etiniu aspektu azartinių lošimų organizavimą galima vertinti kaip žmogaus polinkio lošti išnaudojimą, siekiant pelno ir ignoruojant galimas neigiamas pasekmes daliai visuomenės. Todėl šiuo atžvilgiu lošimus teikiančias paslaugas galima įvardinti kaip moraliai neskatintiną veiklą.

Apibendrinta galima sakyti, kad per aptartus lošimo santykių specifinius ypatumus atsiskleidžia šių santykių prieštaravimas ir daugialypiškumas. Lošimų santykių bruožai lemia ir specialų teisinį režimą šių santykių reguliavimui įgyvendinti. Šio režimo paskirtis – jam būdingomis priemonėmis, sureguliuoti visuomenei svarbius ar sunkiau kontroliuojamus santykius (Bakaveckas, 2005). Lošimus reglamentuojančiuose įstatymuose paprastai išskiriamos tokios specialiosios teisinio reguliavimo priemonės:

įvairių draudimų, suvaržymų ar apribojimų nustatymas lošimo organizatoriams, lošimo vietoms, specialios licencijavimo sistemos nustatymas, reklamos draudimas ar apribojimai, lošėjų amžiaus cenzos nustatymas, nuotolinių lošimų prieinamumo blokavimas, teisės pateikti prašymą neleisti lošti ir dalyvauti nuotoliniuose lošimuose įgyvendinimas, statymų ir jų dydžių ribojimas (nuotoliniuose lošimuose) ir kt. Šių priemonių analizė leis geriau suvokti kiek jų taikymas atitinka socialinius pokyčius azartinių lošimų srityje bei kurios iš šių priemonių ir kokie jų taikymo būdai efektyviausi siekiant sumažinti lošimų neigiamas pasekmes visuomenei.

Azartinių lošimų įstatymo nuostatos, užtikrinančios visuomenės apsaugą nuo neigiamo lošimų poveikio

Visuomenės teisės socialinę, tame tarpe ir nuo neigiamos lošimų daromos įtakos, apsaugą kyla iš aukščiausią teisinę galią turinčių konstitucinių principų ir normų, įtvirtintų LR Konstitucijoje. Konstitucijos 5 str. 4 d. įtvirtintas principas „valdžios įstaigos tarnauja žmonėms“ nustato eilę konstitucinių įpareigojimų valstybei: reguliuoti ūkinę veiklą taip, kad ji tarnautų bendrai tautos gerovei (K RK 46 str. 3 d.), ginti vartotojų interesus (LRK 46 str. 5 d.), rūpintis žmonių sveikata ir laiduoti medicinos pagalbą bei paslaugas žmogui susirgus (LRK 53 str. 1 d.), laiduoti piliečių teisę gauti senatvės ir invalidumo pensijas, socialinę paramą nedarbo, ligos, našlystės, maitintojo netekimo ir kitais įstatymų numatytais atvejais (LRK 52 str.). Šios

konstitucinės normos suponuoja ir valstybei pozityviają pareigą saugoti visuomenę nuo neigiamo azartinių lošimų poveikio. Teisiniu reguliavimu nustatydami azartinių lošimų organizavimo sąlygas ir tvarką bei formuodami valstybės politiką šioje srityje įstatymų leidėjai įgyja prievolę mažinant lošimų prieinamumą sumažinti visuomenei žalą, galinčią atsirasti dėl azartinių lošimų. Analizuodami ALĮ aptarsime kai kurias visuomenę nuo neigiamo azartinio lošimų poveikio saugančias teisės normas

Lietuvoje pastarąjį dešimtmetį įsigaliojo nemažai pakeitimų, susijusių su azartinių lošimų organizavimu: 2016 m. legalizuoti nuotoliniai lošimai ir pradėtos blokuoti nelegalių azartinių lošimų organizavimo svetainės, 2017 m. įsteigtas apribojusių savo teisę lošti asmenų registras, 2020 m. visi lošimo automatai buvo sujungti į vieną lošimo automatų duomenų valdymo sistemą (toliau - LAKIS), 2020 m. liepos 3 d. azartinių lošimų organizatoriams buvo suteikta galimybė savo klientams siūlyti nuotolinius stalo lošimus gyvai (lošimas nuotolinio lošimo įrenginiu, kai lošimo rezultatą lemiantis įvykis kuriamas realiu laiku *krupjė* ir tiesiogiai, naudojant nuotolinio lošimo priemones perduodamas lošėjams) ir kt. Dalis šių priemonių skirtos užtikrinti lošėjų teisių apsaugą, mažinti azartinių lošimų prieinamumą ar galimą žalą asmens sveikatai. Įstatymų leidėjai visuomenės apsaugą nuo žalingo lošimų poveikio įgyvendina skirtingais teisinio reguliavimo būdais: įpareigojimais, draudimais ir leidimais, kurių derinimas sudaro lošimo teisinių santykių reguliavimo metodą.

Visuomenės apsaugai aktuali įstatyme įtvirtinta norma, nustatanti draudimą organizuoti lošimus, nenurodytus įstatyme arba pažeidžiant jo nustatytą tvarką (ALĮ 10 str. 1d.). Ši nuostata parodo, jog teisinis reguliavimas bus įgyvendinamas išimtinai imperatyvaus teisinio reguliavimo metodu, taikant principą „*viskas, kas nėra tiesiogiai leista įstatymo, draudžiama*“. Lošimo teisinių santykių reguliavimas šiuo metodu bei išsami reglamentacija yra pateisinamos ir būtinos teisinės priemonės užtikrinant visuomenės saugumą ir žmogaus teisių apsaugą.

Su lošėjų teisių apsauga sietinas reikalavimas lošimus organizuoti pagal lošimo reglamentą, kuriame turi būti nurodyti lošimo pavadinimas, taisyklės, laimėjimų išmokėjimo tvarka ir kt. (ALĮ 18 str.). Lošėjo reikalavimu lošimų organizatorius privalo jį supažindinti su šiuo reglamentu. Lošimų priežiūros tarnyba ketina inicijuoti šio straipsnio pataisą, kurioje siūlytų atsisakyti reikalavimo lošimo reglamentuose nurodyti A ir B kategorijos automatais, lažybų bei nuotolinio lošimo įrenginiais organizuojamas lošimų taisyklės, kadangi, Tarnybos nuomone, išankstinė tokių taisyklių kontrolė yra perteklinė (Lošimų priežiūros, 2023: 33). Tokiu būdu atsakomybė dėl taisyklių tinkamumo būtų perkelta lošimų organizatoriui, o Priežiūros tarnyba vykdytų lošimo taisyklių *ex post* kontrolę. Reglamento paskirtis padaryti lošimo procesą kuo labiau skaidrų ir aiškesnį lošėjams, pavyzdžiui, kad jie iš anksto žinotų pagrindines taisykles ir reikalavimus, todėl, manytina, kad įtvirtinus siūlomus įstatymo pakeitimus, būtų siaurinamos lošiančiųjų teisės.

ALĮ 101 str. 4 d. nustatytu draudimu lošimus organizuojančioms bendrovėms užtikrinti kitų subjektų prievolių įvykdymą ir teikti kitiems asmenims bet kokias paskolas siekiama neleisti lošimo vietose vykdyti kitų, su lošimais nesusijusių veiklų, tam kad būtų apribota galimybė į šias patalpas atvykti lošimuose nedalyvaujantiems asmenims. Kaip tam tikras finansinis saugiklis gali būti vertinamas draudimas atsiskaityti banko (debeto, kredito) kortelėmis bei statyti bankomatus patalpose, kuriose organizuojami lošimai (10 str. 5 d.). Pastebėtina, kad minėtas reikalavimas netaikomas vietoms, kuriose organizuojami nuotoliniai lošimai

2020 m. lapkričio 1 d. visi lošimo automatai buvo sujungti į vieną lošimo automatų duomenų valdymo sistemą (toliau - LAKIS), kurios pagalba gali būti renkama informacija apie kiekvieno lošimų automatų veiklą, įskaitant žaidėjų atliktas operacijas, laimėjimus, statymus ir kitus svarbius duomenis. Teigiamas sistemos aspektas vartotojų teisių apsaugos požiūriu tas, jog ji skatina lošimo automatų operatorius laikytis įstatymų ir reglamentų, suteikia galimybę vykdyti periodinius patikrinimus, riboja nelegalaus lošimo galimybes.

Imperatyvas organizuoti lošimus tik laikantis įstatyme numatytos tvarkos, sukonkretintas lošimų organizavimą reguliuojančiais draudimais ir apribojimais, išdėstytais 10 str. Verta pastebėti, kad šis straipsnis nuo 2015 m. buvo net 18 karų redaguotas – keičiant esamų nuostatų formuluotes ar papildant naujomis normomis. Dažni straipsnio keitimai atskleidžia tiek bendrąsias Lietuvos teisėkūros problemas, tiek ir aiškios įstatymų leidėjų pozicijos į lošimų verslo teisinį reguliavimą trūkumą. Iš 10 straipsnyje įtvirtintų teisės normų paminėtinos tos, kurios nukreiptos į lošėjų apsaugos užtikrinimą arba yra naujai priimtoms.

Siekiant apsaugoti viešąjį interesą, įstatymų leidėjas nustatė vietų ir įstaigų, kuriose draudžiama organizuoti lošimus sąrašą: švietimo, mokymo, sveikatos priežiūros įstaigos, bibliotekos, gyvenamieji namai ir kt. (iš viso 18 pozicijų). Abejonių kelia draudimo organizuoti lošimus gyvenamuose namuose išlyga, pagal kurią ši veikla gali būti vykdoma gyvenamuose namuose, kurių pirmuosiuose aukštuose esančios negyvenamosios patalpos yra pritaikytos kitai veiklai ir turi pagrindinį įėjimą iš gatvės pusės, nesutampantį su įėjimu į namo laiptinę (10 str. 2 d.). Tačiau miestuose gausu daugiabučių, kurių pirmuose aukštuose veikia parduotuvės, kavinės, kirpyklos ir kitos viešas paslaugas teikiančios įstaigos, todėl pagal esamą teisinį reglamentavimą išeitų, kad tokiuose pastatuose taip pat galima įrengti lošimų vietas.

Lošimų organizavimo vietų steigimą reglamentuoja ir ALĮ 9 str. norma, kurios originalioje redakcijoje

buvo įtvirtintas nurodymas lošimo namus (k kazino) steigti tik gavus vietos savivaldybės tarybos sutikimą. 2021 m. 9 str. buvo pakeistas, papildant jį reikalavimu savivaldybių tarybų sutikimus gauti ne tik lošimo namų steigėjams, bet ir lošimo automatų, bingo salonų, lažybų ir totalizatoriaus punktų, įskaitant žirgų totalizatoriaus punktus, steigėjams. Tokiu būdu antžeminių lošimų organizatoriams atsirado naujų teisinių prievolių, kurios apsunkino lošimų paslaugų verslo plėtrą. Pastebėtina, kad kriterijų, kuriais turėtų vadovautis savivaldybės, priimdamos sprendimus išduoti lošimo vietoms leidimus, įstatymas nenurodo, todėl vadovaujamosi Priežiūros tarnybos parengtais rekomendaciniais vertinimo kriterijais (Lošimų organizavimo vietos, 2022). Reikia pastebėti, kad kai kurie vertinimo kriterijai kelia rimtų abejonių dėl jų atitikties įstatymo tikslui - mažinti azartinių lošimų prieinamumą ir patrauklumą. Pavyzdžiui, metodikoje rekomenduojama nuo lošimų organizavimo vietos iki švietimo, kultūros, sveikatos priežiūros įstaigų, religinių bendruomenių įsikūrimo vietų nustatyti atstumus, kurie būtų ne mažesni nei 100 metrų. Manytina, kad rekomenduojami atstumai yra per maži ir negali būti vertinami kaip reali priemonė, skirta teisinio reguliavimo tikslams įgyvendinti. Abejonių kelia siūlymas savivaldybėms pačioms nusistatyti, koks gyvenamųjų namų gyventojų skundų skaičius laikytinas reikšmingu, atliekant poveikio vertinimą. Laikantis tokių nurodymu kiekvienoje savivaldybėje gali būti įtvirtinta labai skirtinga ALĮ 9 str. taikymo tvarka. Taip pat reikia pastebėti, jog lošimų organizatoriams taikomi reikalavimai nustatyti ne įstatymu, bet žemesnės galios teisės aktu - rekomendaciniais vertinimo kriterijais. Norint įgyvendinti ALĮ nustatytus valstybės politikos principus, teisinis reguliavimas turi atitikti teisėkūros sistemiskumo principą, reiškiantį, kad teisės normos turi derėti tarpusavyje, žemesnės galios teisės aktai neturi prieštarauti aukštesnės teisinės galios aktams, įstatymo įgyvendinamieji teisės aktai turi būti rengiami ir priimami taip, kad įsigaliojūt kartu su įstatymu ar atskiromis jo nuostatomis, kurias šie teisės aktai įgyvendina (TPI, 3 str. 7 d.) Europos Komisija, remdamasi ES valstybėse atliktais tyrimais tarp veiksmų, sukeliančių lošimo problemas, nurodė ir lošimo prieinamumą ir socialinę aplinką (Sesickas, 2022). Lošimų organizavimo vietų skaičiaus ar prieinamumo į juos ribojimas gali būti pateisintas prielaida, kad mažesnis lošimo vietų skaičius sąlygoja mažesnes neigiamas pasekmes asmeniui. Ir atvirkščiai, kuo daugiau lošimų organizavimo vietų, tuo daugiau galimybių lošti. Darytina išvada, kad lošimo vietų vertinimo kriterijai turėtų būti grindžiami siekiu riboti socialiai žalingų paslaugų vartojimą, kontroliuoti ir siekti sumažinti patologinio potraukio azartiniams lošimams problema. JAV Nacionalinės lošimų poveikio tyrimo komisijos teigimu, patologinio potraukio azartiniams lošimams problemos mastą žymia dalimi įtakoja aplinka, o visų pirma – azartinių lošimų prieinamumo galimybės, pavyzdžiui, septynios iš devynių JAV tirtų bendruomenių atsakė, kad asmeninių problemų dėl azartinių lošimų (patologinio potraukio, problemiško lošimo) skaičius išaugo, kai netoliese buvo įsteigti lošimo namai, ar kazino (National Gambling, 1999:4). Taigi, Priežiūros tarnyba, rengdama rekomendacijas, turėtų orientuotis į neigiamų pasekmių mažinimą, o ne į verslo plėtros lengvinimą.

Vertinant ALĮ 9 str. įtvirtintos nuostatos tikslingumą ekonominiu aspektu, manytina, kad reikalavimas gauti savivaldybių leidimus steigiant antžemines lošimų vietas (B kategorijos automatų salonus, lažybų punktus ir kt.) yra perteklinis, kadangi tiesioginės naudos visuomenės apsaugai toks reikalavimas neturės, tačiau padidins lošimo punktų operatorių ar organizatorių veiklos sąnaudas ir tuo pačiu galimybę likti versle.

Lošimų populiarinimo mažinimo kontekste reikšmingas yra lošimo reklamos ir skatinimo dalyvauti lošimuose teisinis reguliavimas. Lietuvoje galioja draudimas reklamuoti azartinius lošimus, išskyrus azartinius lošimus organizuojančių bendrovių pavadinimus, prekių ženklus ir organizuojamų lošimų rūšis. 2019 m. reklamos draudimo sąlygos buvo papildytos draudimu su azartiniais lošimais susijusią bet kokią informaciją skelbti nepilnamečiams skirtose interneto svetainėse, t.y. svetainėse, kuriose ne mažiau kaip 4/5 turinio skirtos vaikams ir paaugliams (10 str. 9 d.). Tačiau draudime numatytos išimtys (pvz., leidžiančios reklamuoti bendrovių pavadinimus ir kt.) sudaro prielaidas lošimo organizatoriams skirtingai traktuoti šią normą, dėl to sąmoningai ar ne gali būti pažeidžiamas normoje įtvirtintas draudimas. Kita vertus, iš leidžiamų reklamuoti bendrovių pavadinimų, prekinių ženklų ar žaidimų rūšių lošimais besidomintis asmuo nesunkiai gali susidaryti bendrą vaizdą apie jose vykdomų paslaugų pobūdį, todėl abejotina, ar tokiu draudimu galima realiai sumažinti lošimų patrauklumą ir prieinamumą. Nepilnamečiams skirtų interneto svetainių samprata taip pat nėra pakankami aiškiai apibrėžta, pavyzdžiui, neaišku kaip galima bus apskaičiuoti, ar svetainėje nepilnamečiams skirtos informacijos kiekis sudaro reikalaujamą 4/5 visos informacijos kiekio, kad galima būtų taikyti svetainei nustatytą draudimą. Panašus neaiškumas dėl reklamos draudimo yra ir naujos redakcijos *Loterijų įstatyme*, kuriame įtvirtinta, jog Lietuvos teritorijoje draudžiama loterijų reklama vaikams ir paaugliams skirtuose renginiuose, laikraščiuose, žurnaluose, knygoose, radijo ir televizijos laidose, interneto svetainėse (LĮ 28 str. 8 d.), tačiau nenurodant, kokiais kriterijais vadovaujantis įvertinti, ar renginiai, taip pat laikraščiai, knygos, radijo ir televizijos laidos, interneto svetainės yra skirti vaikams ir paaugliams.

Nuo 2021 m. liepos 1 d. įsigaliojo draudimas Lietuvoje skatinti dalyvauti lošimuose bet kuria forma ir bet kokiomis priemonėmis: skleisti informaciją ar atlikti įtikinėjimo veiksmus, įskaitant paties lošimo organizatoriaus inicijuojamus specialius renginius, bandomuosius lošimus, akcijas, nuolaidas, dovanas ir

panašaus pobūdžio skatinamąsias priemones (ALĮ 10 str. 19 d.). Įstatyme nenurodytas baigtinis skatinančios lošimus informacijos ir skatinamųjų lošti priemonių sąrašas, todėl Lošimų priežiūros tarnyba parengė keletą viešų konsultacijų (Konsultacija dėl azartinių lošimų, 2022), kuriose išplėtojo tokių veiksmų ar informacijos apibūdinimą. Susipažinus su konsultacijų turiniu, mūsų nuomone, derėtų įvertinti, ar Priežiūros tarnybos išaiškinimai nepraplečia įstatyme nustatytų imperatyvių normų turinio reikšmės.

Valstybei siekiant teisinėmis priemonėmis mažinti lošimų populiarumą realybėje stebimas nuoseklus lošimų ir loterijų reklamoms išleidžiamų biudžetų augimas (2 lentelė).

2 lentelė

Azartinių lošimų ir didžiųjų loterijų organizatorių skirtos lėšos paramai ir reklamai, mln. Eurų:

	2020 m.	2021 m.	2022 m.
Lėšos reklamai	6,36	8,08	14,99
Lėšos paramai	1,12	0,32	2,17

Šaltinis: Lošimų priežiūros tarnybos 2020 -2022 m. apžvalga.

Lošimų ir loterijų segmento reklama 2022 m. lyginant su 2021 m. paaugo 53.9 proc., ženkliai pralenkdama kitų sektorių reklamos apimtis, pvz., mažmeninės prekybos reklamos apimtis didėjo 3 proc., medicinos -12, 5 proc., finansinių paslaugų – 9 proc. Labiausiai lošimų reklamos išlaidas didino reklamdaviai „Lošimų strateginė grupė“ ir „Amber GHambing“, atstovaujantys „Betsafe“ ir „7bet“ prekės ženklus. Kai lošimų ir loterijų reklamoms išlaidos didėjo, kai kurių kitų segmentų reklamos apimtys priešingai – sumažėjo: pvz., mobiliojo ryšio reklamų biudžetai sumažėjo 15 proc., nealkoholinių gėrimų -12 proc. (Priežiūros tarnyba, 2020 -2022). Tokia ganėtinai paradoksali situacija suponuoja klausimą, ar sugebės valstybė ALĮ tikslams - mažinti lošimų patrauklumą - įgyvendinti nustatytas teisės normas efektyviai įgyvendinti praktikoje?

Vienas iš veiksmingiausių būdų riboti asmenų prieigą prie lošimų – lošėjo amžiaus cenzu nustatymas.

Pagal ALĮ lankytis lošimo namuose (kazino), kuriuose galimi lošimai lošimų stalais (ruletė, kortų lošimai) ir A kategorijos (neriboto išlošimo) lošimo automatais, lankytis B kategorijos (riboto išlošimo) lošimo automatų salonuose, lankytis antžeminiuose lažybų salonuose (juose siūloma įvairi lažybų pasiūla iš sporto įvykių, taip pat galimybė lažintis ir elektroniniais įrenginiais) bei nuo 2016 metų dalyvauti nuotoliniuose (internetiniuose) lošimuose gali asmenys nuo 18 arba nuo 21 metų, atsižvelgiant į lošimo rūšį (ALĮ 10 str. 10 d.) Siekiant sumažinti loterijų patrauklumą vaikams ir paaugliams, nuo 2020 metų pagal *Loterijų įstatymą* atsiimti išlošimą ar laimėjimą galėjo tik asmenys nuo 16 metų, o nuo 2022 m. – dalyvauti loterijose nepilnamečiams apskritai uždrausta. Taigi, apibendrintai galima sakyti, kad Lietuvos įstatymuose aiškiai įtvirtintas imperatyvas draudžiantis nepilnamečiams dalyvauti visų rūšių azartiniuose žaidimuose ir loterijose. Kita vertus, kiek šie draudimai yra veiksmingi ir sustabdo paauglius nuo lošimo, juolab, kad įstatymo leidėjas nustatytų draudimų užtikrinimą paliko organizatorių nuožiūrai? (ALĮ 10¹ str.). Šių nuostatų veiksmingumu verčia abejoti sociologinių apklausų rezultatai, pavyzdžiui, būdami nepilnamečiais pradėjo lošti 18 proc. Lietuvos gyventojų, o nuo 18 iki 24 metų – 51 proc. (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:25). 2024 m. rugsėjo - spalio mėnesiais šio straipsnio autoriaus atlikta Lietuvos inžinerijos kolegijos studentų apklausa parodė, jog didžioji dalis apklausoje dalyvavusių studentų „susipažino“ su azartiniais lošimais būdami dar nepilnamečiais (51 proc.), o iš jų 22 proc. - iki 16 metų. Taigi, praktika rodo, kad bandymas teisinėmis priemonėmis mažinti azartinių lošimų prieinamumą, patrauklumą ir jų žalą nepilnamečių sveikatai, kol kas nepasižymi dideliu veiksmingumu. Įgyvendinti šį teisinį draudimą bus sunku dėl sparčiai didėjančio nuotolinių žaidimų populiarumo ir kad dabartiniame teisiniame reguliavime nėra numatyta papildomų priemonių apsaugoti nepilnamečių interesus nuo žalingo nuotolinių lošimų poveikio, kuris yra didesnis nei lošiant antžeminiuose lažybų punktuose ir automatų salonuose, nes sukurtos žaidėjo paskyros duomenimis tame pačiame įrenginyje (nešiojamame kompiuteryje, mobiliojo ryšio telefone) gali pasinaudoti ir nepilnamečiai, nors jiems tai draudžia įstatymas (Sesickas, 2022).

Daliai piliečių nesaikingas dalyvavimas lošimuose ir loterijose gali sukelti tam tikras sveikatos ar socialines pasekmes, todėl lošimų organizatoriai turi taikyti socialiai atsakingo lošimo praktiką, riboti liguistą priklausomybę turintiems asmenims galimybę lošti. Iki 2017 m., pagal Valstybinės lošimų priežiūros komisijos susitarimą su lošimų bendrovėmis, asmuo, norėdamas nustoti lošti, rašydavo prašymą neleisti jam dalyvauti lošimuose Komisijai, kuri jį išsiuntinėdavo lošimus organizuojančioms bendrovėms. Kitaip tariant, ši iniciatyva buvo geranoriško Komisijos ir lošimo organizatorių bendradarbiavimo priemonė, kurią, deja, tik nedaugelis lošimo namų praktiškai įgyvendino. Pažymėtina, jog 2007 m. LR Seime buvo įregistruotas ALĮ 10 str. pakeitimo įstatymas, pagal kurį toks asmenų valios nutraukti lošimus pareiškimas, turėjo būti sunormintas. Tačiau tik 2017 m., įsteigus Apribojusių savo teisę lošti asmenų registrą (toliau - Registras), ši teisė tapo ginama įstatymo. Asmenis, pateikusius minėtus prašymus, draudžiama įleisti į lošimų organizavimo vietas ir leisti jiems dalyvauti lošimuose jų prašyme nurodytą laikotarpį arba ne trumpiau kaip 6 mėnesius (ALĮ 10 str.

21 d.). Šios teisinės priemonės reikalingumą rodo kasmet augantis Registre fiksuojamų prašymų skaičius (3 lentelė).

3 lentelė

Paduotų prašymų neleisti lošti skaičius iki 2023 m. gruodžio 31 d.:

Metai	2017 (6 mėn)	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Prašymų skaičius	2580	3873	5079	5816	7485	11388	13876
Vidutinis skaičius per mėnesį	327	323	423	450	612	914	1156
Vidutinis skaičius per dieną	11	11	14	16	20	31	38

Šaltinis: Lošimų priežiūros tarnybos 2023 m. veiklos ataskaita

Vienareikšmiai atsakyti, kokios pagrindinės priežastys lemia prašymų skaičiaus didėjimą negalima, tačiau, manytina šio reiškinio priežasčių gali būti keletas. Iš vienos pusės, įtakoti žmonių apsisprendimą gali Priežiūros tarnybos vykdoma prevencinė veikla interneto svetainėje „Nebenoriu lošti“, skelbiami straipsniai azartinių lošimų keliamų problemų temomis, viešinta kita aktuali informacija probleminių lošimų temomis (2023 metais skelbta 2751 socialinės reklamos transliacija televizijų ir radijo laidose), iš kitos pusės, augančios gyventojų išleidžiamos sumos lošimams bei lošimo reklamai didina žmonių, jaučiančių priklausomybės lošimams grėsmę ir norinčių to išvengti, skaičių.

Vertinant žmonių teisės paduoti prašymus neleisti lošti įgyvendinimo veiksmingumą, atkreiptinas dėmesys į šias aplinkybes: 1) registras nekaupia duomenų, apie lošimų rūšis, paskatinusias lošėjus teikti atitinkamus prašymus, nėra duomenų ir apie besikreipiančių asmenų sveikatos ir socialinę būklę, t. y. jokias profesionaliais tyrimais jų būseną nėra tiriama; 2) Registre neturi galimybės registruotis asmenys, nenorintys dalyvauti loterijose, nors galimybė jose prisilošti kai kuriose nuotolinėse loterijose ne mažesnė nei lošiant azartinius lošimus; 3) pagal ALĮ 10 str. 21 d. reikalavimų neleisti prašymą parašiusio asmens lošti vykdymą privalo užtikrinti lošimų organizatorius, tačiau lošimo organizatoriai gana dažnai jo nesilaiko, pvz., iš visų 2022 m. pažeidimų, už kuriuos bendrovėms buvo taikytos poveikio priemonės, 23 proc. buvo už šios normos pažeidimus. Išvardytos aplinkybės rodo, kad šios teisinės priemonės įgyvendinimas dar yra tobulintinas.

Azartinių lošimų prieinamumo ir patrauklumo mažinimo kontekste aktualus yra nuotolinių lošimų reglamentavimas, kadangi lošimo procesai šiame lošimų segmente sunkiai sukontroliuojami. Lietuvoje nuotoliniai lošimai buvo legalizuoti 2016 metais, tačiau tai nereiškia, kad šiuo būdu nebuvo lošiama ir anksčiau, pvz., Priežiūros tarnybos duomenimis, 2013 m. kaip dažniausiai naudojamą lošimo būdą 33 proc. respondentų nurodė internetą (Azartiniai lošimai, 2013:21).

Pastaruoju metu stebima bendrųjų lošimų pajamų (BLP) nuotoliniuose lošimuose, lyginant su pajamomis antžeminėse lošimo organizavimo vietose, augimo tendencija, ypač išryškėjusi COVID -19 pandemijos metu. Pavyzdžiui, karantino metu apribojus veiklą fiziniuose lošimo vietose (lošimo namuose, salonuose, lažybų punktuose ir kt.), bendrovių, organizuojančių antžeminius lošimus, pajamos 2021 m. sumažėjo 22,5 proc., o nuotolinių lošimų bendrosios pajamos išaugo 71,5 proc. (4 lentelė). Ši tendencija išliko ir po karantino, pavyzdžiui, per 2022 metus BLP iš antžeminių lošimo vietų sudarė 74,1 mln. eurų, iš nuotolinių lošimų - 121,7 mln. eurų. Nuotolinių lošimų bendrosios pajamos per 2022 metus palyginti su 2021 metais, išaugo 19 proc. (Apžvalga 2020-2022 metai:12). Nuotolinių lošimų augimą patvirtina ir tai, kad 2023 m. lošiantys azartinius žaidimus respondentai nurodė, jog yra lošę internetu (55 proc.), kai 2022 metais tokių respondentų buvo 40 proc. (LPT veiklos ataskaita, 2023:8).

Taigi, jeigu 2019 m. Lietuvoje nuotolinių lošimų dalis lošimų rinkoje (įskaitant ir loterijas) sudarė 51 proc., tai 2021 m. nuotolinių lošimų dalis jau užėmė 82,5 proc. šalies lošimų rinkos. 2020 metais vieno suaugusio šalies gyventojų vidutinės lošimo išlaidos nuotoliniams lošimams sudarė 431,49 eurų. Tai viršija Europos valstybių sąrašo viršuje esančios Norvegijos vienam suaugusiam gyventojui išleidžiamą vidutinę lošimo išlaidų sumą 23,83%. (Sesickas, 2022).

4 lentelė

BLP augimas nuotoliniuose lošimuose, lyginant su lošimų pajamomis antžeminėse lošimo organizavimo vietose

Metai	Antžeminių lošimų bendrosios lošimo pajamos	Pokytis, proc	Pokytis, eurai	Nuotolinių lošimų bendrosios lošimo pajamos	Pokytis, proc	Pokytis, eurai	Antžeminių ir nuotolinių lošimų bendrosios lošimo pajamos *	Pokytis, proc	Pokytis, eurai
2017	75 572 786	0	110 832	21 788 697	41	6 327 756	97 361 483	7	6 438 588
2018	71 415 73	-6	-4 157 053	28 015 409	29	6 226 712	99 431 142	2	2069 659

Metai	Antžeminių lošimų bendrosios lošimo pajamos	Pokytis, proc	Pokytis, eurai	Nuotolinių lošimų bendrosios lošimo pajamos	Pokytis, proc	Pokytis, eurai	Antžeminių ir nuotolinių lošimų bendrosios lošimo pajamos *	Pokytis, proc	Pokytis, eurai
2019	72 132 705	1	716 972	40 493 826	45	12 478 417	112 626 531	13	13 195 389
2020	43 948 048	-39	-28 184 657	59 559 249	47	19 065 423	103 507 297	-8	-9 119 234
2021	34 037 529	-23	-9 910 519	102 166 806	72	42 607 557	136 204 335	32	32 697 038
2022	74 068 752	118	40 031 223	121 728 554	19	19 561 748	195 797 306	44	59 592 971
2023	74 068 246	-0,4	-312 184	148 447 007	22	26 718 453	222 203 575	12	26 406 269

* Bendrosios lošimo pajamos – suma, gauta iš įmokėtų sumų už dalyvavimą lošime atėmus faktiškai išmokėtų laimėjimų sumą

Šaltinis: Lošimų priežiūros tarnybos 2017 -2023 m. veiklos ataskaitos

Gana spartų lošimų rinkoje bendrųjų pajamų persiskirstymą tarp lošimo rūšių (antžeminių ir nuotolinių) sąlygojo ne tik 2020 - 2021 m. pandemija, bet ir teisinio reguliavimo „pritaikymas“ prie šios rūšies lošimų. Lietuvoje 2020 - 2022 metais buvo priimta nemažai ALĮ pakeitimų, susijusių su azartinių lošimų organizavimu: 2020 m. lošimų organizatoriams leista savo klientams siūlyti nuotolinius stalo lošimus gyvai (kai lošimo rezultatai lemiantis įvykis kuriamas realiu laiku), nuo 2022 m. liepos mėn. įvesta nauja nuotoliniams lošimams skirta licencijos rūšis (5 str. 6 d.); atsisakyta reikalavimo nuotolinių lošimų organizatoriams turėti ir veikiančias antžeminių lošimų vietas ir kt. Atkreiptinas dėmesys, kad 2021 m. ALĮ buvo papildytas nauju straipsniu, pagal kurį leidimai organizuoti nuotolinius lošimus galioja neterminuotai, kai tuo tarpu kitose lošimų rūšyse - 5 metų terminui (24¹ str.). Minėti įstatymo pakeitimai, ekspertų nuomone, dar labiau pagreitins nuotolinių lošimų plėtrą: nuotolinių lošimų bendrųjų pajamų augimas 2024 -2027 metais prognozuojamas apie 7 – 8,5 proc., kai antžeminių lošimų sektoriuje - 1,8 - 2,6 proc. (Apžvalga 2020-2022 m.: 9). Kita vertus, dėl didėjančios lošimų rinkos dalies „atitekimo“ nuotoliniams lošimams, tikėtina, lošimų sektoriuje darbo vietų skaičius mažės (jos „persikels“ į nuotolinių lošimų technologijas vystančias valstybes).

Populiarėjant nuotoliniams lošimams už jų kontrolę atsakingos institucijos susidūrė su nauju iššūkiu – nelegaliais internetiniais lošimais. Siekiant valdyti nelegalius lošimus Lietuvoje nuo 2016 m. įvestas nelegalių azartinių lošimų svetainių blokavimas, atliekami patikrinimai, pvz., 2023 m. Priežiūros tarnybai, atlikus 71 tyrimą dėl nelegalių nuotolinių lošimų, į nelegalios veiklos vykdytojų sąrašą buvo ištraukti 328 asmenys (LPT, 2023:18).

Vertinant nuotolinius lošimus bendrame šalies lošimų verslo kontekste, galima sakyti, kad įstatymų leidėjai teisiniu reguliavimu inspiravo šio rūšies lošimų dominavimą rinkoje, deja, tenka pripažinti, kad tai buvo padaryta antžeminių lošimų sąskaita. Priimtos įstatyminės nuostatos, sudarė prielaidas pažeisti antžeminių ir nuotolinių lošimų konkurencijos rinkoje balansą. Pvz., 2019 m. nustatytas reikalavimas automatų salone turėti ne mažiau kaip 10 automatų, lošimo namuose – ne mažiau kaip 30 A kategorijos automatų (ALĮ 12 str.), leidimų atidaryti automatų ar bingo salonus, lažybų ar totalizatorių punktus galiojimo termino nustatymas, (ALĮ 24¹ str. 1 d.), 2021 m. įtvirtinta naują lošimų mokesčio rūšis – už licencijos organizuoti azartinius lošimus išdavimą vienkartinis mokestis: už B kategorijos automatus vienkartinis mokestis po 300 tūkst. eurų, už bingą, totalizatorių ir lažybas – po 100 tūkst. eurų, už nuotolinius lošimus – 500 tūkst. eurų (LLMĮ 5¹ str.). Taigi, apibendrintai galima teigti, kad teisinėmis priemonėmis sukuriant įvairius (finansinius ar biurokratinius) barjerus buvo dirbtinai varžoma mažesnes pajamas generuojančių antžeminių lošimo bendrovių verslo plėtra lošimų rinkoje, sudarant palankias sąlygas lošimų rinkoje dominuojančią poziciją įgyti nuotoliniams lošimams.

Esamoje situacijoje didėja rizika, kad reikiamai nebus užtikrinta visuomenė interesų apsauga. Šią prielaidą patvirtina aplinkybė, kad dabartiniame teisiniame reguliavime kol kas nėra įtvirtintų papildomų priemonių, skirtų apsaugoti nepilnamečius nuo galimos nuotolinių lošimų žalos, kuri gali būti kur kas didesnė nei sukelta antžeminių lošimų.

Išvados

1. Azartinių lošimų santykiai pasižymi specifiniais ypatumais, kurie reikalauja atitinkamo šių santykių teisinio reguliavimo. Šiuose santykiuose galima išskirti tris jų dalyvius – lošime dalyvaujančius asmenis, lošimų organizatorius ir valstybę, - turinčius skirtingus interesus. Lošimų santykiai gali būti atskleidžiami, nagrinėjant juos keliais aspektais: ekonominiu, socialiniu, bei etiniu. Šių aspektų visuma atskleidžia lošimų santykių prieštarumą ir daugialypiškumą: būdami pelninga verslo sritimi, dorovės

požiūriu lošimai yra neskatintina veikla. Lošimų santykių specifiniai bruožai lemia ir specialų teisinį režimą šių santykių teisiniam reguliavimui įgyvendinti. Šio režimo paskirtis – jam būdingomis reguliavimo priemonėmis, sureguliuoti visuomenei svarbius ar sunkiau kontroliuojamus santykius.

2. Lošimų reguliavimas yra viešosios politikos sritis, kurios formuotojams socialiniai visuomenės interesai turi būti svarbiausias vykdomos politikos orientyras. Politiniai sprendimai yra įtakojami visuomenėje vyraujančių vertybių, kurios yra svarbios įstatymų leidėjams atliekant situacijos vertinimą ir reikalingų teisinių priemonių kūrimą ir taikymą. Azartinių lošimų keliamų rizikų valdymo srityje Lietuva aiškios, įstatyme įtvirtintos, šio verslo reguliavimo politikos iki pastarųjų metų neturėjo: 2001 m. priimtame *Azartinių lošimų įstatymui įstatyme* trūko valstybinio reguliavimo tikslų ir kryptų apibrėžimo, lošimų valstybinio reguliavimo politikos principų. Tik 2024 m. lapkričio mėnesį įtvirtintas teisinio reguliavimo tikslas - mažinti azartinių lošimų prieinamumą, patrauklumą ir jų galimą žalą asmens sveikatai.

3. Lietuvoje pastarąjį dešimtmetį įsigaliojo nemažai pakeitimų, susijusių su azartinių lošimų organizavimu: 2016 m. legalizuoti nuotoliniai lošimai ir pradėtos blokuoti nelegalių azartinių lošimų organizavimo svetainės, 2017 m. įsteigtas apribojusių savo teisę lošti asmenų registras, 2020 m. visi lošimo automatai buvo sujungti į vieną lošimo automatų duomenų valdymo sistemą ir t.t. Dalis šių priemonių skirtos užtikrinti lošėjų teisių apsaugą, mažinti lošimų prieinamumą ar galimą žalą asmeniui. Šias teisės aktuose įtvirtintas priemones galima vertinti kaip bandymą stiprinti visuomenės apsaugą nuo neigiamo azartinių lošimų poveikio, tačiau šią apsaugą dar reikėtų gerinti.

4. Analizuojant nuotolinių lošimų teisinį reglamentavimą daroma išvada, kad pastaruoju laikotarpiu priimtos įstatyminės nuostatos, sudarė prielaidas pažeisti antžeminių ir nuotolinių lošimų konkurencijos rinkoje balansą. Teisinėmis priemonėmis sukuriant finansinius ar biurokratinis barjerus buvo dirbtinai varžoma mažesnes pajamas generuojančių antžeminių lošimo bendrovių verslo plėtra lošimų rinkoje, ko pasėkoje nuotolinių lošimų sektorius tapo dominuojantis Lietuvos lošimų paslaugų rinkoje. Esamoje situacijoje didėja rizika, kad reikiamai nebus užtikrinta visuomenė interesų apsauga

Literatūra

1. Apžvalga 2020-2022 metai Lošimų priežiūros tarnyboje prie Lietuvos Respublikos finansų ministerijos. https://lpt.lrv.lt/public/canonical/1731586176/940/Apzvalga_2020-2022.pdf [lankytasi ,2024.12. 14].
2. Arasimavičius M. Neigiamos azartinių lošimų įtakos visuomenei šalinimo teisinės problemos. Jurisprudencija. Mokslo darbai 2008 3(105), p. 96–104
3. Azartinių lošimų ir didžiųjų loterijų organizatorių 2024 metų I pusmečio veiklos rezultatai. Lošimų priežiūros tarnyba prie Lietuvos Respublikos finansų ministerijos, 2024-08-09.
4. Azartiniai lošimai. Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa 2013 m. gruodžio 6 – 15 d., N = 1002 <https://lpt.lrv.lt/uploads/lpt/documents/files/vilmorus-tyrimas-2013.pdf> [lankytasi 2024.12.13]
5. Azartiniai lošimai ir loterijos. Lošimų priežiūros tarnyba: Reprezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa 2023 m. lapkričio mėn. 22 – gruodžio 2 d.
6. Bulotaitė L., Mackevič O. Azartinių lošimų prevencija. Nacionalinė švietimo agentūra, 2022.
7. Bundesgesetz über die Glücksspiele und Spielbanken (Spielbankengesetz, SBG) // SR 935.52. http://www.admin.ch/ch/d/sr/c935_52.html; [lankytasi, 2024.09.21].
8. Calado F. Griffiths M. D. (2016). Problem gambling worldwide: An update and systematic review of empirical research (2000–2015). Journal of Behavioral Addictions. Volume 5, Issue
9. Dunn N. W. Viešosios politikos analizė, 2006, Vilnius. Homo Liber
10. Kreipimasis dėl Azartinių lošimų įstatymo redakcijos 2014 m. sausio 13 d. Nr. 1-11/14. Prieiga per internetą : <https://lvk.lcn.lt/naujienos/213> [lankytasi, 2024.12.05].
11. Lietuvos Respublikos teisėkūros pagrindų įstatymas (2012). Valstybės žinios, 2012-09-22, Nr. 110-5564
12. Lietuvos Respublikos azartinių lošimų įstatymas. *Valstybės žinios*, 2001-05-23, Nr. 43-1495
13. Lietuvos Respublikos loterijų įstatymas. *Valstybės žinios*, 2003-07-23, Nr. 73-334
14. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2001 m. vasario 9 d. nutarimas Nr. 149 „Dėl LR Vyriausybės 2000-2004 metų programos įgyvendinimo priemonių patvirtinimo“ // *Valstybės žinios*. 2001, Nr. 14-437.
15. Lietuvos vyskupų pareiškimas dėl ketinimų Lietuvoje legalizuoti azartinius lošimus, 1999 lapkričio 3. *Paskelbta „Bažnyčios žiniuose“*, 1999 lapkričio 15, Nr. 21)
16. Lošimai Lietuvoje šiandien (2015). <https://www.losimai.eu/zalioji-knyga/iv-losimai-lietuvoje-siandien/>
17. Lošimų priežiūros tarnybos prie Lietuvos Respublikos finansų ministerijos 2023 metų veiklos ataskaita.
18. National Gambling Impact Study Commission Final Report. June 1999. P. 4-4. <http://govinfo.library.unt.edu/ngisc/reports/finrpt.html>; [lankytasi, 2024.12.10]
19. Navaitis G., Indrašienė V., Merfeldaitė O., Railienė A., Prakapas R., Jegelavičienė V. (2017).
20. Tyrimo „Azartinių lošimų paplitimas Lietuvoje ir jų poveikis socialinei gerovei“ ataskaita.
21. Pagrindinio komiteto išvada dėl Lietuvos Respublikos azartinių lošimų įstatymo projekto (IXP-154), 2001-02-

22. Sesickas L. Vis labiau nuo vakarietiško lošimų reguliavimo modelio tolstanti Lietuvos lošimų paslaugų rinka: dominuoja didžiausias pralošimo rizikas sąlygojančios lošimo paslaugos <https://www.teise.pro/index.php/2022/11/22/1> [lankytasi 2024.12.13]

ENSURING THE PROTECTION OF SOCIETY FROM THE NEGATIVE IMPACT OF GAMBLING BY LEGAL MEANS

Summary

The gambling market offers not only additional income to the state budget, but also obliges the state to ensure legal protection against possible harm to society from gambling. By establishing the conditions and procedure for organizing gambling through legal regulation, legislators acquire the obligation to prevent or reduce the harm to society that occurs due to gambling.

In Lithuania, a number of changes related to the organization of gambling have come into force in the past decade. Some of these measures are designed to ensure the protection of gamblers' rights, reduce the accessibility of gambling or possible harm to a person's health.

By analyzing the Law on Gambling and other legal acts, the article reveals the peculiarities of legal relations in gambling, discusses the legal, economic, social and ethical aspects of these relations. The legal norms protecting society from the negative impact of gambling are discussed.

The article concludes that the legal regulation of gambling can be seen as an attempt to ensure public protection from the negative effects of gambling, but this protection should still be improved; legal regulation has created more favorable conditions for the activities of remote gambling, which occupies the largest share of the market and generates the largest income; a significant part of the requirements for gambling organizers and the control of their activities are not established by law, but by lower-level legal acts.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas

Mokslų laipsnis ir vardas: mokslų daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programų docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: kestutis.vitkauskas@lik.tech

A COVER LETTER OF THE AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor of the Study Areas of Mechanical and Construction Engineering

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: kestutis.vitkauskas@lik.tech

PIRMO KURSO STUDENTŲ ADAPTACIJĄ LEMIANTYS VEIKSNIAI: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS ATVEJO ANALIZĖ

Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Perėjimas iš vienos ugdymo pakopos į kitą, mokymo įstaigos pakeitimas besimokančiajam yra sudėtingas ir kritinis laikotarpis, todėl sėkminga adaptacija laikoma reikšmingu gerą pasirengimą mokytis atspindinčiu rodikliu. Studentų adaptacija aukštojoje mokykloje domina mokslininkus jau ne vieną dešimtmetį. Adaptacijos tyrimuose analizuojami pereinamojo laikotarpio iššūkiai, sėkmingos ir nesėkmingos adaptacijos priežastys bei įvairių pagalbos priemonių efektyvumas. Lietuvos inžinerijos kolegijoje sukurtas naujas konceptualus požiūris į studentų adaptaciją, nes sėkminga adaptacija, ypač pirmaisiais studijų metais, labai svarbi, norint pasiekti teigiamų mokymosi nuostatų bei gerų studijų rezultatų. Taigi keliamas hipotetinis klausimas: kokie veiksniai lemia pirmo kurso studentų adaptaciją aukštojoje mokykloje?

Straipsnyje analizuojama aktuali mokslinė problema: kokie veiksniai lemia pirmo kurso studentų adaptaciją struktūrinius bei vadybinius pokyčius patiriančioje organizacijoje? Tikslas – nustatyti pirmo kurso studentų adaptaciją lemiančius veiksnius Lietuvos inžinerijos kolegijoje. Pirmoje straipsnio dalyje aptariami teoriniai studentų adaptacijos aspektai bei adaptaciją lemiantys veiksniai. Antra straipsnio dalis yra skirta empiriniam tyrimui, kurio metu atskleisti Lietuvos inžinerijos kolegijos pirmo kurso studentų adaptaciją lemiantys veiksniai. Tyrimui atlikti buvo pasitelkta kiekybinio ir kokybinio tyrimo strategija.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI: adaptacija, akademiniai, socialiniai, psichologiniai, aplinkos veiksniai.

Įvadas

Globalizacija, naujausios technologijos, stiprėjanti konkurencija skatina valstybes vis daugiau dėmesio skirti dinamiškos darbo rinkos poreikius atitinkančių kvalifikuotų specialistų rengimui ir jų kuriamos ekonominės, socialinės ir kultūrinės vertės didinimui. Diskutuojama, kaip užtikrinti aukštojo mokslo kokybę, besimokančiųjų pasirengimą mokytis, motyvaciją, kompetencijas ir įgūdžius. Europos Auštojo mokslo dokumentuose (Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatos ir gairės, 2015; The European Higher Education Area, Bologna Process, 2018) akcentuojama studijų kokybės užtikrinimo svarba. Studijų kokybės vertinimas apima tiek objektyvius kriterijus, tiek besimokančiųjų nuomonę apie įvairius mokymosi proceso aspektus ir mokymosi proceso kokybei įtakos turinčius veiksnius. Vienas iš jų - studentų adaptacija.

Perėjimas iš vienos ugdymo pakopos į kitą, mokymo įstaigos pakeitimas besimokančiajam yra sudėtingas ir kritinis laikotarpis, todėl sėkminga adaptacija laikoma reikšmingu gerą pasirengimą mokytis atspindinčiu rodikliu. Studentų adaptacija aukštojoje mokykloje domina mokslininkus jau ne vieną dešimtmetį. Mokslinėje literatūroje galima rasti įvairių studentų adaptacijos procesui analizuoti skirtų teorinių įžvalgų ar konstrukčių. A. Brooker, S. Brooker, J. Lawrence (2017), tyrinėdami studentų adaptacijos aspektus, pastebėjo, kad pirmo kurso studentai patiria daug ir įvairių sunkumų: tiek akademinų, tiek sociopsichologinių. D. Mouton, H. Zhang, B. Ertl (2020) atskleidė, kad yra ryšys tarp studentų adaptacijos, mokymosi sunkumų ir jų „nubyrėjimo“. Kaip pastebi M. L. Gravini Donado, M. Mercado-Peñaloza, S. Dominguez-Lara, (2021), adaptacija yra būtent tas reiškinys, kuris padeda jaunam žmogui integruotis į jo pasirinktą mokymosi įstaigą. Tam tikslui yra kuriamos programos, stengiamasi sudaryti kuo palankesnes sąlygas pirmo kurso studentams adaptuotis pasirinktoje aukštojoje mokykloje.

Siekiant suaktyvinti studentus, visapusiškai paruošti jų įsiliejimą į bendruomenę, organizaciją, pažinti jų poreikius, lūkesčius, plėtoti paramos studentui sistemas, Lietuvoje studentų adaptacijos tyrimai dažniausiai yra atliekami aukštosios mokyklos ribose (Klasavičienė, 2022; Bendžiūtė, Stanislavovienė, 2021; Liepuonienė, Liubiniene, Ustilaitė, 2024). Adaptacijos tyrimuose analizuojami pereinamojo laikotarpio iššūkiai, sėkmingos ir nesėkmingos adaptacijos priežastys bei įvairių pagalbos priemonių efektyvumas.

Nors yra nustatyta, kad tokie tyrimai konceptualizuoja esamą studentų paramos ir adaptacijos sistemą aukštojoje mokykloje, gerina studijų kokybę, atliepia kiekvieno besimokančiojo individualius poreikius ir lūkesčius, tačiau nėra žinoma, kaip tai veikia vadybinius ir struktūrinius pokyčius patiriančioje organizacijoje. Ši tema tampa ypač aktuali, kai kalbama apie naujos kolegijos sukūrimą. 2024 m. liepos 1 d. Kauno miškų ir aplinkos inžinerijos kolegija buvo prijungta prie Kauno technikos kolegijos ir įkurta Lietuvos inžinerijos kolegija. Vadybiniai bei struktūriniai pokyčiai Lietuvos inžinerijos kolegijoje sudarė prielaidas sukurti naują konceptualų požiūrį į studentų adaptaciją, analizuoti problemas, kurias patiria studentai aukštojoje mokykloje bei sudaryti kuo palankesnes sąlygas visuminiam kiekvieno besimokančiojo individualių savybių, gebėjimų atskleidimui, nes sėkminga adaptacija, ypač pirmaisiais studijų metais, labai svarbi, norint pasiekti teigiamų mokymosi nuostatų bei gerų studijų rezultatų. Taigi keliamas hipotetinis klausimas: kokie veiksniai lemia

pirmo kurso studentų adaptaciją aukštojoje mokykloje?

Taigi, šiame straipsnyje analizuojama aktuali mokslinė problema: kokie veiksniai lemia pirmo kurso studentų adaptaciją struktūrinius bei vadybinius pokyčius patiriančioje organizacijoje?

Tikslas – nustatyti pirmo kurso studentų adaptaciją lemiančius veiksnius Lietuvos inžinerijos kolegijoje. Pirmoje straipsnio dalyje aptariami teoriniai studentų adaptacijos aspektai bei adaptaciją lemiantys veiksniai. Antra straipsnio dalis yra skirta empiriniam tyrimui, kurio metu atskleisti Lietuvos inžinerijos kolegijos pirmo kurso studentų adaptaciją lemiantys veiksniai. Tyrimui atlikti buvo pasitelkta kiekybinio ir kokybinio tyrimo strategija.

Teoriniai studentų adaptacijos aspektai bei adaptaciją lemiantys veiksniai

Adaptacijos (lot. adaptatio – prisitaikymas, priderinimas) sąvoka vartojama tiek gamtos, tiek socialinių mokslų srityse. Adaptacija – naujų sąvokų, naujos patirties įjungimo į turimas pažinimo struktūras (schemas) procesas. Enciklopediniame edukologijos žodyne adaptacija apibūdinama kaip individo ir aplinkos sąveikos pusiausvyra įveikiant prieštaravimus (Jovaiša, 2007). Šiais laikais dažniausiai adaptacija aiškinama kaip prisitaikymas, pripratimas ar barjeras, atsirandantis individui patekus į naujas gyvenimo sąlygas. Taigi, adaptacija yra daugialypis konstruktas, kuris susideda iš tarpusavyje susijusių įveikos mechanizmų arba prisitaikymo atsakų. Tai psichologinis prisitaikymo procesas, kurio metu tvarkomasi su problemomis, iššūkiais, užduotimis ir tam tikros organizacijos (šiuo atveju - aukštosios mokyklos) gyvenimo reikalavimais (Mouton, Zhang, Ertl, 2020).

Pirmo kurso studentai, pradėję studijuoti aukštojoje mokykloje, susiduria su galybe naujų iššūkių: ne tik didesniais akademiniais, bet ir savarankiškumo reikalavimais bei mažesniu akademinės struktūros lygiu nei mokykloje. Dažnai studentai turi persiorientuoti ir mokytis kitaip, negu buvo įpratę, taigi jiems tenka prisitaikyti ne tik prie naujų mokymosi sąlygų, kontaktuoti su nauja aplinka, bet ir priimti tam tikrą naują informaciją (žinios), reikalavimus (taisyklės, normos, vertybės) ir pan. Veikiant šiems reguliaciniams mechanizms, susikuria tokia vidinė elgesio programa, kuri įgalina jį pamažu adaptuotis prie naujos mikroaplinkos reikalavimų, o vėliau tapti aktyviu, kūrybingu aukštosios mokyklos bendruomenės nariu.

Kadangi, kaip anksčiau minėta, adaptacija aukštojoje mokykloje yra daugialypis konstruktas, toliau bus analizuojami galimi skirtingi adaptacijos elementai.

Kaip pastebi M. L. Gravini Donado, M. Mercado-Peñaloza, S. Dominguez-Lara (2021), adaptaciją galima skirstyti į keturias grupes: akademinę, socialinę, asmeninę-emocinę, institucinę. Kiti mokslininkai (Olivier, Morin, Plante, Archambault, Dupéré, 2024) siūlo adaptaciją sieti su tam tikros veiklos edukaciniu ir socialiniu funkcionalizmu. Apibendrinant įvairių autorių atliktas (Gravini Donado, Mercado-Peñaloza, Dominguez-Lara, 2021; Bendžiūtė, Stanislavovienė, 2021; Klasavičienė, 2022; Lia, Miller, Simani, Krajcik, 2023) mokslines išvalgas, galima teigti, kad akcentuojama akademinų, socialinių, psichologinių, aplinkos veiksnių svarba pirmo kurso studentų adaptacijai.

- **Akademiniai veiksniai:**
 - Studijų krūvis, dėstytojų ir studentų santykiai, mokymosi metodai.
 - Asmeninės studijų strategijos (laiko valdymas, savarankiškas mokymasis).
- **Socialiniai veiksniai:**
 - Studentų socializacija (studentų organizacijos, bendrabučiai, draugų ratas).
 - Ryšiai su kitais studentais ir dėstytojais.
- **Psichologiniai veiksniai:**
 - Streso valdymas, pasitikėjimas savimi, nerimas dėl ateities.
 - Emocinė parama ir psichologinė pagalba.
- **Aplinkos veiksniai:**
 - Aukštosios mokyklos infrastruktūra, technologinės priemonės, studijų galimybės.
 - Geografinė ir kultūrinė aplinka.

Taigi, galima daryti prielaidą, kad akademiniai veiksniai yra labai svarbus aspektas studentų adaptacijai aukštojoje mokykloje, nes jie tiesiogiai susiję su studijų sėkme, laiko valdymu ir intelektualiniu augimu. Socialiniai veiksniai turi svarbią reikšmę studentų adaptacijoje, nes jie tiesiogiai veikia studentų gebėjimą prisitaikyti, rasti paramą ir susirasti vietą aukštosios mokyklos bendruomenėje. Teigiama socialinė aplinka ir aktyvus studentų įsitraukimas į aukštosios mokyklos socialinį gyvenimą padeda sumažinti stresą, pagerina psichologinę gerovę ir prisideda prie geresnių akademinų rezultatų. Psichologiniai veiksniai yra labai svarbūs studentų adaptacijos procesui aukštojoje mokykloje, nes jie tiesiogiai veikia studentų emocinę ir psichinę būseną, gebėjimą susidoroti su iššūkiais ir pasiekti sėkmę tiek akademinėje, tiek asmeninėje srityje. Tai apima emocinį stabilumą, stresą, pasitikėjimą savimi, motyvaciją, atsparumą stresui ir gebėjimą valdyti emocijas, kurios gali turėti didelį poveikį studentų integracijai ir gerovei. Aplinkos veiksniai taip pat turi reikšmės

sėkmingai studentų adaptacijai: patogios, gerai įrengtos ir tinkamai aprūpintos studijų patalpos gali prisidėti prie geresnio studentų įsitraukimo ir akademinio pasiekimo.

Tačiau būtina atkreipti dėmesį, kad skirtingi veiksniai skirtingai veikia studentus, o kiekvienoje aukštojo mokslo institucijoje šie veiksniai gali skirtingai sąveikauti ir veikti studentus. 2024 m. liepos 1 d. Kauno miškų ir aplinkos inžinerijos kolegija buvo prijungta prie Kauno technikos kolegijos ir įkurta Lietuvos inžinerijos kolegija. Pradėjus veikti kokybiškai naujai aukštojo mokslo institucijai, svarbu išsiaiškinti ir subalansuoti studentų adaptaciją veikiančius akademinis, socialinius, psichologinius, aplinkos veiksnis. Šių veiksmų tyrimo rezultatų analizei bus skirta antra straipsnio dalis.

Adaptaciją lemiančių veiksnių empirinis pagrindimas.

Atlikta studentų adaptaciją lemiančių veiksnių teorinė analizė išryškino, kad sėkminga adaptacija turi įtakos studijuojančio žmogaus studijoms tiek rezultatų, tiek dvasinio komforto prasme. Galima daryti prielaidą, kad sėkminga adaptacija gali užtikrinti sėkmingas studijas, sėkmingą profesinę karjerą. Norint sužinoti studentų adaptaciją lemiančius veiksnis, buvo atliktas empirinis tyrimas.

Tyrimo tikslas – atskleisti veiksnis, kurie labiausiai veikia studentų adaptaciją.

Tyrimo organizavimas. Tyrimas buvo vykdomas 2024 metų lapkričio mėnesį. Buvo taikyta kiekybinio ir kokybinio tyrimo metodologija.

Kiekybinis tyrimas pasirinktas todėl, kad buvo siekiama išmatuoti dominančio reiškinio paplitimą tam tikroje populiacijoje, pamatuoti tiriamo objekto požymius bei statistiškai pagrįsti objekto esminius parametrus, prielaidas ir lemiančius veiksnis. Ši metodologija rėmėsi deducine tyrimo proceso logika, pasitelkiant empirinius duomenis pasirinktai teorijai patikrinti. Taigi, tyrėjų dėmesys buvo nukreiptas į iš anksto apibrėžtų (žinomų ar numatomų) studentų adaptacijos veiksnių nagrinėjimą ir matavimą.

Išanalizavus kiekybinio tyrimo rezultatus, gilesniam reiškinio pažinimui buvo taikyta kokybinio tyrimo metodologija. Ji grindžiama interpretacine tyrimo logika, kuomet kaupiant ir interpretuojant gautus tyrimo duomenis siekiama konstruoti naujas ar tobulinti esamas teorines prielaidas.

Tyrimo dalyviai ir jų atranka. Buvo taikyti du tiriamųjų grupių parinkimo būdai: kiekybiniam tyrimui (apklausai raštu) – tikimybinis atrankos būdas, kai kiekvieno tiriamos populiacijos nario tikimybė pakliūti į imtį yra žinoma. Taigi planuota, kad tyrime dalyvaus visi Lietuvos inžinerijos kolegijos pirmo kurso studentai (iš viso 588). Tokiu būdu buvo siekiama patikrinti teorines prielaidas statistiškai patikima imtimi.

Kokybiniame tyrime (Focus grupių diskusijai) buvo taikytas tikslinis grupių formavimo būdas, kai į formuojamą grupę įtraukia asmenis, kurie yra tipiškiausi tiriamojo požymio atžvilgiu. Focus grupės buvo formuojamos atsižvelgiant į šiuos kriterijus: studijų forma (nuolatinės, iššęstinės studijos), studentų aktyvumas, visuomeninė veikla (grupių seniūnai). Focus grupėse dalyvavo 8-10 studentų, atrinktų pagal tikslinius konkretaus tyrimo uždavinius.

Tyrimo metodai. Kiekybinio tyrimo realizavimui buvo taikytas apklausos raštu metodas. Šis metodas pasirinktas todėl, kad buvo siekiama sužinoti kiekvieno populiacijos nario nuomonę bei rasti statistiškai patikimas sąsajas tarp kintamųjų. Šis metodas patogus tyrimo dalyviams, tyrėjo vaidmuo jame antraeilis, nešališkas. Kokybinio tyrimo realizavimui taikytas Focus grupės diskusijos metodas. Metodas pasirinktas todėl, kad tyrimo dalyviai grupėje galėjo išreikšti savo subjektyvų požiūrį adaptacijos kolegijoje klausimais žodžiu ir ta informacija buvo fiksuojama diskusijos užrašuose. Grupinė diskusija buvo vedama moderatoriaus pagal iš anksto parengtą pokalbio planą. Pokalbio plano struktūra: 1. Veiksniai, kurie turi didžiausią reikšmę pirmo kurso studentų adaptacijai. 2. Pirmo kurso studentų adaptacijos patirtys. 3. Pasiūlymai, pastabos ir pan. apie pirmo kurso studentų adaptacijos gerinimą kolegijoje.

Tyrimo instrumentas. Tyrimo instrumentas buvo konstruotas pagal teorinėje dalyje įvardintas adaptacijos veiksnių grupes. Atsižvelgiant į esminius adaptacijos veiksnis, buvo parengtas tyrimo instrumentas.

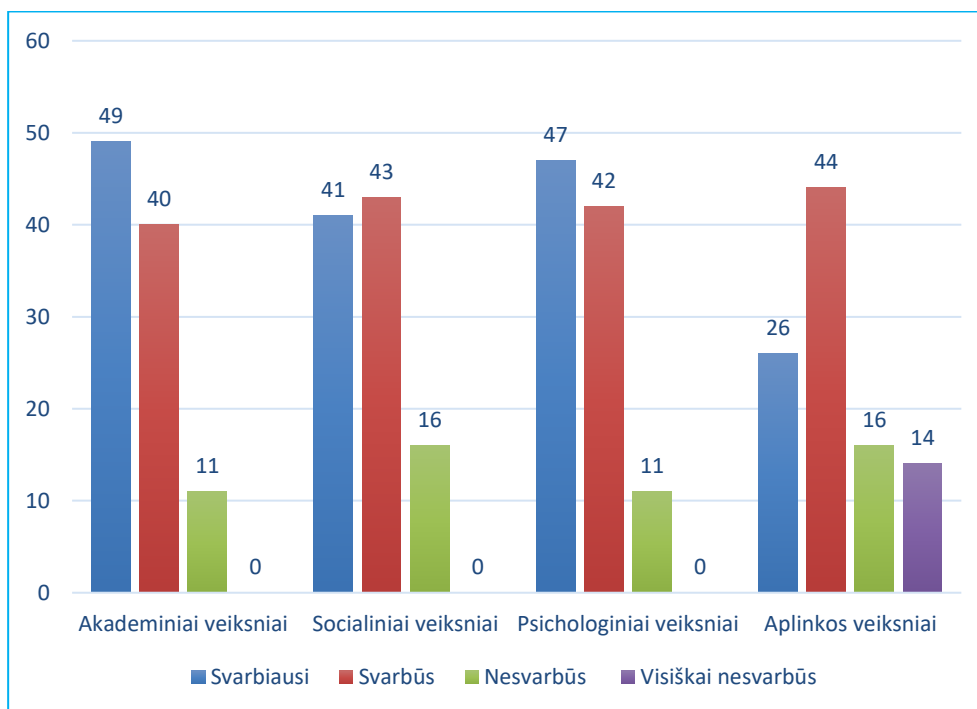
Apklausoje raštu buvo taikytas struktūrizuotas klausimynas. Klausimyne atsispindėjo du klausimų blokai: bendrieji (studijų programos pavadinimas, studijų forma) ir diagnostiniai (akademinių, socialinių, psichologinių, aplinkos veiksnių įtaka pirmo kurso studentų adaptacijai).

Tyrimo rezultatai.

Kiekybiniame tyrime – apklausoje raštu iš viso dalyvavo 410 pirmo kurso studentų. Tai sudaro 70 proc. visų kolegijoje studijuojančių pirmo kurso studentų. 275 tyrime dalyvavę pirmo kurso studentai studijuoja pagal nuolatinę, 135 - pagal iššęstinę studijų formą. Taikant 5 proc. paklaidą galima teigti, kad tyrimo imtis yra reprezentatyvi.

Tyrimo metu studentai atsakė į akademinių, socialinių, psichologinių, aplinkos veiksnių įtaką pirmo kurso studentų adaptacijai. Šiame straipsnyje studentų atsakymai bus pateikti apibendrintai. Studentai pagal

svarbumą turėjo įvertinti esminius adaptacijos veiksnius. Respondentų nuomonė apie akademinį, socialinį, psichologinį, aplinkos veiksnį svarbumą atsispindi 1 paveiksle.



1 pav. Adaptacijos veiksnių svarba pirmo kurso studentų adaptacijai

Apibendrinat studentų atsakymus galima daryti prielaidą, kad pirmo kurso studentams svarbiausi veiksniai yra akademiniai, socialiniai bei psichologiniai. Respondentų teigimu, mažiausiai svarbus veiksnys yra aplinkos veiksnys. Studentų atsakymus analizuojant pagal jų pasirinktą studijų formą (nuolatinės ar iššestinės) galima pastebėti, kad nuolatinė studijų studentai labiau akcentuoja akademinis bei socialinius veiksnis, o iššestinių studijų studentai mano, kad labai svarbūs yra psichologiniai bei aplinkos veiksniai.

Focus grupių diskusijų metu pirmo kurso studentai **detalesnį įvardino veiksnių svarbumą adaptacijos procese**. Nuolatinė studijų studentai akcentavo, kad *adaptacijos procese jiems svarbūs bendradarbiaujantys santykiai su dėstytojais, aiški ir suprantama vertinimo sistema, aiškios užduotys ir reikalavimai*. Kiti informantai akcentavo *studijų krūvio balansą, dėstytojų ir studentų paritetinius santykius, gebėjimą valdyti laiką, savarankiško mokymosi gebėjimus*. Dauguma diskusijos dalyvių pastebėjo, kad *jiems trūksta gebėjimo planuoti laiką ir savarankiškai mokytis*. Dalyviai akcentavo *naujų studijų draugų atsiradimo svarbą bei teigiamą psichologinį klimatą studijų grupėje, nes tai ne klasė, o jau bendraminčių ir būsimų profesionalų grupė*. Taip pat pažymėjo, kad *vyresniųjų kursų studentai yra draugiški, konsultuoja pirmo kurso studentus, padeda jiems įsilieti į studijas*. Studentai pažymėjo, kad *psichologiniai veiksniai, kaip stresas, nerimas dėl ateities taip pat veikia jų adaptaciją*. Reikia pažymėti, kad kalbėdami apie psichologinius veiksnis, jie daugiausia prisimindavo patirtis iš vidurinio ugdymo. Jie teigė, *dvyliktoje klasėje juos veikė artimųjų, tėvų, mokytojų požiūriai ir lūkesčiai į valstybinių brandos egzaminų rezultatus, kurie dar iki šiol kelia jiems stresą*. Kai kurie studentai pažymėjo, kad *studijose jie nebepatiria tokio streso, kokį patyrė mokykloje*. Aplinkos veiksnis studentai paminėjo kaip ne pačius svarbiausius. Jų teigimu, *infrastruktūra, technologinės priemonės jau yra įprasti dalykai, jie kolegijoje veikia puikiai, todėl jie mažiau svarbūs adaptacijos procese*. Iššestinių studijų studentai pažymėjo, kad visi veiksniai yra svarbūs adaptacijos procese, tačiau diskusijoje akcentavo *akademinis, psichologinius veiksnis, kai kurie paminėjo ir aplinkos veiksnį svarbą adaptacijos procese*. Iššestinių studijų studentus neramino, kad galbūt jiems bus sunku derinti studijas ir darbinę veiklą, *nauji bendramoksliai, o savarankiškai studijuojant jiems trūks technologinių priemonių, t.y. specializuotų kompiuterinių programų, be kurių jie negalės atlikti savarankiškų darbų*.

Focus grupės dalyvių buvo paprašyta **pasidalinti pirmosiomis studijų patirtimis**. Nuolatinė studijų studentai pažymėjo, kad *yra bendradarbiaujantys santykiai su dėstytojais*. Jie taip pat akcentavo, kad *dėstytojai negaili savi laiko, konsultacijų papildomam žinių gilinimui ar mokymo spragų likvidavimui*. Dauguma studentų teigė: *geriau nei mokykloje*. Visi diskusijoje dalyvavę studentai vieningai išsakė mintį, kad *visi dėstytojai paaiškino dalyko vertinimo sistemą bei studijų medžiagos, papildomos literatūros radimą Moodle aplinkoje*. Studentai pažymėjo, kad *mokslo metų pradžioje jiems buvo atsiųsta visa reikiama*

informacija e-leidinyje *Pirmo kurso studentų atmintinėje*. Informantai pastebėjo, kad vyresniųjų kursų studentai padeda pirmo kurso studentams, juos konsultuoja, pataria. Kaip vieną iš neigiamų patirčių jie įvardino, kad sunku rasti vietą automobilio parkavimui. Išėstinių studijų studentai teigė, kad *Įvado į studijas metu jie gavo visą reikiamą informaciją apie studijas, jų organizavimą, studijų reglamentą. Taip pat informacija buvo atsiųsta ir į e-paštą*. Kai kurie išėstinių studijų studentai pastebėjo, kad *nebuvo lengva prisijungti prie kolegijos informacinių sistemų bei ten prisiregistruoti*. Taip pat pastebėjo, kad *sesijos metu sunku rasti vietą automobilio parkavimui*.

Informantų buvo paprašyta **pateikti pasiūlymus, pastabas kurie gerintų pirmo kurso studentų adaptaciją kolegijoje**. Diskusijoje dalyvavę studentai pasiūlymų, kurie gerintų studentų adaptaciją, neturėjo, tačiau atkreipė dėmesį į tai, kad *reikėtų didinti automobilių parkavimo vietų, įdiegti daugiau maisto vitrinų (food box)*. Išėstinių studijų studentai pastebėjo, kad studijų tvarkaraštis galėtų būti parengtas *ne vėliau, kaip prieš dvi savaites iki sesijos, tai padėtų jiems išvengti bereikalingos įtampos, kuri kyla tarp darbo ir studijų suderinimo*.

Taigi, apibendrinat empirinio tyrimo rezultatus galima teigti, kad akademiniai bei socialiniai veiksniai yra svarbiausi adaptacijos procese. Jie yra glaudžiai susiję su studentų *mokymosi* efektyvumu, pasitenkinimu studijomis, akademinė sėkme. Studijos aukštojoje mokykloje reikalauja daugiau savarankiško mokymosi, laiko planavimo gebėjimų, bendravimo ir bendradarbiavimo su kitais studentais ir dėstytojais. Atliktų tyrimų rezultatai suponuoja prielaidą, kad adaptacija aukštojoje mokykloje dažnai priklauso ne tik nuo akademinio veiksnio (dėstytojų kompetencijos, studijų programos), bet ir nuo subjektyvių socialinių, psichologinių veiksnio (mokymosi tikslų, motyvų, interesų, poreikių, vertybių) bei gebėjimo pereiti nuo pažintinės veiklos prie profesinės specialisto veiklos.

Išvados

1. Adaptacija turi įtakos pirmo kurso studentų studijoms tiek rezultatų, tiek dvasinio komforto prasme. Sėkminga adaptacija gali užtikrinti sėkmingas studijas, sėkmingą profesinę karjerą. Akademiniai, socialiniai, psichologiniai, aplinkos veiksniai yra svarbus aspektas adaptacijos procese, nes jie tiesiogiai susiję su studijų sėkme, intelektualiniu augimu, išitraukimu į aukštosios mokyklos socialinį gyvenimą.

2. Atlikus empirinį tyrimą nustatyta, kad pirmo kurso studentai akcentuoja visų veiksmų svarbą adaptacijos procese, tačiau prioritetą teikia akademiniams, socialiniams veiksniams, kurie, jų nuomone, labiausiai lemia studentų adaptaciją Lietuvos inžinerijos kolegijoje.

Literatūra

1. Bendžiūtė S, Stanislavovienė J. (2021). Aukštųjų mokyklų psichosocialinė mokymosi aplinka. Sveikatos mokslai ISSN 1392-6373 print / 2335-867X online 2021, 31 tomas, Nr.2, p. 40-45 DOI: <https://doi.org/10.35988/sm-hs.2021.033>
2. Brooker, A., Brooker, S., & Lawrence, J. (2017). First year students' perceptions of their difficulties. *Student Success*, 8(1), 49–62. <https://doi.org/10.5204/ssj.v8i1.352>
3. Gravini Donado M. L., Mercado-Peñaloza, M., Dominguez-Lara, S. (2021). College Adaptation Among Colombian Freshmen Students: Internal Structure of the Student Adaptation to College Questionnaire (SACQ). *Journal of New Approaches in Educational research*, 2021, VOL. 10, NO. 2, 251-263, e-ISSN: 2254-7339, <https://doi.org/10.7821/naer.2021.7.657>
4. [Jovaiša L. \(2007\). Enciklopedinis edukologijos žodynas. Vilnius. Gimtasis žodis.](#)
5. Klasavičienė R. (2022). Marijampolės kolegijos I kurso studentų adaptacijos ypatumai. Tyrimo ataskaita. Marijampolės kolegija.
6. Liepuonienė, R., Liubinienė, D., & Ustilaitė, S. (2024). Vilniaus kolegijos psichosocialinės aplinkos vertinimas studentų požiūriu. *Mokslų Taikomieji Tyrimai / Applied Research*, 1(20), 70-78. <https://doi.org/10.59476/mtt.v1i20.648>.
7. Mouton, D., Zhang, H., & Ertl, B. (2020). German university student's reasons for dropout. Identifying latent classes. *Journal for educational research online*, 12(2), 190-224. DOI:10.25656/01:20977.
8. Olivier, E., Morin, A. J. S., Plante, I., Archambault, I., & Dupéré, V. (2024). Classroom learning climate profiles: Combining classroom goal structure and social climate to support student school functioning and behavioral adaptation. *Journal of Educational Psychology*, 116(2), 256–277. <https://doi.org/10.1037/edu0000837>
9. Pociūtė B. (2016). Asmeninės studentų adaptacijos problemos. *Acta Paedagogica Vilnensia* January 2016. 1:50-57. DOI:10.15388/ActPaed.1991.01.9346
10. Rifameutia, T., & Malay, E. D. (2023). Is the Student Adaptation to College Questionnaire Appropriate to Measure students' College Adjustment? *Jurnal Psikologi*, 22(1), 44-56. <https://doi.org/10.14710/jp.22.1.44-56>.
11. Tingting Li, Emily Adah Miller, Maria Chiara Simani & Joseph Krajcik (2023). Adapting scientific modeling practice for promoting elementary students' productive disciplinary engagement. *International Journal of Science Education* 0:0, pages 1-35.

FACTORS DETERMINING THE ADAPTATION OF FIRST-YEAR STUDENTS: A CASE ANALYSIS OF LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJA HEI

Summary

The transition from one educational level to another, the change of educational institution is a complex and critical period for a learner, therefore, successful adaptation is considered a significant indicator reflecting good readiness to learn. Student adaptation in higher education has been of interest to researchers for more than a decade. Adaptation studies analyse the challenges of the transition period, the reasons for successful and unsuccessful adaptation, and the effectiveness of various support measures. A new conceptual approach to student adaptation has been developed at Lietuvos Inžinerijos Kolegija HEI, because successful adaptation, especially in the first year of study, is very important in order to achieve positive learning attitudes and good study results. In the context of this work, a hypothetical question is raised: what factors determine the adaptation of first-year students in higher education?

The article analyses a relevant scientific problem: what factors determine the adaptation of first-year students in an organization experiencing structural and managerial changes? The aim is to determine the characteristics of the factors determining the adaptation of first-year students in Lietuvos Inžinerijos Kolegija HEI. The first part of the article discusses theoretical aspects of student adaptation and factors determining adaptation. The second part of the article is devoted to an empirical study, which reveals the factors determining the adaptation of first-year students in Lietuvos Inžinerijos Kolegija HEI. The research was conducted using a quantitative and qualitative research strategy.

Summarizing the results of the empirical study, it can be stated that academic and social factors are the most important in the adaptation process. They are closely related to the effectiveness of student learning, satisfaction with studies, and academic success. Studies in higher education require more independent learning, time planning skills, communication and cooperation with other students and teachers. The results of the conducted studies imply the assumption that adaptation in higher education often depends not only on academic factors (teachers' competence, study program), but also on subjective social and psychological factors (learning goals, motives, interests, needs, values) and the ability to transition from cognitive activity to professional activity of a specialist.

Conclusions. Adaptation affects the studies of first-year students both in terms of results and spiritual comfort. Successful adaptation can ensure successful studies, a successful professional career. Academic, social, psychological, environmental factors are an important aspect in the adaptation process, as they are directly related to the success of studies, intellectual growth, and involvement in the social life of the higher education institution. The empirical study found that first-year students emphasize the importance of all factors in the adaptation process, but give priority to academic and social factors, which, in their opinion, most determine the adaptation of students at Lietuvos Inžinerijos Kolegija HEI.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Giedrė Adomavičienė

Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų daktarė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aukštojo mokslo didaktika, aukštosios mokyklos veiklos kokybės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61157620, giedre.adomaviciene@lik.tech

Autoriaus vardas, pavardė: Judita Štreimikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Lietuvos inžinerijos kolegija, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aukštojo mokslo didaktika, užsienio kalbų dėstymo didaktika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61818803, judita.streimikiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Giedrė Adomavičienė

Science degree and name: Doctor of Social Sciences

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor

Author's research interests: higher education didactics, research of HEI activity quality.

Telephone and e-mail address: +370 61157620, giedre.adomaviciene@lik.tech

Author name, surname: Judita Štreimikienė

Science degree and name: Master

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lecturer

Author's research interests: higher education didactics, foreign language teaching didactics.

Telephone and e-mail address: +370 61818803, judita.streimikiene@lik.tech

COMPETENCIES FOR CAREER SUCCESS IN LABOUR MARKET

Inga Dagilienė

Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution

Abstract

Career competencies are the knowledge, skills, abilities, and attitudes needed to plan, coordinate, implement, and control the sequence of a person's work and learning experience. In today's world, not only vocational skills but also emotional, social, and interpersonal skills are necessary to communicate and collaborate, perform better, and grow professionally in a changing labour market. The 21st century favours skills such as creativity, adaptability, analytical and critical thinking, conflict management, responsibility, teamwork, and digital literacy. The ability to adapt to changes is crucial in the face of rapid technological advances, modernized industries, and changing professional needs. Today's graduates need to be committed to lifelong learning, developing their skills to think more broadly, identify effective solutions, foster innovation, and remain in demand in the labour market. By developing career skills, graduates can take more effective control of their career paths and make a significant contribution to employers.

The aim of this survey is to analyze the competencies needed for young people to remain competitive in the 21st-century labour market.

KEY WORDS. Career, labour market, competencies

Introduction

Unpredictable future trends, such as globalization, digital lifestyles, demographic changes, and technological breakthroughs, are changing thinking, attitudes, professions, and communities. These changes resonate especially with the younger generation. Young people have to deal with many issues, including employability difficulties, career development, and survival in the labour market. The current graduate is tomorrow's employee, and they have an extraordinary mission. To fulfill this mission, young people will need a wide range of knowledge, skills, and competencies. Firstly, it will require "hard" skills to work effectively. Secondly, technological advancements not only stimulate development but also affect live communication, emotional and interpersonal intelligence, and collaboration. These and other similar social skills emphasize the importance of "soft" skills.

The Lithuanian Skills Strategy (2021) states that a large number of young people work in areas unrelated to their field of study. Moreover, the skills and competencies of young specialists do not correspond to the demand in the labour market. Graduates have sufficient theoretical knowledge, but there is a lack of skills such as critical and analytical thinking, creativity, and non-standard problem-solving (OECD, 2021). Thus, knowledge-based education is gradually being transformed into a new form. Although there is a demand for "hard" skills, the importance of "soft" skills is becoming more evident. Hence, the complex modern world requires new and different forms of competencies.

The main objective of the survey is to assess the competencies of graduates that are necessary to remain competitive in a rapidly changing labour market. The purpose of the study is to reveal the need for modern competencies in the workplace and to examine the skills of vocational education and training (VET) students and higher education (HE) graduates.

The study includes a literature review of career competencies and quantitative data analysis. The analysis was carried out by processing statistical information from databases such as the Education Management Information System, the Official Statistics Portal, and a questionnaire survey of HE and VET students, based on the research *Trends in Enrolment, Vocational Training and Higher Education Completion, Reasons for Dropping Out*, conducted by the National Agency for Education. The research was conducted between January and March of 2022. The questionnaire was completed by 880 VET learners, 702 university students, and 853 college students.

SPSS Statistics software and Microsoft Excel were used to analyze the data.

Background Information on Career Competencies

Recently, the terms 'competence' and 'competency' have been broadly discussed in the literature. While the terms are linked, they are also distinct. The Law on Education of the Republic of Lithuania defines competence as the ability to perform certain activities based on the totality of acquired knowledge, skills, and values (2013). Competency includes knowledge, skills, attitudes, values, and behaviours that are necessary to achieve the desired performance level in a particular activity or task (Morris, Webb, Fu, & Singhal, 2013). Some authors consider competencies as 'knowledge, skills, and attitudes that are necessary to perform a job successfully' (Miller, Wesley, & Williams, 2012).

The values and cultures of the modern workplace often differ greatly from those of the past. Nowadays,

employers have to continuously adapt to changing markets and demands. This process requires increasing flexibility in the workforce, matching job skills with new requirements. According to Al Asefer and Zainal Abidin (2021), many studies confirm that employers are usually looking for employees with developed skills, such as creativity, leadership, critical thinking, communication, time management, and teamwork competencies, which are considered essential for a successful professional career. To obtain and retain a job in this changing labour market, individuals increasingly need career competencies that can help them manage their careers (Van der Heijde & Van der Heijden, 2006). Thus, career competencies are assumed to play a crucial role in maintaining the employee's value to the employer (Akkermans, Brenninkmeijer, Huibers, & Blonk, 2013).

Career competencies are the specific skills, both “hard” and “soft,” that an individual must possess to perform the job successfully. “Hard” and “soft” skills are important in the workplace, but they differ in nature. “Hard” skills are specific capabilities and skill sets that an individual can possess and demonstrate in a measurable way. Moreover, “hard” skills are learned abilities acquired and enhanced through education and experience, which enable individuals to perform job-specific tasks. “Soft” skills can be defined as character traits and interpersonal skills that enable individuals to interact effectively with others in a workplace or social environment. However, a rapidly changing labour market makes technical knowledge and skills less important.

According to Fullan and Scott (2014), “hard” and “soft” skills are interrelated and closely linked to universal soft skills, also known as the Six Cs. Figure 1 presents the idea of the Six Cs of learning within today's technological age:

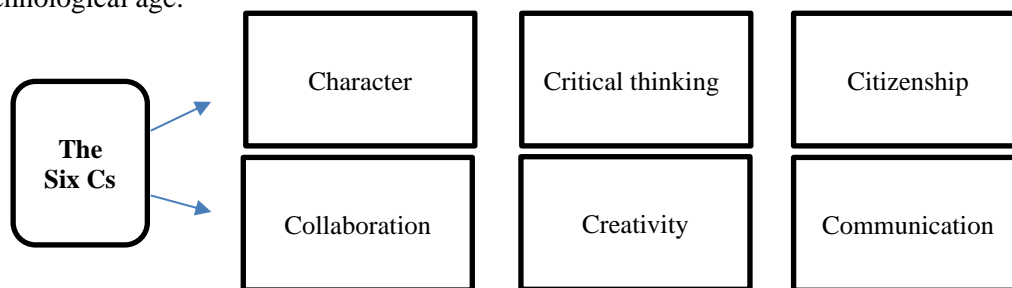


Fig 1. The Six Cs

Source: Fullan, Scott (2014)

- Character reflects balance and fairness. It helps to make a fair, deep, and complete assessment of facts, events, and circumstances, while also developing the values of respect, citizenship, and responsibility.
- Creativity is the ability to come up with new and original ideas. This skill allows individuals to create technologies and products and helps find non-traditional ways of solving problems.
- Collaborative skills enable effective teamwork and collaboration, involving open-mindedness, communication, conflict resolution, and management.
- Citizenship education is universal and encompasses all aspects of human life. Its main elements are morality, justice, and responsibility. Citizenship education helps develop the role of positive and active citizens in local, national, and international communities and cultures.
- Communication skills define how to transfer and receive information, interact with others, and even tackle issues such as conflicts.
- Critical thinking is the ability to interpret, evaluate, and analyze available facts and information to form a judgment or decide if something is right or wrong. The ability to solve problems is very important in modern society.

The importance of critical thinking and problem-solving is highlighted by the constantly increasing flow of information, the abundance of information sources, and the need to make decisions based on reliable data. Thus, these competencies need to be examined in more detail.

The academic literature is full of different definitions of critical thinking and problem-solving. A two-year project on these competencies was initiated by the American Philosophical Association in 1987. The project met and generated a wide-range of statements on various aspects of critical thinking, culminating in the following statement: “critical thinking is purposeful, self-regulatory judgment, which results in interpretation, analysis, evaluation, and inference, as well as explanation of the evidential, conceptual, methodological, criteriological, or contextual considerations upon which that judgment is based.” (Facione, 1990:2). During the project researchers formulated a comprehensive list of qualities and attitudes characteristic of critical thinking. This list was later revised and narrowed down to eight characteristics of a critical thinker (Fig 2).

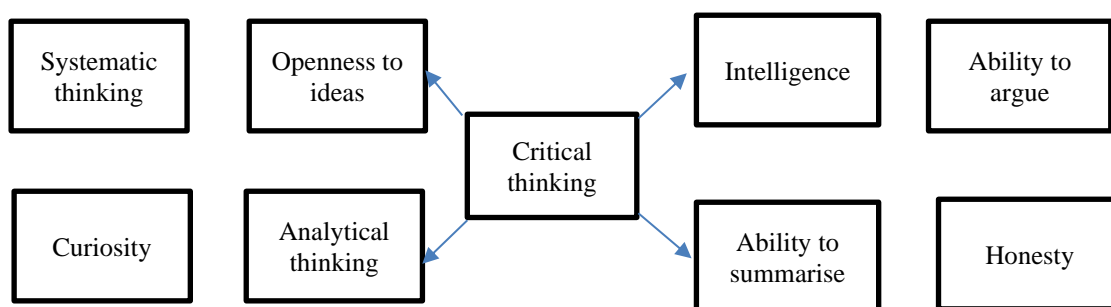


Fig 2. Critical thinking and problem-solving competencies
Source: Facione (2015)

According to Facione (2015), an ideal critical thinker is usually inquisitive, well-informed, self-confident, open-minded, flexible, quick to make decisions, clearly understands problems, consistently tackles complex issues, diligently searches for meaningful information, and is able to conduct research in a targeted manner.

Today, young people are expected to be competent in a very broad range of areas, comprising both “hard” and “soft” skills. As employers pay more and more attention to the competencies of future employees, competence-based education becomes a key factor that affects graduates' positions in the labour market, as it prepares students for future professional activities by providing them with the necessary skills. Thus, the transfer of competencies to the labour market is a key task for colleges and universities (Pukelis & Pileičikienė, 2012).

Results and Discussion

When analyzing the need for competencies, it is useful to look at the number of jobs in different sectors in Lithuania. According to the Official Statistics Portal, the largest number of employees is in the manufacturing industry (209,000). The wholesale and retail trade sector has 147,000 employees. The need for employees in these sectors is correspondingly 1.9% and 1.6%. A total of 167,000 people work in the transportation sector, and the need for specialists is 2.4%. The healthcare sector has 123,000 employees, and the need for specialists is 1.7%. There are fewer workers in the information and communication sector (41,000), with a need for specialists at 3.5%. This percentage indicates that the sector represents a growing niche for young graduates. It is constantly expanding, attracting investments, and encouraging new professions like digital marketing and cloud service specialists. The financial and insurance sector has 22,000 employees, with a need for specialists at 3.1%. Additionally, there is a demand for workers in several other sectors, such as public administration, professional, scientific, and technical activities, administrative and support service activities, and energy, water, sewage, and waste services. (Fig 3).

Jobs in different sectors	Workplace occupancy, thou	Demand for vacancies, %
Manufacturing industry	209	1,9
Transportation	167	2,4
Healthcare	123	1,7
Whole sale and retail trade	147	1,6
Finance and insurance	22	3,1
Information and communication	41	3,5

Fig 3. Occupied positions and job vacancies
Source: Official Statistics Portal: Job vacancies and occupied posts

Based on the supply and demand for skills in the labour market, it is possible to determine the effective workplace skills and competencies needed. (Fig 4).

Sectors	Demand for labour	Skills of graduates
Public administration, financial activities – a	3.700	4.900
Information and communication – b	1.400	1.600
Professional, scientific and technical activities – c	600	900
Administrative and support service activities – d	1.700	500
Transportation and storage – e	4.100	300
Energy, water, sewage, and waste services – f	500	300

Fig 4. Demand for labour and skills of graduates
Source: Education Management Information System

Figure 4 shows how effectively skills and competencies are applied in practice in the workplace, highlighting the most in-demand sectors of the economy. Vacancies could be filled by graduates from the following specialty groups: a) business and public management (HE); b) information and communication (HE); c) science, mathematics, and statistics (HE); d) office management, clerical activities, and landscape maintenance (VET); e) transport activities and their provision (VET); f) installation and maintenance of energy systems (VET). The figure shows that the supply of skills and competencies developed by HE is excessive (a, b, c), while the supply of PM skills is insufficient to fill vacancies (d, e, f).

Based on the research conducted by Aksiomaitienė and Puodžiukynienė in 2018, it can be concluded that employers expect higher competencies from employees. It has been noted that specialists lack initiative, self-control, leadership, foreign language proficiency, punctuality, organisational culture awareness, the ability to use information technology, and decision-making skills. According to the research carried out by Karulaitienė, Virbalė, Kalinovienė, Mackevičius, and Michalovskaja in 2022, more than 80% of employers believe that individuals with higher and broader qualifications and competencies are more easily able to integrate into the labour market. Therefore, priority is given to specialists with skills such as initiative and flexibility, teamwork, communication, and responsibility in professional activities.

The research titled "Trends in Enrolment, Vocational Training and Higher Education Completion, Reasons for Dropping Out" was conducted by the National Agency for Education in 2022. Ninety-four percent of HE and eighty-five percent of VET students agreed that it was very important for them to be in demand among employers. However, HE and VET students had differing opinions on the possibility of choosing their employer. VET students tended to choose their employer themselves, while university and college students valued the opposite.

Lifelong learning is important for several reasons. It helps students improve professional skills, enhance employability, and create new career opportunities. When comparing the research results (Fig. 5), it was found that the importance of lifelong learning was least significant for VET students (35%) and most significant for university students (45%). On the other hand, VET students (50%) and college students (45%) were more willing to try something new and improve their skills and knowledge than university students.

It is recognized that responsibility encompasses the abilities and traits that enable individuals to fulfil their obligations, commitments, and duties effectively. A person's ability to take responsibility for their actions is highly valued by employers. All students acknowledged that responsibility is an important quality. However, college students (50%) rated this ability higher than VET students (40%) but lower than university students (55%).

It is clear that employees are motivated when their work aligns with their personal values and goals, as these factors are important for effective and efficient work. The results show that values and motives fostered at work were more important to university students (60%) than to VET students (40%).

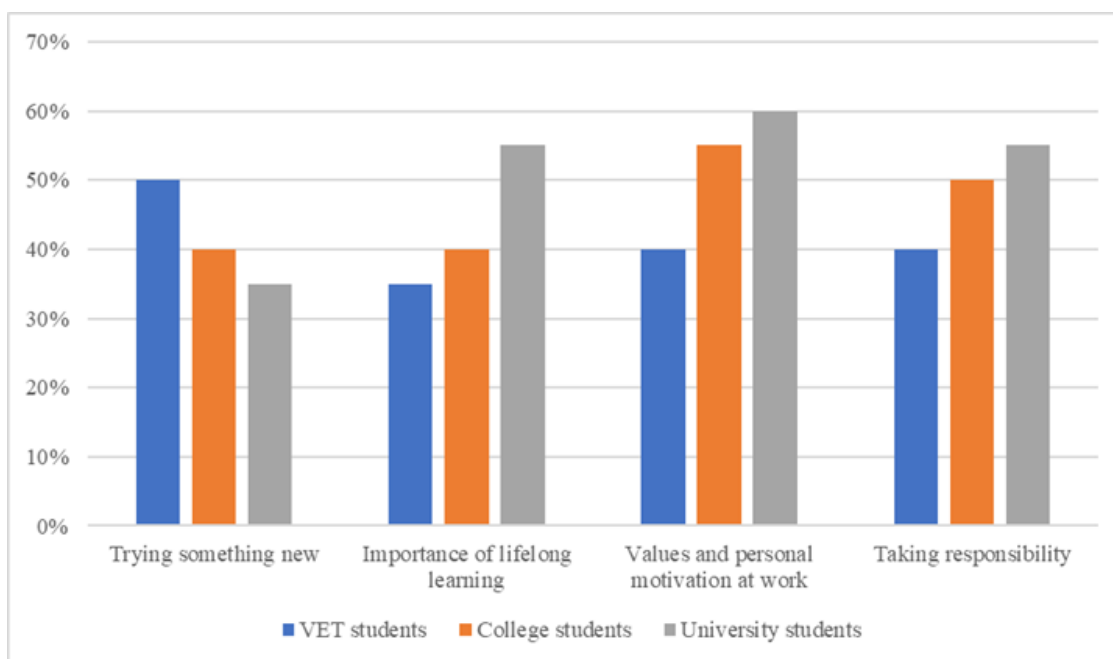


Fig 5. Attitudes of HE and VET students

Source: Research on "Trends in Enrolment, Vocational Training and Higher Education Completion, Reasons for Dropping Out"

Figure 6 shows that HE students (60% of university and 65% of college learners) rated IT literacy slightly higher than VET students (45%), as well as foreign language learning. The ability to solve complex problems was important to all students. However, HE students (70% of university and 65% of college learners) evaluated this competence higher than VET students (55%). Moreover, opinions differed regarding knowledge of professional ethics and safety. College learners (65%) valued these competencies more than VET students (50%) and university students (55%).

"Soft" skills, such as the ability to think critically and analytically, and to organize one's activities, were important for all learners. However, these competencies were rated higher by HE students (75% of university and 70% of college learners) than by VET students (50%).

To become a successful future employee, stress management is crucial. It is regarded as an essential part of a successful workplace, helping employees stay motivated and productive. University students (60%) rated the ability to manage conflict situations and stress higher than VET students (45%), while college students rated these competencies very highly (65%).

The ability to work in a team was rated as an important quality by college students (65%), while VET and university students (50%) valued this skill less.

The results show that all students valued the ability to obtain professional knowledge and skills. However, HE students (75% of university and 70% of college learners) rated this more highly than VET students (65%).

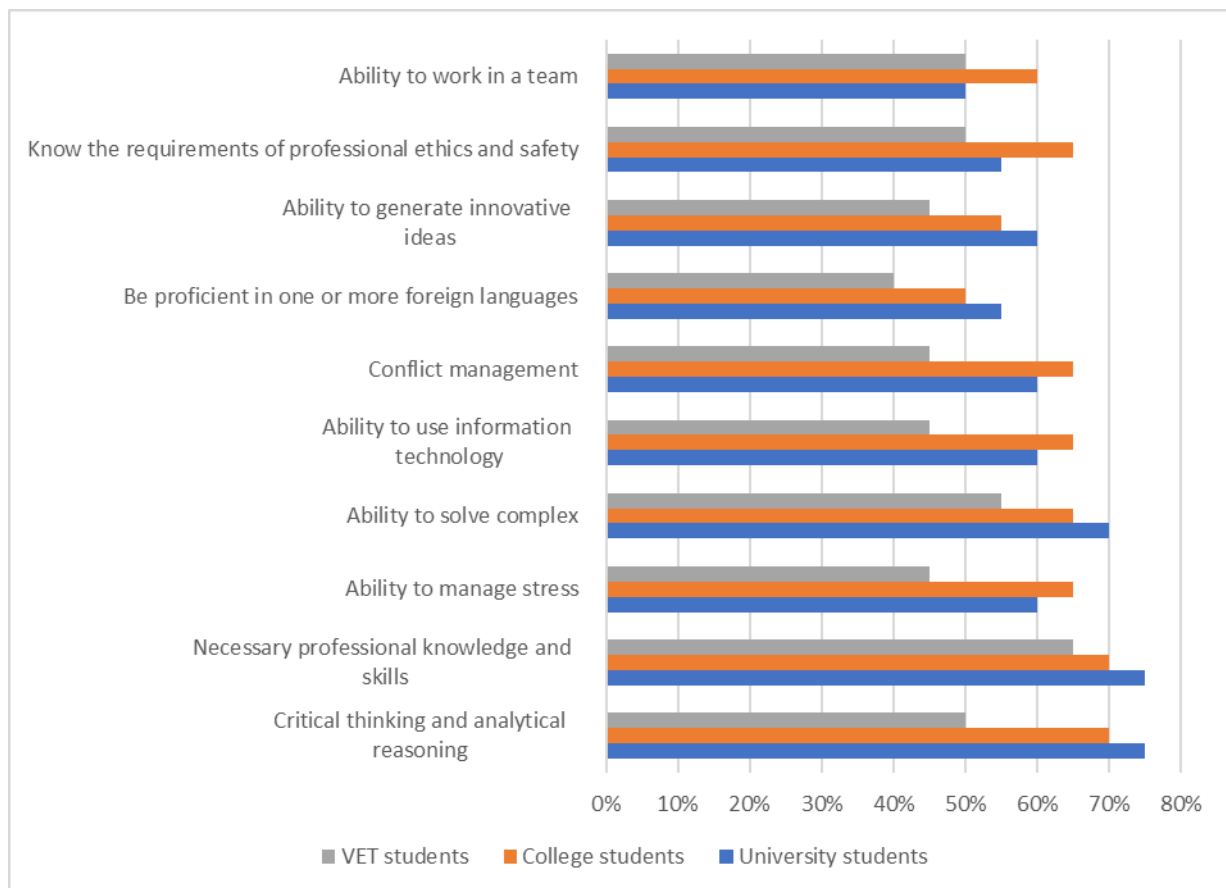


Fig 6. Assessment of the importance of various competencies among HE and VET students
Source: Research on "Trends in Enrolment, Vocational Training and Higher Education Completion, Reasons for Dropping Out"

Conclusions and Recommendations

1. There are too many graduates in HE, and not enough VET graduates to fill vacancies in the labour market.
2. To be in demand among employers, it is important to develop not only hard skills but also soft skills.
3. The obtained results show that VET students underestimate "soft" skills, which are essential to be in demand in the labour market.

4. HE and VET educational institutions should prepare future specialists to work in a changing labour market by developing a broader set of skills and acquiring higher qualifications.

References

1. Akkermans J., Brenninkmeijer V., Huibers M. & Blonk R. (2013). Competencies for the Contemporary Career: Development and Preliminary Validation of the Career Competencies Questionnaire. Available at: https://www.researchgate.net/publication/256303678_Competencies_for_the_Contemporary_Career_Development_and_Preliminary_Validation_of_the_Career_Competencies_Questionnaire
2. Aksomitenė J., Puodžiukienė D. (2019). Darbuotojų kompetencijų atitiktis darbdavių lūkesčiams transporto ir logistikos įmonėse. Studijos kintančioje verslo aplinkoje, p. 144–150.
3. Al Asefer M., Zainal Abidin N. S. (2021). Soft skills and graduates' employability in the 21st century from employers' perspectives: a review of literature Available at: https://iukl.edu.my/rmc/wp-content/uploads/sites/4/2022/02/5.-Al-Asefer_compressed.pdf
4. Allen, J., & van Der Velden R. (Eds.). (2009). Competencies and early labour market careers of higher education graduates. Ljubljana: University of Ljubljana, Faculty of Social Sciences. Available at: <https://cris.maastrichtuniversity.nl/ws/portalfiles/portal/1330379/guid-0a300445-8ff9-4f72-8908-1272ba7a703a-ASSET1.0.pdf>
5. Education Management Information System. Available at: <https://www.svis.smm.lt/en/>
6. Facione P. (1990). Critical Thinking: A Statement of Expert Consensus for Purposes of Educational Assessment and Instruction. Available at: <https://www.qcc.cuny.edu/socialSciences/ppectorino/CT-Expert-Report.pdf>
7. Facione P. (2015). Critical Thinking: What It Is and Why It Counts. Available at: https://www.researchgate.net/publication/251303244_Critical_Thinking_What_It_Is_and_Why_It_Counts
8. Fullan M., Scott G. (2014). Education PLUS: the world will be led by people you can count on, including you! Collaborative Impact SPC, Seattle, Available at: <https://www.michaelfullan.ca/wp-content/uploads/2014/09/Education-Plus-A-Whitepaper-July-2014-1.pdf>
9. Karulaitienė D., Virbalė J., Kalinovienė V., Mackevičius A., Michalovskaja B. (2022). Finansų ir investicijų valdymo specialistų poreikio darbo rinkoje aspektai. Available at: <https://talpykla.elaba.lt/>
10. Miller, T. L., Wesley, C. L., & Williams, D. E. (2012). Educating the minds of caring hearts: Comparing the views of practitioners and educators on the importance of social entrepreneurship competencies. *Academy of Management Learning & Education*. Available at: <https://journals.aom.org/doi/abs/10.5465/amle.2011.0017>
11. Morris, M. H., Webb, J. W., Fu, J., Singhal, S. (2013). A competency-based perspective on entrepreneurship education: Conceptual and empirical insights. *Journal of Small Business Management*. Available at: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1111/jsbm.12023>
12. Nacionalinės švietimo agentūros projekto „Profesinio mokymo ir mokymosi visą gyvenimą informacinių sistemų ir registrų plėtra “vykdyto tyrimo „Priėmimo į profesinio mokymo ir aukštojo mokslo įstaigas ir jų baigimo tendencijos, mokymosi nutraukimo priežastys “duomenų bazės (2022).
13. OECD Skills for Jobs database. Available at: <https://www.oecdskillsforjobsdatabase.org/>
14. OECD (2021), OECD Skills Strategy Lithuania: Assessment and Recommendations. Available at: <https://www.oecd-ilibrary.org/education/oecd-skills-strategy-lithuania>
15. Official Statistics Portal: Job vacancies and occupied posts. Available at: https://osp.stat.gov.lt/en_GB/laisvos-ir-uzimtos-darbo-vietos
16. Pukelis, K., Pileičikienė, N. (2012). Matching of developed generic competencies of graduates in higher education with labour market needs. *The Quality of Higher Education*. Available at: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1003813>
17. The Law on Education of the Republic of Lithuania, Register of Legal Acts. (2013). Available at <https://www.e-tar.lt/portal/en/>
18. Van der Heijde, C. M., & van der Heijden, B. I. J. M. (2006). A competence-based and multidimensional operationalization and measurement of employability. Available at: https://www.researchgate.net/publication/230245889_A_competence_based_and_multidimensional_operationalization_and_measurement_of_employability

KOMPETENCIJOS KARJEROS SĖKMEI DARBO RINKOJE

Santrauka

Karjeros kompetencijos – tai žinios, gebėjimai, įgūdžiai asmens darbo ir mokymosi patirčių sekos planavimui ir derinimui su kitomis gyvenimo sritimis. Šiandieniniame pasaulyje yra reikalingi tokie absolventai, kurie turėtų ne tik

profesinių, bet ir tokių įgūdžių, kaip emociniai, socialiniai, tarpasmeniniai, kurie padeda bendrauti ir bendradarbiauti, siekti aukštesnių rezultatų bei skatina profesinį augimą besikeičiančioje darbo rinkoje. Dvidešimt pirmame amžiuje pirmenybė teikiama tokiems įgūdžiams kaip kūrybinis bei analitinis mąstymas, problemų sprendimas, atsakingumas, darbas komandoje, konfliktų valdymas, skaitmeninis raštingumas. Šiandieniniai aukštųjų mokyklų ir profesinio mokymo absolventai turi būti pasiryžę mokytis visą gyvenimą, tobulinti įgūdžius, kad gebėtų plačiau mąstyti, išvelgti efektyvius sprendimus, skatinti naujoves ir išlikti paklausūs darbo rinkoje. Tobulindami šiuos gebėjimus jie galėtų efektyviau kontroliuoti savo karjeros kelią ir užpildyti laisvas darbo vietas. Šio darbo tikslas – iširti kompetencijas, kurios yra būtinos aukštųjų ir profesinio mokymo absolventams, kad išliktų konkurencingi dvidešimt pirmojo amžiaus Lietuvos darbo rinkoje.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Inga Dagilienė

Mokslų laipsnis ir vardas: Magistras

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: vertimas, kalbų dėstymo metodikos, ELT, ESP

Telefonas ir el. pašto adresas: 0 606 81358, inga.dagilienne@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Inga Dagilienė

Science degree and name: Master's Degree

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lecturer

Author's research interests: Science of Education, ELT, ESP, Translation.

Telephone and e-mail address: 0 606 81358, inga.dagilienne@lik.tech

STUDENTŲ DALYVAVIMAS AZARTINIULOSE LOŠIMULOSE: LIETUVOS INŽINERIJOS KOLEGIJOS ATVEJO ANALIZĖ

Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučelienė
Lietuvos inžinerijos kolegija

Anotacija

Šiuolaikinėje visuomenėje azartiniai lošimai sparčiai plinta, atsiranda nauji lošimų būdai internetinėje erdvėje. Azartinius lošimus pradeda lošti vis daugiau jaunų žmonių bei nepilnamečių. Aukštųjų mokyklų studentai tampa vis aktyvesni azartinių lošimų dalyviais. Tačiau Lietuvoje vis dar trūksta azartinių lošimų tyrimų, kuriuose būtų atskleistas lošimų paplitimo ir priklausomybės nuo jų mastas. Taip pat pasigendama lyginamųjų tyrimų, leidžiančių tiksliau įvertinti lošimo ar atskirų jo rūšių paplitimą atskirose socialinėse grupėse, pavyzdžiui, akademinio jaunimo tarpe.

Straipsnyje pristatomi reprezentatyvios Lietuvos inžinerijos kolegijos Inžinerinės pramonės ir technologijų fakulteto studentų apklausos duomenys (2024 m. rugsėjis - spalio), kurie lyginami su Lošimų priežiūros tarnybos atliekamų Lietuvos gyventojų apklausų rezultatais.

Tyrimas parodė, kad azartinių lošimų paplitimas LIK studentų tarpe iš esmės atspindi bendrą Lietuvos gyventojų pomėgį dalyvauti šioje veikloje. Tačiau LIK studentus dalyvauti lošimuose motyvuoja ne tik siekimas pelno, bet ir socialiniai veiksniai: noras atsipalaiduoti, gerai praleisti laiką ir kt. Studentų žymiai didesnė dalis pradėjo lošti būdami nepilnamečiais nei šalies gyventojai, taip pat studentai dažniau lošia internetu nei kiti gyventojai.

REIKŠMINIAI ŽODŽIAI. Azartiniai lošimai, priklausomybė nuo azartinių lošimų, probleminiai lošėjai.

Ivadas

Azartiniai lošimai – tai pramoga ir viena iš poilsio formų. Tačiau tai specifinė tiek savo pobūdžiu, tiek galimu poveikiu visuomenei veikla, skatinanti priklausomybės nuo azartinių lošimų riziką, visuomenėje pripažįstama viena iš opiausių priklausomybės formų. Mokslo doktrinoje priklausomybė nuo azartinių lošimų dažniausiai apibrėžiama per patologinio potraukio azartiniams lošimams sąvoką, kurią mokslas aiškina kaip psichikos sutrikimą: „Patologiniai lošėjai, kaip ir kitų priklausomybių atveju, tai asmenys, neatsisakantys žalingos veiklos, nepaisant neigiamų jos pasekmių“ (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022:10). Lošimų priklausomybė priskiriama prie impulsų kontrolės sutrikimų, pasireiškiančių kompulsyviu lošimu, trukdančiu asmeniui funkcionuoti visuomenėje, darbe, šeimoje (LPT ataskaita, 2023:6).

Tyrėjai, analizuodami priklausomybės nuo azartinių lošimų susiformavimo priežastis ir prielaidas, išskiria biologinius, psichologinius bei socialinius veiksnius. Daugelyje tyrimų vartojamos „probleminių“ ir „patologinių“ lošėjų sąvokos. Abiem šioms lošėjų grupėms priskiriami asmenys, priklausomi nuo azartinių lošimų, tačiau skirtingu mastu. Probleminis lošėjas - kuriam lošimas sukelia neigiamų finansinių, biologinių, socialinių ar psichologinių pasekmių. Patologinis lošimas pasireiškia daug sunkesne priklausomybės nuo lošimo forma. Tai progresuojantis sutrikimas, apibūdinamas nuolatiniu ar periodiniu lošimo kontrolės praradimu ar siekiant gauti pinigų šiam tikslui. Šiam sutrikimui būdingas iracionalus mąstymas nekeičiant savo elgesio formos net ir kilus neigiamiems padariniams dėl lošimo. Priklausomybę turinčio lošėjo gyvenime praranda prasmę iki tol reikšmingos vertybės, nuostatos ar įsipareigojimai, būdingos mąstymo klaidos. Dažnai lošimų priklausomybė koreliuoja su alkoholio ir kitų psichoaktyvių medžiagų vartojimu, gretutiniais psichikos sveikatos sutrikimais, aukšta savizudybės rizika ir pan. Atlikti tarptautiniai tyrimai parodė, jog didelis procentas probleminių ir patologinių lošėjų yra tarp paauglių, todėl daugelyje valstybių įstatymais ribojamas amžius nuo kurios leidžiama asmeniui pradėti lošti, tačiau nėra vieningos nuomonės, kokia turėtų būti minimalaus amžiaus riba.

Mokslininkai, tyrinėdami žmogaus potraukį azartiniams lošimams, paprastai išskiria biologinius, psichologinius ir socialinius kriterijus, kuriais vadovaujantis aiškinamos asmens polinkio šiai veiklai priežastys. Pagrindinėmis socialinėmis priklausomybės nuo azartinių lošimų išsivystymo priežastimis laikomos asmens amžius, lytis, kultūra ir tautybė, visuomenės požiūris į lošimą, lošimo prieiga, technologijų įtaka (Arasimvičius, 2008, p. 96). Pažymėtina, kad socialiniai veiksniai, įtakojantys liguisto potraukio lošti atsiradimą, gali būti sėkmingai kontroliuojami teisinio reguliavimo priemonėmis.

Azartiniai lošimai dažnai painiojami su žaidimais, todėl jie patrauklūs ir jaunimui, įskaitant studentus ir ypač nepilnamečius, kurie dėl savo psichologinių ir neurofiziologinių ypatumų greičiau linkę įsitraukti į įvairias rizikingas veiklas. JAV mokslininkai Mc Comb, J. L. ir Hanson, W. E. tyrinėdami jaunimo potraukio lošti priežastis, pastebėjo, kad azartinių žaidimų populiarumo priežastys yra panašios visame pasaulyje ir mažai kinta, tačiau šiuolaikiniai studentai vis daugiau ir daugiau lošia. Nors dauguma jų lošia dėl to, kad linksmai praleistų laisvalaikį, tačiau, nežiūrint to, studentų, lošimas gali tapti rimta problema, kuri sukelia rimtas neigiamas pasekmes ne tik jiems patiems, bet ir visai visuomenei.

Azartinių lošimų pasiūlą ir paklausą, priklausomybes ir jų pasekmes bei šių žaidimų populiarumą

studentų tarpe analizavo eilę užsienio mokslininkų: Mc Comb ir Hanson (2009), Wu A ir So-Kum Tang (2012); Cook (2010). Lietuvoje šią temą tyrinėjo M. Arasimavičius (2008), Grebliauskas (2008), Dž. Ruškytė (2017). Vertingas yra L. Bulotaitės ir O. Mockevičiaus publikuotas leidinys „Azartinių lošimų prevencija“ (2022). Tai metodinė priemonė, skirta bendrojo ugdymo mokyklų klasių vadovams, švietimo pagalbos specialistams ir mokytojams. Manytina, šio leidinio medžiaga bei jame teikiamomis rekomendacijomis sėkmingai gali pasinaudoti ir aukštųjų mokyklų darbuotojai bei studentai.

Apibendrintai galima sakyti, kad užsienio mokslininkų darbuose yra nagrinėjamas azartinių žaidimų populiarumas studentų tarpe, tačiau Lietuvos mokslininkai šia tema domisi nedaug, tyrimai apimantys azartinių žaidimų populiarumą studentų tarpe taip pat yra minimalūs. Lietuvoje vis dar trūksta azartinių lošimų tyrimų, kuriuose būtų atskleistas lošimų paplitimo ir priklausomybės nuo jų mastas. Taip pat pasigendama lyginamųjų tyrimų, leidžiančių tiksliau įvertinti lošimo ar atskirų jo rūšių paplitimą atskirose socialinėse grupėse, pavyzdžiui, akademinio jaunimo tarpe.

Darbo tikslas: nustatyti azartinių žaidimų populiarumą Lietuvos inžinerijos kolegijos (toliau - LIK) studentų tarpe.

Tiksliui pasiekti keliami šie *uždaviniai*: 1). Aptarti azartinių lošimų rūšis, lošėjų tipus bei Lietuvos gyventojų įsitraukimą į šiuos lošimus; 2) Atskleisti azartinių lošimų paplitimo jaunimo tarpe tyrimų problematiką; 3) aptarti atlikto LIK tyrimo rezultatus.

Azartinių lošimų rūšys ir dalyviai

Azartinis lošimas *LR Azartinių lošimų įstatyme* apibrėžiamas kaip „žaidimas arba abipusės lažybos pagal nustatytą reglamentą, kurių dalyviai, siekdami piniginio laimėjimo, savo noru rizikuoja netekti įmokėtos sumos, o laimėjimą arba pralaimėjimą lemia atsitiktinumas, kokio nors įvykio arba sporto varžybų rezultatas“ (LR Azartinių lošimų įstatymas, 2 str. 1d.). Lietuvos Respublikos valstybinė lošimų priežiūros tarnyba (toliau – Lošimų priežiūros tarnyba), pagal žaidimo pobūdį, azartinius lošimus skirsto į šias rūšis:

- 1) lošimas automatu lošimo automatų salonuose (kur naudojami B kategorijos lošimų automatai);
- 2) lošimai, kurie organizuojami kazino: ruletė, kortų arba kauliukų lošimai;
- 3) lošimas automatu kazino (kur naudojami A kategorijos lošimų automatai);
- 4) lažybos (lažybų punkte, internetu);
- 5) totalizatorius (sporto varžybų rezultatų spėjimas totalizatoriaus punktuose, internetu);
- 6) bingas (lošiamas tik specializuotuose bingo salonuose).

Pastebėtina, kad Azartinių lošimų įstatymas nereglamentuoja loterijų, kas reiškia, jog mūsų šalyje jos atskirtos nuo azartinių lošimų, skirtingai negu daugelyje Europos Sąjungos šalių, kur jos pripažįstamos azartiniais lošimais. Pavyzdžiui, internetu vykdomos skaitmeninės arba „Blitz“ loterijos turi daug panašumų su lošimo automatais: trumpesnis laikas tarp statymo ir rezultato, animacija, garsai ir pan. Daugelis tyrėjų akcentuoja, kad dalyvavimas loterijose gali būti pradžia, pereinant prie kitų azartinio lošimo rūšių, ypač vaikų ir paauglių tarpe. Loterijų ir azartinių lošimų sąsajas parodo *LR Loterijų įstatyme* (2003) pateikta loterijos sąvoka, pagal kurią loterija – „žaidimas įsigytais bilietais siekiant piniginių ir (ar) daiktinių laimėjimų ir (arba) neatlyginamų paslaugų, atsitiktinai tenkančių pagal bilietų duomenis“ (Loterijų įstatymas, 2003: 2 str. 4 p.).

Loterijų neigiamą poveikį visuomenei liudiją Lošimų priežiūros tarnybos 2023 m. atliktų tyrimų rezultatai, rodantys, kad 80 proc. Lietuvos gyventojų dalyvavimo loterijose pagrindiniu motyvu laiko norą laimėti pinigų ar daiktinį prizą, kai 2021 m. taip teigiančių buvo 73 proc., vieno loterijos bilietams apsipirkimo metu gyventojai linkę išleisti vis daugiau pinigų (jei 2019 m. vieno apsipirkimo metu bilietams nuo 5 iki 10 Eur išleisdavo 9 proc. gyventojų, tai 2023 m. - 26 proc.), daugėja ir gyventojų dalis, manančių, kad loterijos gali sukelti priklausomybę, pavyzdžiui, 2020 m. taip galvojo 33 proc. respondentų, o 2023 m. – jau 40 proc. gyventojų. Taip pat padidėjo besikreipiančių asmenų, turinčių problemų dėl dalyvavimo skaitmeninėse loterijose (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023: 60). 2020 m. padidėjo besikreipiančių asmenų, kurie mano turintys problemų dėl dalyvavimo skaitmeninėse loterijose (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022: 7). Visgi, nors loterijos ir nepilyginamos azartiniais lošimais, tačiau, siekiant sumažinti loterijų neigiamą poveikį nepilnamečiams, nuo 2020 m. atsiimti išlošimą ar laimėjimą gali tik 16 metų sukakę paaugliai. Lošimų priežiūros tarnybos duomenimis, 2020 m. padidėjo besikreipiančių asmenų, kurie mano turintys problemų dėl dalyvavimo skaitmeninėse loterijose (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022: 7).

Nors teisės aktuose ir šnekamojoje kalboje azartiniai lošimai įvardijami kaip žaidimas, tačiau mokslininkai, tyrinėjantys azartinių lošimų problematiką, skaito, kad lošimo ir žaidimo sąvokos yra skirtingos, o jų tapatinimas gali klaidinti jaunos žmonės ir paskatinti juos lošti. Nuo įprastų žaidimų azartinius lošimus skiria šie reikšminiai elementai: 1) azartiname lošime būtinas koks nors materialus atlygis, 2) lošimo rezultatas yra visiškai atsitiktinis įvykis, 3) rezultatui neturi įtakos nei lošiančiojo žinios, nei įgūdžiai, kai tuo tarpu kitų žaidimų baigtis didele dalimi priklauso nuo žaidėjų įgūdžių ar pasirengimo juose dalyvauti. Tiesa, pastarasis

teiginys dažnai kritikuojamas dalyvaujančių lažybose iš sporto ar muzikos renginių (pvz., Eurovizijos) ar futbolo čempionato) baigties. Tokio tipo lažybų dalyviai gali būti sukaupe pakankamai daug žinių apie atskirą komandą ar dainų atlikėją, kas leidžia jiems manyti, jog jų įgytos žinios padės išlošti lažybose. Tačiau realybėje lažybų dalyviai negali kontroliuoti ar paveikti pasirinkto favorito elgsenos (nežino jo emocinės ar fizinės būsenos, galimai gautų traumų ir pan.), o tai reiškia, kad niekaip negali įtakoti jo veiklos rezultato. Psichologų nuomone, tokios nuostatos ypač pavojingos lošimuose dalyvaujantiems paaugliams, kadangi jų sprendimai dažniau būna spontaniški, kritiškai neįvertinus įvairių aplinkybių (Fong T. W., 2013).

Tyrėjai Hirsch ir kt. (2018), Weinstock, Massura (2012) azartinių žaidimų lošėjus pagal jų įsitraukimą į lošimus ir patiriamos žalos lygį sąlyginai skirstomi į kelias grupes (1 lentelė).

1 lentelė

Azartinių žaidimų lošėjų grupės

Lošėjų grupė	Grupės apibūdinimas
<i>Socialiniai lošėjai</i>	Šiai grupei priskiriama didžioji dauguma suaugusiųjų ir paauglių, kuriems lošimas yra pramogos forma, nekelianti didesnių neigiamų pasekmių Dažniausiai lošiama šeimoje ar draugų rate, lošimai nėra dažni, žaidžiama iš nedidelių sumų arba iš įvairiausių „fantų“ (užduočių) ar įpareigojimų, pavyzdžiui, pralošęs turi sutvarkyti kambarius, paruošti pietus.
<i>Profesionalūs lošėjai</i>	Šių lošėjų pagrindinis tikslas - laimėti pinigus ar kitą materialinį atlygį. Žaidimo metu patiriamas malonumas ar galimybė užsimiršti jiems neaktuali. Šie asmenys lošimui skiria labai daug laiko (gali būti pagrindiniu pragyvenimo šaltiniu), atitinkamai jam ruošiasi. Profesionalai geriau už socialinius ar patologinius lošėjus geriau įvaldę savo emocijų ar impulsų valdymą, pasižymi psichologiniu stabilumu bei stipresniais streso įveikos įgūdžiais, geriau pažįsta lošimo partnerių lošimo manieras, neverbalinę kalbą. Visa tai jiems leidžia išvengti tipinių lošėjų mąstymo klaidų ir be reikalo nerizikuoti
<i>Probleminiai lošėjai</i>	Tai asmenys, kurie dar nėra priklausomi nuo lošimo, tad gali lengviau pasitraukti iš lošimų, nei priklausomybę turintys asmenys. Tačiau probleminiai lošėjai žaidžia nepaisydami patiriamos finansinės, psichologinės ar socialinės žalos: lošimui skiriamas pagrindinis laisvalaikio laikas ir jam skirti finansai. Dėl to nukenčia kiti šeimos nariai, darbinės karjeros galimybės bei didėja priklausomybės rizika.
<i>Patologiniai lošėjai</i>	Kaip ir visi kiti žmonės, kenčiantys nuo įvairiausių priklausomybių, šia asmenys nepajėgia atsakyti azartinių lošimų, nepaisant akivaizdžiai neigiamų jo pasekmių. Šiems lošėjams susiformuoja klaidingi mąstymo „štampai“, tokie kaip faktų neigimas, prieštaravimas, įtikėjimas galimybe kontroliuoti atsitiktinius įvykius ir pan.). Stiprėjant priklausomybei, dažnai manoma, jog lošimo prizai yra ir problemų priežastis, ir jų sprendimas. Šie asmenys gali pasižymėti didesniu impulsyvumu, įsiaurinimu, negebėjimu susitvarkyti, o laimėjimo atvejais gali tapti itin dosniais aplinkiniams. Psichologų nuomone, iš visų dėl lošimo sutrikimo besigydančių asmenų apie 50 proc. pagalvoja apie savižudybę, kas penktas yra mėginęs nusižudyti.

Šaltinis: Bulotaitė L., Mockevičiaus O. Azartinių lošimų prevencija: metodinė priemonė (2022).

Didėjant azartinių lošimų pasiūlai auga ir probleminių bei patologinių lošėjų skaičius. 1980 m. patologinis lošimas, kaip priklausomybės rūšis, buvo įtrauktas į Tarptautinio psichinių ligų registrą. Priklausomybė nuo azartinių lošimų pripažinta psichiniu sutrikimu, kurio metu asmuo susiduria su dideliais sunkumais arba negali atsispirti norui dalyvauti lošime, kas galiausiai kenkia pačiam asmeniui ar aplinkiniams. Lošimo sutrikimas nustatomas, jei per pastaruosius dvylika mėnesių dalyvavęs lošimuose asmuo atitinka keturis ir daugiau iš šių požymių: 1) poreikis lošti, kai statomos vis didesnės sumos, siekiant išgyventi trokštamą malonumą; 2) mėginimas sustoti lošti kelia nerimą, erzulį; 3) bandymai kontroliuoti lošimą ar visai nustoti lošti nesėkmingi; 4) dažnos mintys apie lošimą; 5) išgyvenant bejėgiškumą, kaltę, nerimą ar prislėgtumą dažnai imama lošti; 6) pralošus vėl sugrįžtama prie lošimo, siekiant atsiloši; 7) meluojama, siekiant nuslėpti įsitraukimo į lošimus lygį; 8) dėl lošimo rizikuojama prarasti arba jau yra prarasti svarbūs santykiai, darbas, išsilavinimo ar karjeros galimybės; 9) beviltiškoje dėl lošimų susiklosčiusioje finansinėje situacijoje atsiranda priklausymas nuo kitų finansinės paramos (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022:11).

Lietuvos lošimų priežiūros tarnybos duomenimis 2019 - 2022 metais azartinius lošimus yra žaidę 10% - 12% šalies gyventojų, o įvairiose loterijose dalyvavo apie pusė Lietuvos gyventojų. Moksliniais tyrimais patvirtinta, kad suaugusiųjų probleminių azartinių lošimų paplitimas Europoje svyruoja nuo 0,12–3,4 proc. (LPT ataskaita, 2023:6). Koks yra tikslus patologinių lošėjų skaičius Lietuvoje pasakyti sunku, kadangi probleminių azartinių lošėjų paplitimas sistemiskai netiriamas. Todėl spręsti apie šio reiškinio paplitimą galima tik remiantis skirtingais šaltiniais, kurie ne retai prieštarauja vieni kitiems. Pavyzdžiui, remiantis Lietuvos statistikos departamento duomenimis, iš viso Lietuvoje per 2020 metus valstybinėse gydymo įstaigose patologinis potraukis azartiniams lošimams buvo nustatytas tik 67 asmenims, tačiau 2017 m. atlikto sociologinio tyrimo duomenimis Lietuvoje 2,5 proc. lošėjų atitiko patologinio lošimo požymius (Navaitis ir kt. 2017), Lošimų priežiūros tarnyba nurodo panašius skaičius, gautus stebint asmenis, įsitraukusius į Apribojusių savo galimybę lošti asmenų registrą: Lietuvoje probleminių lošėjų skaičius 2018 m. galėjo siekti iki 2 procentų, t.y. maždaug apie 60 000 asmenų (Bulotaitė, Mockevičiaus, 2022:11).

Apibendrinant galima teigti, kad trūkstant probleminio lošimo mastą šalyje atskleidžiančių sisteminių

epidemiologinių tyrimų sunku įvertinti situaciją bei parengti veiksmingą veiklos, stabdančios šio reiškinio plitimą, strategiją.

Azartinių žaidimų paplitimas jaunimo tarpe

Nors dažniausiai problemų dėl azartinių lošimų turi 18–40 metų vyrai, tačiau pastaraisiais metais, azartinių lošimų populiarumas reikšmingai padidėjo tarp paauglių, užaugusių socialinėje terpėje, kurioje filmai, TV šou, galimybės lošti internetu suformavo šiuolaikinio jaunimo lošimo kultūrą. Azartinius lošimus pamėgusio jaunimo problemomis susidomėta XX a. 8-ojo dešimtmečio pabaigoje JAV (Weinstock J., 2013), Jungtinėje Karalystėje (Hirsch J. K., Chang E., 2018), Kanadoje (Cook, S., Turner, 2013) ir kt. valstybėse. Daugumos tyrėjų nuomone, patologinį potraukį azartiniams lošimams turi nuo 1 iki 2 proc. suaugusiųjų, tačiau tarp jaunimo šis skaičius gali būti kelis kartus didesni (Gupta ir Pinzon, 2012). Dėmesys buvo atkreiptas ir į atskiros jaunimo grupės – studentų - polinkį azartiniams lošimams. JAV mokslininkai McComb ir Hanson 2009 m. tyrinėjo azartinių žaidimų paplitimą Indianos valstijos universitetuose. Tyrimo metu paaiškėjo, kad lošimuose dalyvavo 52 proc. studentų vaikinių ir 33 proc. merginų. Tarp populiariausių studentų lošimų buvo minimos: kortos (28,1 proc.), lošimas kitais būdais (24,1 proc.), loterijos bilietai (15,3 proc.), bingo (7,4 proc.), kauliukai (9,6 proc.), internetiniai žaidimai (4,8 proc.) ir kt. (McComb, 2009).

Sociologinio tyrimo (2010) duomenimis iš Kanados Ontario provincijoje apklaustų 45200 studentų net 42,6 proc. buvo lošę azartinius žaidimus per paskutiniuosius 12 mėnesių. Vaikiniai labiau buvo linkę lošti nei merginos, atitinkamai 50,5 proc. ir 34,3 proc. apklaustųjų Labiausiai studentų tarpe paplitę azartiniai žaidimai – kortos (20,2 proc.), lošimas kitais būdais (18,8 proc.), loterijos bilietai (15,5 proc.), bingo (7,2 proc.), kauliukai (6,1 proc.) ir kt. (Cook, ir kt, 2010).

2012 m. atlikus Kinijos kolegijų iš Honkongo ir Makao universitetų studentų polinkio į azartinius lošimus tyrimą paaiškėjo, kad 86 proc. respondentų dalyvavo azartiniuose žaidimuose (Wu ir kt., 2012).

Atlikti tyrimai parodė, jog pagrįsde studentai lošia dėl pinigų (Perkins, 2008), taip pat dėl to, kad jiems įdomu, nori pabėgti nuo kasdienybės problemų, nesijaustų vieniši, sumažintų depresijos jausmą ar kitus nemalonius pojūčius, susirastų draugų ar būtų vienminčių draugijoje, atgautų praloštus pinigus ir kt. Kanados mokslininkai, 2007 m. tyrinėję 15 -17 metų paauglius, išskyrė pagrindines priežastis, skatinančias juos dalyvauti azartiniuose lošimuose - tai noras smagiai praleisti laiką (89,2 proc.) ir noras laimėti pinigų (70,3 proc.), taip pat noras rizikuoti (28,4 proc.), siekis patirti malonumą ar susijaudinimą (24,1 proc.). Dalis paauglių lošė dėl to, nes nenorėjo išsiskirti iš draugų (17,9 proc.), azartinius žaidimus matė per televizorių, todėl norėjo išbandyti žaidimus patys (8,6 proc.), žaisti pradėjo, nes matė, kad tą daro jų tėvai (4,1 proc.).

Apibendrintai vertinant paminėtų tyrimų rezultatus, galima konstatuoti, jog studentai azartinius žaidimus lošia įvairiose pasaulio kraštuose ir renkasi gana panašius lošimo būdus. Taip pat tyrėjų įvardytos lošimo priežastys rodo, kad lošimas, kaip socialinis reiškinys, visame pasaulyje vertinamas panašiai. Kita vertus, tokios lošimo priežastys kaip noras gauti pinigų, gerai praleisti laiką, atsiriboti nuo gyvenimo problemų gali lošimą paversti rimta jauno žmogaus problema, sukeliančia neigiamas pasekmes jiems patiems ir visuomenei.

Azartinių lošimų paplitimo studentų, kaip socialinės grupės, tarpe tyrimų Lietuvoje nėra. Bene vienintelis Lietuvoje tyrimas apie paauglių polinkį azartiniams lošimams buvo atliktas 2007 m. kurio metu nustatyta, kad 53,9 proc. visų paauglių bent kartą buvo lošę „Tele Loto“, o 36,8 proc. įvairiose loterijose. Taip pat 51,4 proc. paauglių buvo žaidę lošimo automatais ir 17,1 proc. kortomis (Skokauskas ir Statkevičiūtė, 2007). Paminėtinas Dž. Ruškytės (2017) atliktas tyrimas, kuriuo siekta atskleisti jaunimo, įsitraukusio į azartinius lošimus, patirtį ir atkreipti dėmesį į vis didėjančią visuomenės ir pačių lošėjų problemą (Ruškytė, 2017), taip pat Lietuvos sporto universiteto „Sportinės rekreacijos ir turizmo“ studijų programos studentų apklausa, kurios tikslas buvo iširti azartinių lošimų populiarumą šios aukštosios mokyklos studentų tarpe (Smilgys, 2014).

Informacijos apie Lietuvos paauglių polinkį azartiniams lošimams suteikia ir kai kurie tarptautiniai tyrimai. Pavyzdžiui, remiantis tarptautiniais 2015 m. ESPAD atliktais tyrimais, Lietuvoje 20,3 proc. 15–16 metų vaikinių per pastaruosius 12 mėnesių internete buvo lošę iš pinigų. Dažniausiai tai buvo statymai lažybų bendrovėse siekiant atspėti sporto varžybų rezultatus (ESPAD, 2015). Taip pat pagal užsienio tyrėjų 2017 m. atliktą lošiančių paauglių sistematinę analizę buvo nustatyta, kad Lietuvoje yra 4,2 proc. patologiškai lošiančių paauglių (Bulutaitė, Mockevičiaus, 2022:14).

Nuo azartinių lošimų priklausomybės kenčiantys jaunuoliai – taip pat kaip ir suaugę asmenys – labiau linkę pažeisti socialines normas, eksperimentuoti su psichoaktyviomis medžiagomis, pasižymi deviantiniu elgesiu, jų žemesni akademiniai pasiekimai, konfliktiniai santykiai su pedagogais ir draugais. Taip pat tokie jaunuoliai dažniau galvoja apie savižudybę negu jų bendraamžiai, neturintys problemų dėl lošimų (Skokauskas

ir Satkevičiūtė, 2007). Jei taikoma savalaikė pagalba ar gydymas, dažnai pavyksta susidoroti su problemomis, tačiau nesiimant priemonių, priklausomybė lošimui gali ilgainiui paveikti jaunuolio elgesį ir emocinę būseną. Norint padėti polinkį lošti turinčiam jaunimui, pirmiausiai reikia išsiaiškinti lošimų paplitimo mastą jų tarpe, labiausiai mėgstamas lošimų formas bei lošti skatinančius motyvacinius veiksnius. Tam gali pasitarnauti atliekami tyrimai apie azartinių žaidimų paplitimą jaunimo organizacijose bei mokymo įstaigose.

Tyrimo procesas, metodai ir instrumentas

Siekiant nustatyti azartinių lošimų, įskaitant dalyvavimą loterijose, paplitimą LIK studentų tarpe buvo atliktas kiekybinis tyrimas. Tyrimo objektas – azartiniai žaidimai studentų tarpe. Tyrime naudoti *duomenų rinkimo ir duomenų analizės metodai*. Remiantis literatūros apžvalga, buvo sudarytas klausimynas, skirtas LIK Inžinerinės pramonės ir technologijų fakulteto studijų programų 1-3 kurso studentams (žr. 1 priedą). Tyrimo instrumentą sudarė 20 uždarų klausimų. Tyrimo instrumento pagalba gauti duomenys apibendrinti apskaičiuojant procentinį atsakymų pasiskirstymą kiekvienam klausimui, matricos klausimuose išvesti teiginių vidurkiai.

Tyrimas atliktas 2024 metų rugsėjo 15 – spalio 2 dienomis internetinėje erdvėje, naudojant apklausų atlikimo ir apdorojimo platformą www.apklausa.lt, papildomam statistinių duomenų apdorojimui bei jų grafinam pateikimui naudota MS Excel 2021 programinė įranga. Buvo skaičiuojamas kiekvienas atsakymo nuomonės dažnis paverčiant jį procentine išraiška.

Iš viso buvo apklausti 211 respondentų (16,4 % visų LIK Inžinerinės pramonės ir technologijų fakulteto studentų). Apklausoje dalyvavo 54 proc. pirmo kurso studentų, antro kurso – 27 proc. ir trečio – 19 proc. studentų. Iš dalyvavusiųjų apklausoje 92 proc. buvo vaikinai ir 8 proc. – merginos. Pagal studentų gyvenamąją (iš kurio krašto atvyko studijuoti) vietą respondentai pasiskirstė taip: iš Vilniaus – 4 proc., Kauno, Klaipėdos, Šiaulių, Panevėžio – 54 proc., kitų Lietuvos miestų – 30 proc. ir kaimo – 12 proc.

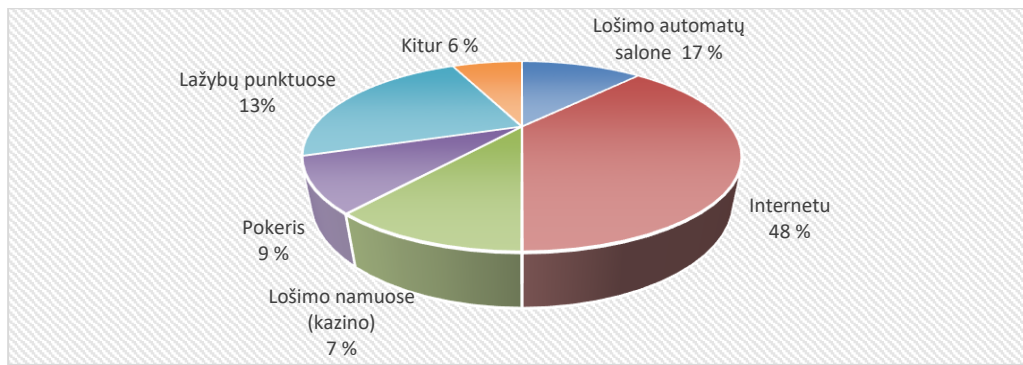
Tyrimo rezultatai: azartiniai lošimai ir loterijos

Atsakydami į anketoje pateiktą klausimą „Ar esate lošęs azartinius lošimus?, net 76 proc. Kolegijos studentų nurodė, kad juos yra lošę (24 proc. apklaustųjų šios praktikos neturi). Pastebėtina, kad 2014 metais atlikta Lietuvos sporto universiteto „Sportinės rekreacijos ir turizmo“ studijų programos 1 - 4 kursų studentų (toliau - LSU) analogiška apklausa parodė, kad azartiniuose lošimuose buvo dalyvavę 41 proc. šios mokymo įstaigos studentų (Smilgys, 2014: 24). Tai, kad LIK studentų dalyvavimo azartiniuose lošimuose aktyvumas didesnis nei LSU studentų tarpe, mūsų nuomone, galima paaiškinti tuo, jog LSU studentų tyrime dalyvavo 65 proc. moterų ir 35 proc. vyrų, kai tuo tarpu Kolegijos - 92 proc. vyrų ir tik 8 proc. moterų. Žinant, kad azartinius lošimus dažniau renkasi vyrai (pvz., 2023 m iš lošimuose dalyvavusiųjų Lietuvos gyventojų moterys sudarė tik 4 proc.), natūralu, kad Kolegijoje, kurioje dominuoja vyriškos lyties studentai yra didesnis ir šiuose lošimuose dalyvaujančiųjų studentų skaičius. Dešimties metų skirtumas tarp šių tyrimų taip pat turi įtakos LSU ir LIK atliktų apklausų rezultatams. Kita vertus, tyrimų rezultatų palyginimas netiesiogiai įrodo studentų susidomėjimo azartiniais lošimais per pastarąjį dešimtmetį augimo tendenciją.

Reikšminga tai, kad azartinius lošimus žaidžiančių LIK studentų dalis yra kelis kartus didesnė už šiuos žaidimus lošiančių Lietuvos gyventojų bendrą dalį (2023 m. yra lošę 12% gyventojų). Šis faktas suponuoja prielaidą, jog jaunimas, kaip socialinė grupė, yra labiau imlus šiai veiklai. Šią prielaidą iš dalies patvirtina ir Lietuvos gyventojų apklausos (2023 m.) rezultatai, parodę, kad dažniau yra linkę lošti jaunesni asmenys, pavyzdžiui, 18 -29 metų amžiaus grupėje lošimuose dalyvavo 25 proc. gyventojų, kai tuo tarpu 40-49 m. amžiaus grupėje – 9 proc. gyventojų (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:12).

Įdomu tai, jog dalyvaujančiųjų loterijose studentų dalis yra kur kas mažesnė nei azartiniuose lošimuose: tik 32 proc. respondentų patvirtino dalyvavimą loterijose, 66 proc. nurodė, kad jose nedalyvauja ir 2 proc. neatsakė į pateiktą klausimą. Toks studentų dalyvavimo loterijose aktyvumas iš dalies atspindi bendrą Lietuvos gyventojų, dalyvaujančių loterijose, dalį (2023 m. 45 proc. apklaustųjų Lietuvos gyventojų jose dalyvavo). Vienareikšmiai atsakyti, kodėl studentai pirmenybę teikia azartiniais lošimams sunku, tačiau darytina prielaidą, jog tokį pasirinkimą gali įtakoti didesnis jaunimo pomėgis žaisti internetinius žaidimus apskritai, mažesnė rizikos baimė patirti nesėkmę bei noras gauti didesnę atlygį. Kita vertus, manytina, kad aktyvesnis jaunimo dalyvavimas azartiniuose lošimuose nei loterijose keičia tradicinę lošimų rinkos struktūrą kai internetinėje erdvėje siūlomų lošimo paslaugų bei lošimo automatų įvairovė išstumia ilgus dešimtmečius dominavusias loterijas.

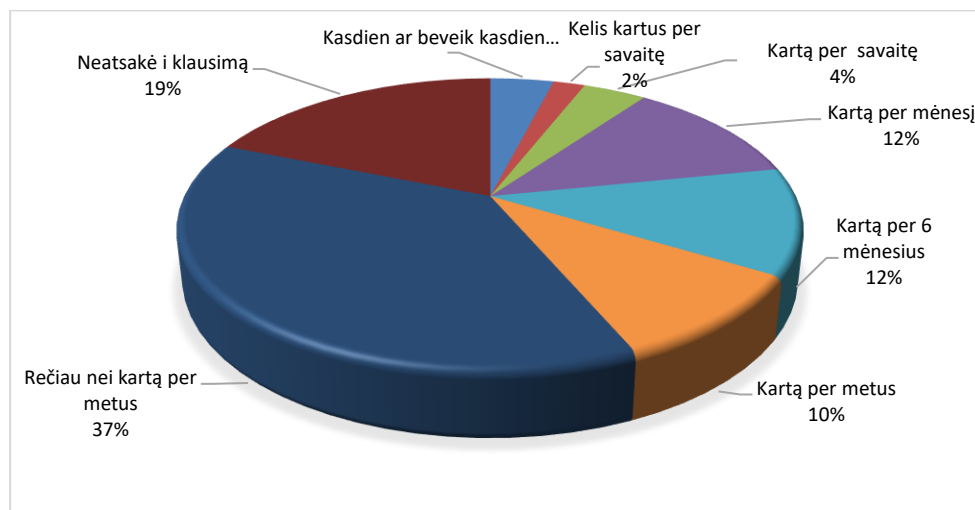
Studentai kaip populiariausią žaidimų vietą įvardino internetą, antroje vietoje - lošimo automatų salonus, trečioje – lažybų punktus. (1 pav.).



1 pav. Kokiose azartinių lošimų vietose dažniausiai lošiate?

Lyginant Kolegijos studentų atsakymus su analogiškų apklausų, atliktų per pastarąjį dešimtmetį, rezultatais, galima išvelgti Lietuvos gyventojų požiūrio į tradicines lošimų vietas kaitos tendencijas. Pavyzdžiui, 2014 m. Lietuvoje populiariausia lošimo vieta buvo lošimų automatų salonai (36 proc.), o internetą, kaip mėgstamiausią lošti vietą, nurodė 28 proc. gyventojų (Tikslinės grupės lošimų tyrimas 2014:11). Beje, 2014 m. tik 14 proc. LSU studentų šį lošimo būdą nurodė prioritetiniu. 2019 m. internetą pagrindine lošimų vieta pripažino jau 30 proc. apklausoje dalyvavusių Lietuvos gyventojų, o 2023 metais – 44 proc. (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:2). Taigi, akivaizdu, jog azartiniai lošimai vis labiau įsitvirtina internetinėje erdvėje, tuo pačiu keldami naujus iššūkius institucijoms, atsakingoms už visuomenės apsaugą nuo neigiamos azartinių lošimų įtakos. Lošimų nuotoliu populiarėjimas reikalauja atitinkamų teisinio reglamentavimo pokyčių, prevencinių priemonių bei metodų, ypač skirtų jaunimui ir nepilnamečiams.

Respondentų atsakymai į klausimą „Kaip dažnai lošiate azartinius lošimus?“ parodė, jog LIK studentų dalyvavimo lošimuose dažnis nevienodas (2 pav.).

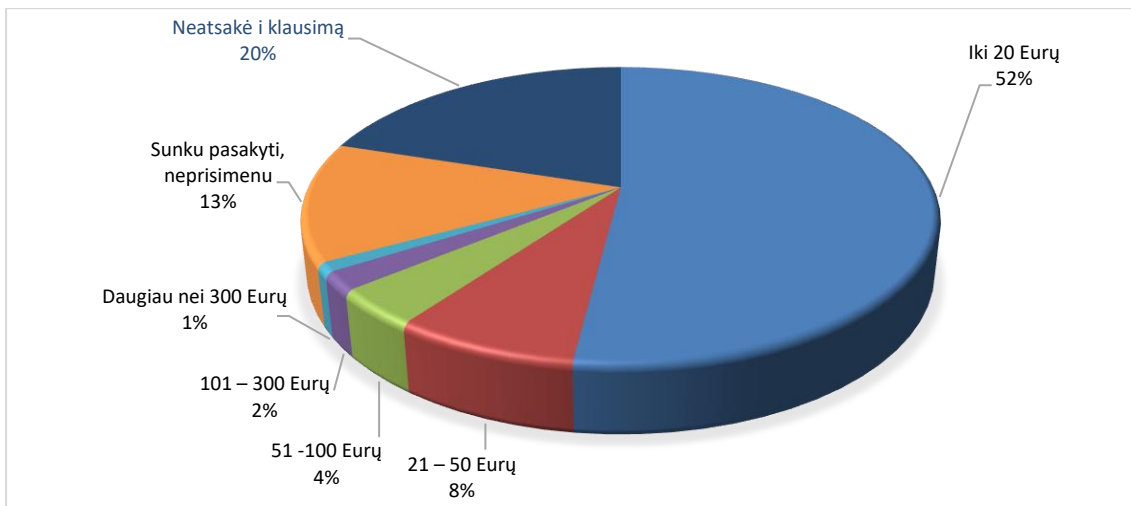


2 pav. Kaip dažnai lošiate azartinius lošimus?

Tyrimo rezultatai rodo, kad daugiau kaip pusė Kolegijos studentų (59 proc.) linkę lošti kartą per pusmetį ar dar rečiau. LIK studentų dalis, lošančių kasdien arba beveik kasdien yra dvigubai didesnė nei Lietuvos gyventojų (atitinkamai 4 proc. ir 2 proc.) dalis, tačiau Lietuvos gyventojų, lošančių kartą per savaitę (15 proc.) ir kartą per mėnesį (29 proc.), procentinė dalis yra didesnė nei studentų. Studentai buvo klausiami ir apie dalyvavimo loterijose dažnį: kartą per savaitę loterijos bilietus pirkė apie 1 proc. apklausoje dalyvavusių studentų, kartą per mėnesį – 5 proc., kartą per 6 mėnesius – 14 proc., kartą per metus – 12 proc. Pusė respondentų (50 proc.) loterijose dalyvavo rečiau kaip kartą per metus. Šie rezultatai tik patvirtina loterijų, kaip žaidimo būdo, populiarumo mažėjimą.

Apibendrintai galima teigti, kad LIK studentai neturi aiškiai išreikštos priklausomybės azartiniam lošimams. Kita vertus, negalima ignoruoti fakto, jog 10 proc. studentų lošia mažiausiai kartą per savaitę arba dažniau. Šiuos studentus galėtume priskirti *probleminiams* lošėjams, kurie, jeigu nekeis savo įpročių, ateityje gali tapti *patologiniais* lošėjais.

Vieno apsilankymo metu lošimų organizavimo vietoje ar lošdami internetu dažniausiai (52 proc.) studentų išleidžia iki 20 Eur (3 pav.)



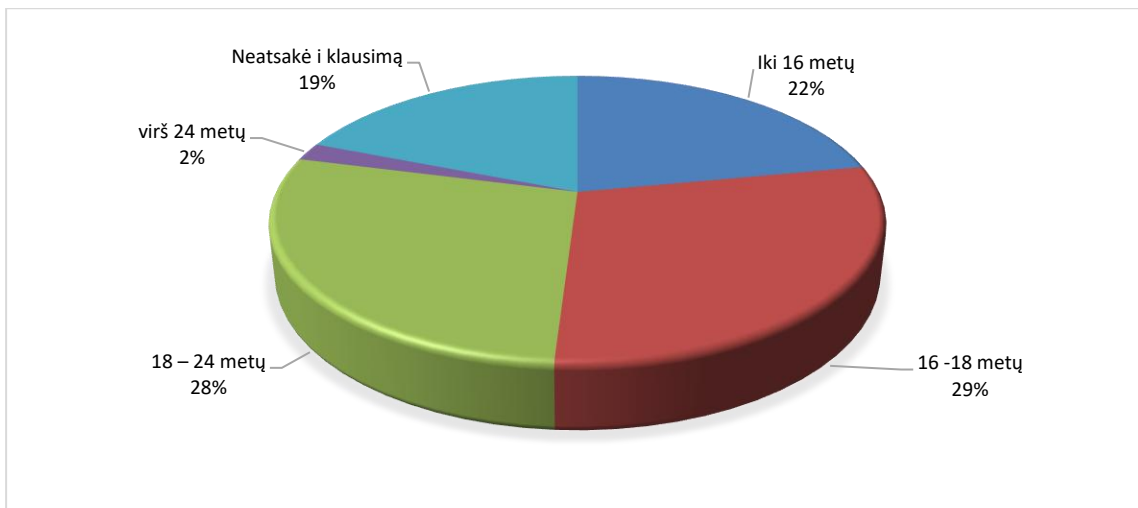
3 pav. Kiek vidutiniškai pinigų išleidžiate vieno apsilankymo lošimų organizavimo vietoje metu/ internete?

Palyginimui, Lietuvos gyventojai taip pat dažniausiai (34 proc.) vieno apsilankymo lošimo namuose metu išleidžia iki 20 Eur, tačiau, lyginant su studentais, kur kas daugiau jų (21 proc.) lošimams per kartą išleidžia 51 -100 eurų. Pastebėtina, jog tokią sumą 2022 m. lošimams išleido tik 8 proc. šalies gyventojų, kas rodo dalyvaujančiųjų lošimuose aktyvumo augimą. Išleidžiančių lošimui per vieną kartą nuo 101 iki 300 eurų studentų dalis praktiškai atitinka šią sumą išleidžiančią bendrą Lietuvos gyventojų dalį (3 proc.). Tai, kad išleidžiančių vieno lošimo metu iki 20 Eur studentų dalis yra didesnė nei kitų šalies gyventojų, dar neleidžia teigti, kad studentai atsakingiau įvertina lošimo riziką ir disponuoja savo pajamomis. Greičiau mažesnes išlaidas lemia siauresnis studentų biudžetas, o ne jų sąmoningumas ir atsakingas požiūris į šią veiklą. Nerimą turėtų kelti negausi, bet reikšminga priklausomybės nuo azartinių lošimų perspektyvoje studentų grupė, lošimams išleidžianti daugiau nei 100 Eur.

Pagal *Azartinių lošimų įstatymą* lankytis lošimo namuose (k kazino), kuriuose galimi lošimai lošimų stalais (ruletė, kortų lošimai) ir A kategorijos (neriboto išlošimo) lošimo automatais, lankytis B kategorijos (riboto išlošimo) lošimo automatų salonuose, lankytis antžeminiuose lažybų salonuose (juose siūloma įvairi lažybų pasiūla iš sporto įvykių, taip pat galimybė lažintis ir elektroniniais įrenginiais) bei nuo 2016 metų dalyvauti nuotoliniuose (internetiniuose) lošimuose gali asmenys nuo 18 arba nuo 21 metų, atsižvelgiant į lošimo rūšį. Taip pat nežiūrint to, jog dalyvavimas loterijose nėra draudžiamas, tačiau, siekiant sumažinti loterijų patrauklumą vaikams ir paaugliams, nuo 2020 metų Loterijų įstatyme nustatyta, kad atsiimti išlošimą ar laimėjimą gali tik asmenys nuo 16 metų. Taigi, apibendrintai galima sakyti, kad Lietuvos įstatymuose aiškiai įtvirtintas imperatyvas draudžiantis nepilnamečiams dalyvauti visų rūšių azartiniuose žaidimuose, o nepilnamečių dalyvavimas loterijose galimas tik su tėvų ar globėjų priežiūra.

Lošėjų amžiaus cenzą įtvirtinusių įstatyminių normų veiksmingumo kontekste labai svarbus veiksnys – amžius, nuo kurio studentai pirmą kartą pradėjo lošti šiuos žaidimus. Respondentų atsakymai į klausimą „Kokio amžiaus pabandėte lošti azartinius lošimus pirmą kartą (vienas atsakymas) ?“ parodė, jog didžioji dalis apklausoje dalyvavusių studentų „susipažino“ su azartiniais lošimais būdami dar nepilnamečiais (51 proc.), o iš jų 22 proc. - iki 16 metų. (4 pav.).

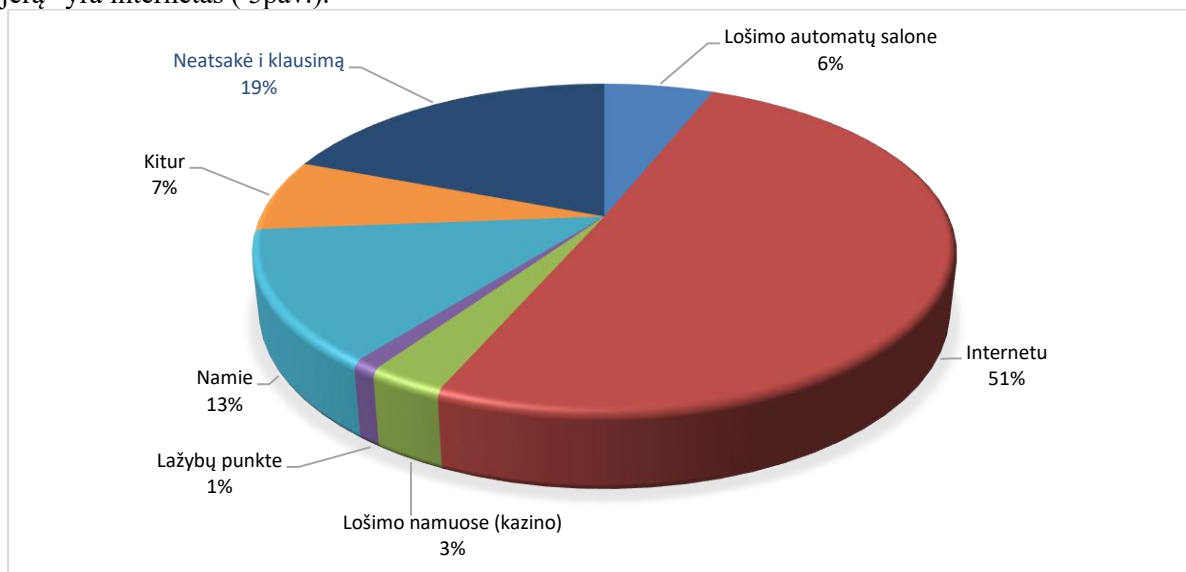
Lošimų priežiūros tarnybos duomenimis, 2023 m. būdami nepilnamečiais pradėjo lošti 18 proc. Lietuvos gyventojų, o nuo 18 iki 24 metų – 51 proc. (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:25). Taigi, didžioji Lietuvos gyventojų dalis (69 proc.) pradeda lošti būdami gana jauno amžiaus, t. y. iki 24 metų. Atkreiptinas dėmesys, kad LIK studentai pradeda lošti būdami nepilnamečiais kur kas dažniau nei Lietuvos gyventojai.



4 pav. „Kokio amžiaus pabandėte lošti azartinius lošimus pirmą kartą?“

Vienareikšmiai atsakyti, kas lemia gana ankstyvą studentų įsitraukimą į azartinius lošimus sunku, tačiau, manytina, jog viena iš priežasčių galėtų būti ta, kad šioje mokslo įstaigoje studijuoja išimtinai techninių specialybių studentai vaikinai, labiau susipažinę su informacinėmis technologijomis bei linkę daugiau rizikuoti. Vertinant tyrimo rezultatus *Azartinių lošimų įstatymo* veiksmingumo kontekste, darytina išvada, jog nustatyti ribojimai lošiančiųjų amžiui iš esmės neužkerta nepilnamečiams kelio į azartinių lošimų vietas, todėl reikėtų ieškoti veiksmingesnių prevencinių priemonių jaunimo apsaugai.

Studentų atsakymai į klausimą „Kokiose azartinių lošimų vietose lošėte azartinius lošimus pirmą kartą (vienas atsakymas) ?“ parodė, kad populiariausia žaidimų vieta, kurioje jaunuoliai pradėjo savo „lošėjo karjerą“ yra internetas (5 pav.).



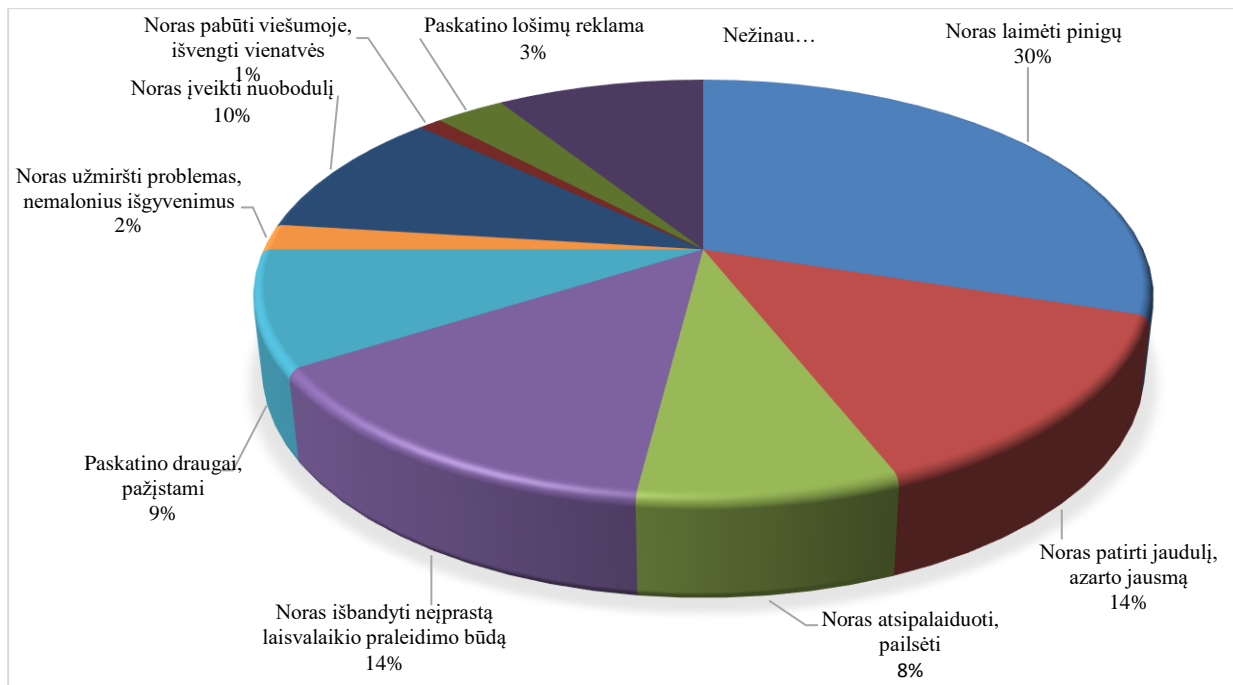
5 pav. Kokiose azartinių lošimų vietose lošėte azartinius lošimus pirmą kartą?

Lietuvoje lošimą pradedančių internetinėje erdvėje skaičius nuosekliai didėja: 2019 m. pirmą kartą lošti azartinius žaidimus internete pradėjo - 18 proc. Lietuvos gyventojų, 2021 m. – 24 proc., o 2023 m. – jau 34 proc. apklausose dalyvavusių gyventojų. Beje, Kolegijos studentai azartinių lošimų pradžia internetą rinkosi dažniau nei kiti šalies gyventojai.

Manytina, nuotolinio lošimo populiarumą lemia augantis jaunimo kompiuterinis raštingumas, susidomėjimas socialiniais tinklais ir pan. Pavyzdžiui, pastaruosiu metu ypač išaugo mobiliųjų technologijų įvairovė ir prieinamumas (išmanieji telefonai, planšetiniai kompiuteriai, nemokamas belaidis ryšys), leidžiantis paaugliams nekontroliuojamai naršyti įvairiose internetinėse svetainėse, kuriose siūlomi žaidimai, nereikalaujantys jokių specialių žinių, gali neribotam laikui pritraukti žaidžiančiųjų dėmesį ir taip sudaryti palankias sąlygas įsitraukti į azartinius lošimus. Kita vertus, vartotojus lošti internetu gali „paskatinti“ valstybės negebėjimas efektyviai kontroliuoti šio lošimo būdo teisinėmis priemonėmis. Pavyzdžiui, Lietuvoje lošimai internetu buvo įteisinti 2016 m. ir šiuo metu 7 bendrovės turi licencijas

organizuoti šiuos lošimus. Tačiau greta legalių lošimo paslaugų egzistuoja ir nelegalios paslaugos, dažniausiai siūlomos iš užsienio valstybių. Teisinėmis priemonėmis užkirsti kelią tokiems lošimams yra labai sunku. Kita vertus, organizuoti azartinius lošimus namuose, viešosiose įstaigose yra draudžiama, tačiau praktika rodo, kad tokia veikla mažai kontroliuojama.

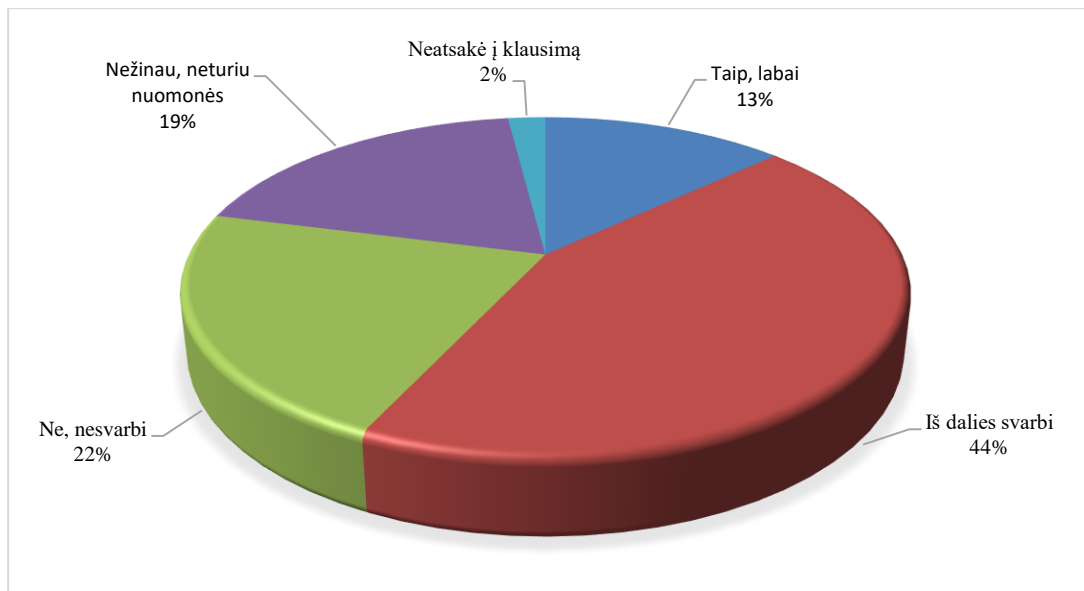
Siekiant sukurti efektyvią apsaugos nuo neigiamos azartinių lošimų įtakos prevencinių priemonių sistemą, svarbu nustatyti priežastis, skatinančias jaunimą pradėti lošti. Tuo tikslu studentams buvo pateiktas klausimas: „Kas jus skatina dalyvauti lošimuose? (galimi keli atsakymai)“ (6 pav.).



6 pav. Kas jus skatina dalyvauti lošimuose?

Studentai nurodė šias pagrindines noro lošti priežastis: galimybė laimėti pinigų, lošimo suteikiamas jaudulys, noras išbandyti naują laisvalaikio praleidimo būdą, draugų ar pažįstamų paskatinimas, noras įveikti nuobodulį, užmiršti problemas ir nemalonius išgyvenimus ir kt. Paminėtos priežastys beveik nesiskiria nuo tų, kurias įvardija Lietuvos bei kitų valstybių lošimuose dalyvaujantys asmenys. Pagrindinis motyvas lošti beveik visur tas pats – materialinio atlygio tikėjimas, kai mažomis sąnaudomis galima laimėti didelę pinigų sumą: 56 proc. Lietuvos gyventojų jį nurodė kaip pagrindinį (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:31). Visgi, reikia pastebėti, kad studentams lošimas – tai ne tik siekis gauti atlygį, bet ir vienas iš socializacijos būdų - padeda susirasti draugų, atsipalaiduoti, išvengti nuobodulio, taip pat jis padeda pabėgti nuo kasdienių problemų, pagerinti slogią nuotaiką ar kovoti su vienatve. Neigiamo azartinių lošimų poveikio jaunimui mažinimo kontekste, veiksniai, susiję su studentų bendravimu, saviraiškos ar savirealizacijos poreikiais, galėtų tapti orientyru mokymo įstaigoms ieškant efektyvių priemonių užkardyti studentų įsitraukimą į azartinius lošimus, pavyzdžiui, įtraukiant studentus į kultūrinius, sporto ar visuomeninius renginius, kuriuose jie galėtų aktyviau bendrauti tarpusavyje ar realizuoti savo gebėjimus.

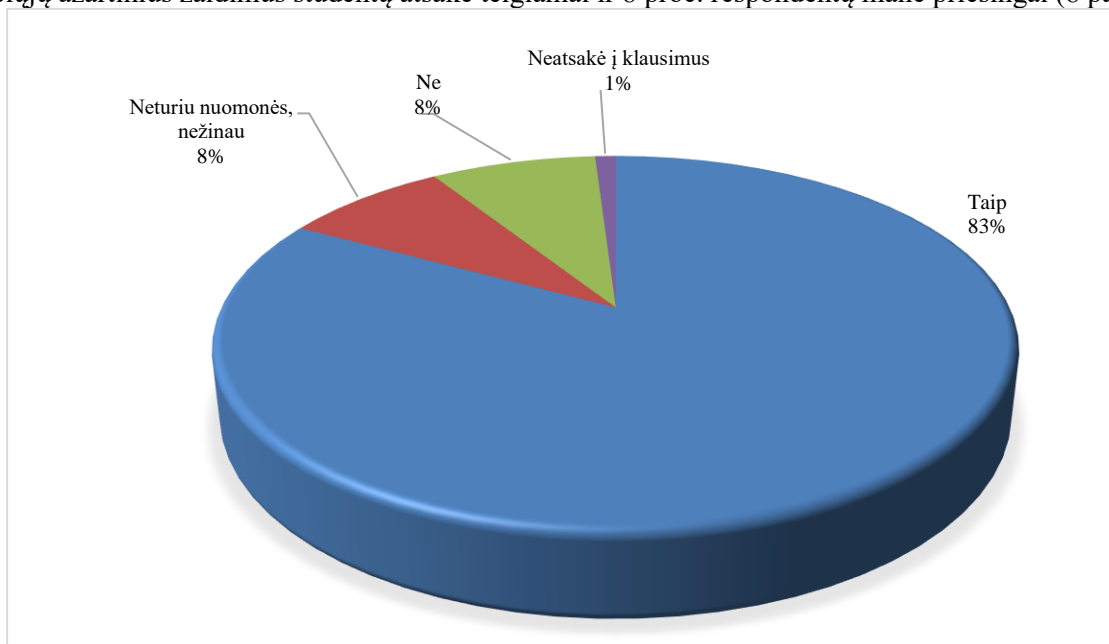
Tyrimo metu studentams buvo pateikti keli klausimai, susiję ne su jų asmenine patirtimi azartiniuose lošimuose, bet su jų požiūriu į azartinių lošimų veiklą apskritai, galimas jos pasekmes individui ir visuomenei. Respondentams buvo pateiktas klausimas „Ar azartinių lošimų verslo sritis yra svarbi valstybės ekonomikai (sumokėti mokesčiai į valstybės biudžetą, darbo vietų sukūrimas, kt.)?“ – šį klausimą turėjo atsakyti lošimuose dalyvaujantys ir juose nedalyvaujantys studentai (7 pav.).



7 pav. Ar azartinių lošimų verslo sritis yra svarbi valstybės ekonomikai (sumokėti mokesčiai į valstybės biudžetą, darbo vietų sukūrimas, kt.)?

Daugiau kaip pusė (54 proc.) respondentų pripažįsta azartinių lošimų rinkos didesnę ar mažesnę svarbą valstybės ekonomikai, 22 proc. galvoja, kad ši veikla įtakos nedaro, o 19 proc. apie tai neturi nuomonės. Toks požiūrių skirtumas (arba nuomonės neturėjimas) gali būti traktuojamas dalies studentų menku domėjimusi valstybės vykdomos ūkinės veiklos procesais ir objektyvios informacijos apie lošimų rinką viešoje erdvėje trūkumu.

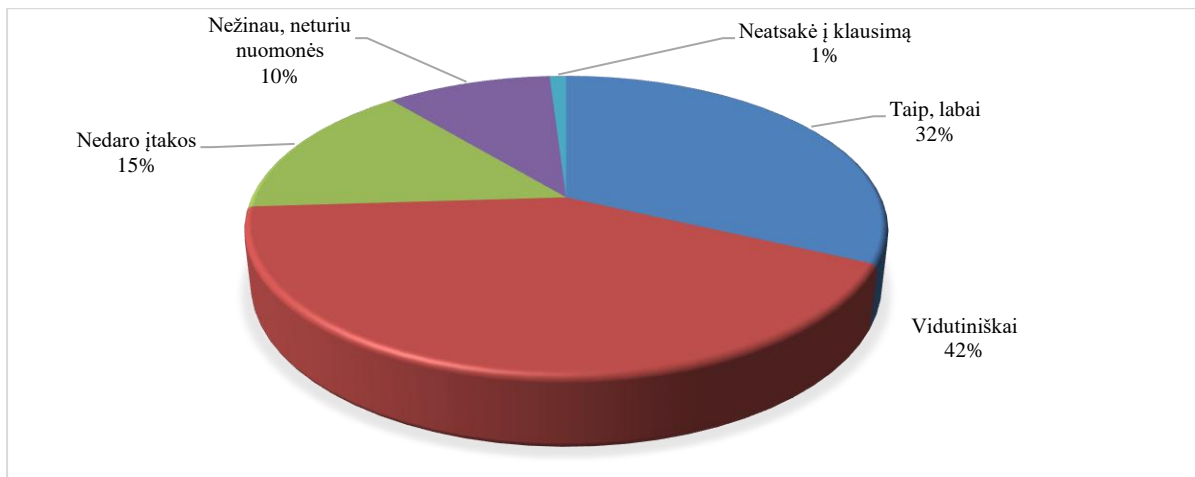
Į klausiamą „Ar azartiniai lošimai, Jūsų manymu, gali sukelti priklausomybę šiai veiklai?“ 83 proc. lošiančiųjų azartinius žaidimus studentų atsakė teigiamai ir 8 proc. respondentų manė priešingai (8 pav.)



8 pav. Jūsų manymu, ar azartiniai lošimai gali sukelti priklausomybę (šiai veiklai)?

Toks studentų požiūris į galimas šios veiklos pasekmes praktiškai sutampa su visuomenėje vyraujančiu požiūriu. Tai, kad absoliuti Lietuvoje gyvenančių žmonių dalis laikosi vieningos nuomonės šiuo klausimu, leidžia tikėt, kad vis daugiau žmonių suvokia azartinių lošimų neigiamą poveikį. Pavyzdžiui, 2020 m. pripažįstančių, kad šie lošimai gali sukelti priklausomybę buvo 76 proc. gyventojų, o 2023 m. - 83 proc.

Į klausimą „Ar lošimų reklama daro įtaką asmens apsisprendimui lošti?“, trečdalis respondentų pripažino, kad reklamos įtaka yra labai didelė, 42 proc. – vidutinė, o 15 proc. respondentų įsitikinę, kad asmens apsisprendimui lošti reklama jokios įtakos nedaro (9 pav.).

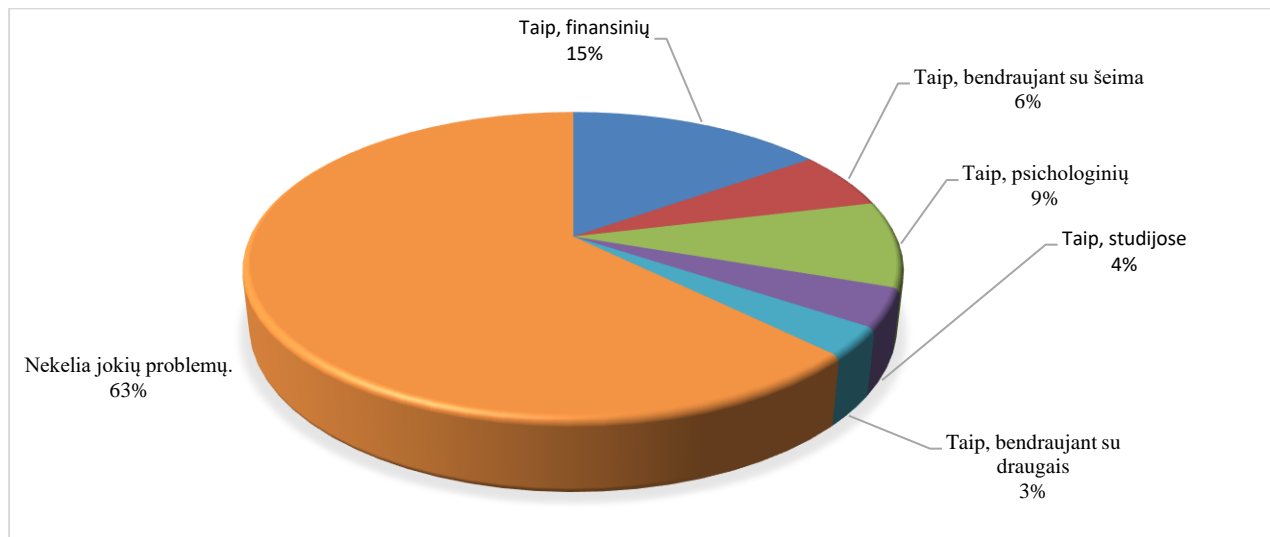


9 pav. Ar lošimų reklama daro įtaką asmens apsisprendimui lošti

Vertindami azartinių lošimų reklamos vaidmenį 58 proc. studentų pritartų jos uždraudimui, 19 proc. mano, kad jos galėtų būti mažiau ir tik 2 proc. norėtų jos matyti daugiau. Beje, 21 proc. apklaustųjų šiuo klausimu nuomonės neturėjo.

Taigi, vertindami studentų atsakymus apie azartinių lošimų rinkos vietą valstybėje, reklamos vaidmenį asmens apsisprendimui lošti ir galimas lošimų pasekmes, apibendrintai galima sakyti, kad dauguma studentų supranta azartinių lošimų verslo įtaką ekonomikai bei galimą lošimų neigiamą poveikį asmeniui, gana kritiškai vertina lošimų reklamos vaidmenį ir jos galimą poveikį asmens apsisprendimui dalyvauti lošimuose. Kita vertus, ne maža studentų dalis, neturinti šiais klausimais nuomonės arba negebanti kritiškai vertinti situacijos, atskleidžia nepakankamą jaunimo informuotumą, kuris galėtų būti gerinamas mokymo įstaigose efektyviau plėtojant švietėjišką veiklą.

Siekiant išsiaiškinti, kokį poveikį lošimas daro studentams, respondentams buvo pateiktas klausimas: „Jūsų manymu, ar lošimas jums kelia problemų? (galimi keli atsakymai)“ (10 pav.).



10 pav. Jūsų manymu, ar lošimas jums kelia problemų?

Daugumos studentų įsitikinimu (63 proc.) dalyvavimas lošimuose jokios neigiamos įtakos jiems nedaro. Didžioji dalis Lietuvos lošiančiųjų (78 proc.) tvirtino tą patį, o tarp problemų dažniausiai buvo įvardijamos finansinės (16 proc.), bendravimo su šeima (9 proc.) ir psichologinės (7 proc.) problemos (Lietuvos gyventojų apklausa, 2023:3). Tai, kad ne maža dalis studentų lošimo nesieja vien tik su siekiu pasipelnyti ir ši veikla nesukelia jiems problemų leidžia juos priskirti *socialinių* lošėjų grupei, kuriems šis užsiėmimas labiau yra pramogos forma, o išlošimas gali būti suvokiamas kaip maloni papildoma premija sėkmės atveju. Siekiant, kad azartiniai lošimai visuomet liktų tik atsakingos pramogos dalimi, labai svarbu išlaikyti aiškias dalyvavimo lošime ribas, remiantis laiko, pinigų ir emocijų kriterijais. Kita vertus, negalima atmesti tikimybės, kad studentai, lošiantys dėl noro laimėti pinigų ir ne rečiau kaip kartą per savaitę galėtų būti priskirti *profesionalių ar probleminių* lošėjų grupėms, kurių nariai nesugeba išlaikyti „saugaus“ dalyvavimo lošimuose ribų, todėl

lošimui naudoja, priešingai nei pramogų lošėjai, lėšas, skirtas ne pramogai ar laisvalaikiui (nes dažniausiai šis išteklius jau būna išnaudotas), o buitiniams poreikiams patenkinti, kas anksčiau ar vėliau sukelia atitinkamas problemas. Reikėtų pripažinti, kad studentų dalis, įvardijusi lošimo jiems keliamas finansines, psichologines ar bendravimo su aplinkiniais problemas, yra pakankamai skaitlinga ir dėl to reikalaujanti atitinkamo dėmesio bei pagalbos.

Išvados

1. Azartiniai lošimai – tai pramoga ir viena iš poilsio formų. Tačiau tai specifinė tiek savo pobūdžiu, tiek galimu poveikiu visuomenei veikla, skatinanti priklausomybės nuo azartinių lošimų riziką. Mokslo doktrinoje priklausomybė nuo azartinių lošimų dažniausiai apibrėžiama per patologinio potraukio azartiniam lošimams sąvoką, kurią mokslas aiškina kaip psichikos sutrikimą. Lošimų priklausomybė priskiriama prie impulsų kontrolės sutrikimų, pasireiškiančių kompulsyviu lošimu, trukdančiu asmeniui funkcionuoti visuomenėje, darbe, šeimoje.

2. Lietuvoje loterijos atskirtos nuo azartinių lošimų, priešingai negu daugelyje Europos Sąjungos šalių, kur jos laikomos azartiniais lošimais. Daugelis tyrėjų akcentuoja, kad dalyvavimas loterijose gali būti pradžia, pereinant prie kitų azartinio lošimo rūšių, ypač vaikų ir paauglių tarpe. Loterijų neigiamą poveikį visuomenei liudiję tyrimų rezultatai, rodantys, kad 80 proc. Lietuvos gyventojų dalyvavimo loterijose pagrindiniu motyvu laiko norą laimėti pinigų ar daiktinį prizą.

3. Atlikus LIK Inžinerinės pramonės ir technologijų fakulteto studentų reprezentatyvios apklausos analizę nustatyta, kad azartinių lošimų paplitimas LIK studentų tarpe iš esmės atspindi bendrą Lietuvos gyventojų pomėgį dalyvauti šioje veikloje. Tačiau LIK studentus dalyvauti lošimuose motyvuoja ne tik siekimas pelno (nors šis motyvas yra pagrindinis), bet ir socialiniai veiksniai: noras atsipalaiduoti, gerai praleisti laiką ir kt. LIK studentai, neturėdami 16 metų ar būdami nepilnamečiais, dažniau nei kiti Lietuvos gyventojai, pabandė lošti azartinius žaidimus. Taip pat studentai kur kas dažniau lošia internete nei kiti gyventojai. Studentų dalis, įvardijusi lošimo jiems keliamas finansines, psichologines ar bendravimo su aplinkiniais problemas, yra pakankamai skaitlinga ir dėl to reikalauja atitinkamo dėmesio bei pagalbos.

Literatūra

1. Arasimavičius M. Neigiamos azartinių lošimų įtakos visuomenei šalinimo teisinės problemos. *Jurisprudencija. Mokslo darbai* 2008 3(105), p. 96–104
2. Azartiniai lošimai ir loterija. Rerezentatyvi Lietuvos gyventojų apklausa. Lošimų priežiūros tarnyba, 2023 m. Prieiga per internetą: https://lpt.lrv.lt/media/viesa/saugykla/2024/1/fKgif_jcXQA.pdf
3. Bulotaitė L., Mockevičiaus O. Azartinių lošimų prevencija: metodinė priemonė. Nacionalinė švietimo agentūra. Vilnius, 2022.
4. Calado F. Griffiths M. D. (2016). Problem gambling worldwide: An update and systematic review of empirical research (2000–2015). *Journal of Behavioral Addictions*. Volume 5, Issue
5. Cook, S., Turner, N., Paglia-Boak, A., Adlaf, E. M., Mann, R. E. (2010) Ontario Youth gambling report: Data from the 2009 Ontario student drug use and health survey. Problem gambling. Institute of Ontario. Fong T. W. (2013). Pathological gambling in adolescents no longer child's play. In *Adolescent Psychiatry* Ed.by.
6. ESPAD (The European school survey project on alcohol and other drugs) 2015 Tyrimas apie alkoholio ir kitų narkotikų vartojimą: pagrindiniai rezultatai (2016)
7. Gupta, R. ir Pinzon, J. L. (2012). Gambling in Children and Adolescents. *Paediatr Child Health*, 17(5), 1–6. Prieiga per internetą: [file:///C:/Users/LEU/Downloads/gambling-childrenadolescents%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/LEU/Downloads/gambling-childrenadolescents%20(2).pdf).
8. Hirsch J. K., Chang E. C., Kelliher R. J. (2018) A Positive Psychological Approach to Suicide. Springer International Publishin
9. Lois T. Flaherty. The Analytic Press.
10. Lietuvos Respublikos azartinių lošimų įstatymas. *Valstybės žinios*, 2001-05-23, Nr. 43-1495
11. Lietuvos Respublikos loterijų įstatymas. *Valstybės žinios*, 2003-07-23, Nr. 73-334
12. McComb, J. L., Hanson, W. E. (2009). Problem Gambling on College Campuses. *NASPA Journal*, 46(1)
13. Navaitis G., Indrašienė V., Merfeldaitė O., Railienė A., Prakapas R., Jegelavičienė V. (2017). Tyrimo „Azartinių lošimų paplitimas Lietuvoje ir jų poveikis socialinei gerovei“ ataskaita.
14. Ruškytė Dž. Jaunimo domėjimasis azartiniais lošimais ir įsitraukimo į lošimus būdai. *Socialinis ugdymas*. 2017, t. 46, Nr. 2, p. 103–116
15. Skokauskas N., Satkeviciute R. (2007). Adolescent pathological gambling in Kaunas, Lithuania. *Nordic Journal of Psychiatry*, p. 86–91

16. Smilgys E. Azartinių žaidimų populiarumas studentų tarpe. Bakalauro baigiamasis darbas. LSU, 2014. <https://www.google.com/search?q=Smilgys+E.+Azartini%C5%B3+%C5%BEaidim%C5%B3+populiarumas+student%C5%B3+tarpe>.
17. Tikslinės grupės lošimo įpročių tyrimas. Lošimų priežiūros tarnyba, 2014, p.11 Prieiga per internetą <https://lpt.lrv.lt/lt/konsultacijos-ir-apklauso/tyrimai-ir-apklauso/>
18. Weinstock J., Massura C. E., Petry N. M. (2013). Professional and pathological gamblers: Similarities and differences. *Journal of Gambling Studies*, 29(2)
19. White, M. A., Mun, P., Kauffman, N., Whelan, C., Regan, M. (2007). Teen Gambling in Ontario: Behaviour and Perceptions Among 15 to 17 years - olds. (Responsible Gambling Council). Ontario.
20. Wu, A. M. S., So-kum Tang, C. (2012) Problem gambling of chinese college students: application of the theory of planned behavior. *J Gambl Stud*, 28(2), 315-24.

STUDENT PARTICIPATION IN GAMBLING: A CASE ANALYSIS OF THE KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

Summary

In modern society, gambling is rapidly spreading, new ways of gambling are emerging in the online space. More and more young people and minors are starting to gamble. Higher education students are becoming more active participants in gambling. However, Lithuania still lacks research on gambling that would reveal the extent of it as well as prevalence of addiction from it. There is also a lack of comparative research that would allow for a more accurate assessment of the prevalence of gambling or its types in various social groups, for example, among academic youth.

The article presents data from a representative survey of students of the Faculty of Industrial Engineering and Technology of Kaunas University of Applied Engineering Sciences (September-October 2024), which are compared with the results of surveys of the Lithuanian population conducted by the Gambling Control Authority.

The study showed that the prevalence of gambling among Kaunas University of Applied Engineering Sciences students largely reflects the general interest of the Lithuanian population in participating in this activity. However, students are motivated to participate in gambling not only by the pursuit of economic profit, but also by social factors: the desire to relax, have a good time, etc. A significantly larger proportion of students began gambling as minors than the population of the country, and students also gamble online more often than other residents.

Key words: gambling, gambling addiction, problem gamblers.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas

Mokslų laipsnis ir vardas: mokslų daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Mechanikos ir statybos inžinerijos studijų krypties programų docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: kestutis.vitkauskas@lik.tech

Autoriaus vardas, pavardė: Jolita Bučelienė

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras, lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Lietuvos inžinerijos kolegija, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: edukacinės technologijos, edukologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 610 26927, jolita.buceleiene@lik.tech

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: : Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, associate professor of the Study Areas of Mechanical and Construction Engineering

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: kestutis.vitkauskas@lik.tech

Author name, surname: Jolita Bučelienė.

Science degree and name: master degree, lecturer

Workplace and position: Lietuvos Inžinerijos Kolegija Higher Education Institution, lecturer of Aircraft Maintenance Engineering study programme

Author's research interests: educational technologies, educology.

Telephone and e-mail address: 8 610 26927, jolita.buceleiene@lik.tech

ISSN 2029-9303
ISSN 2783-6215

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2024 Nr. 2

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 181 psl. Parengimo spaudai data 2024-12-27 Išleido
Lietuvos inžinerijos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.lik.tech
El.p. info@lik.tech