

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215



KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJA
KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

**INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS
TECHNOLOGIJOS**

Mokslinių straipsnių žurnalas

**ENGINEERING AND EDUCATIONAL
TECHNOLOGIES**

Scientific journal

Kaunas, 2023

Vyriausioji redaktorė Doc. Dr. Lina Girdauskienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Mokslinė sekretorė Doc. Dr. Giedrė Adomavičienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Socialiniai mokslai/ Social Sciences
Vykdančioji redaktorė Doc. Dr. Esmeralda Štyps <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Redaktorių kolegija/Editorial Board:	
Doc. Dr. Jurgita Barynienė <i>Kauno technologijos universitetas/ 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>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (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, <i>Rygos technikos universitetas/Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Dr. Viktors Gutakovskis <i>Rygos technikos universitetas/Riga Technical University (Latvija/Latvia)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Ernestas Ivanauskas <i>Kauno technologijos universitetas/ 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 <i>Vilniaus universitetas/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>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Doc. Dr. Vytenis Naginevičius <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences
Doc. Dr. Rosita Norvaišienė <i>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (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>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (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>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (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>Kauno technikos kolegija/ Kaunas University of Applied Engineering Sciences (Lietuva/Lithuania)</i>	Technologijos mokslai/ Technological Sciences

Leidiny s įrašytas į **LMT patvirtintų leidinių sąrašą**

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

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

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

Redakcijos adresas:

VšĮ Kauno technikos kolegija

Tvirtovės al. 35, LT- 50155 Kaunas

Tel./faks. (8 37 308620)/(8 37 333120)

El. p. ktk@ktk.lt

<http://www.ktk.lt>

Address:

Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Tvirtovės av. 35, LT- 50155 Kaunas

Phone./fax. (+370 37 308620)/(+370 37 333120)

E-mail. ktk@ktk.lt

<http://www.ktk.lt>

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

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

© Kauno technikos kolegija, 2023

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215

REDAKTORIAUS ŽODIS

Gerbiami skaitytojai ir kolegos,

mokslinių straipsnių žurnalo “Inžinerinės ir edukacinės technologijos” redkolegija pristatydamą Jums 2023 metų antrąjį numerį, džiaugiasi, jog šį kartą į Jūsų rankas patenka gana plataus spektro mokslinių publikacijų leidinys.

Trisdešimt aštuoniuose 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

Socialinių mokslų dr Lina Girdauskienė

TURINYS

ARCHITEKTO DR. STASIO KUDOKO PROJEKTUOTŲ PASTATŲ IŠORINIŲ ATITVARŲ, STOGŲ, LANGŲ, BALKONŲ, LAIPTŲ BŪKLĖS TYRIMAS.....	8
Lolita Dalbokaitė Kauno technikos kolegija	
PRAMONINIO PASTATO PAMATO IR PAGRINDO SAŪVEIKOS ANALIZĖ	20
Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius Kauno technikos kolegija	
SPORTO PASKIRTIES PASTATO STOGĄ LAIKANČIŲ KONSTRUKCIJŲ IR DENGINIŲ DERINIŲ RACIONALIAUS SPRENDINIO NUSTATYMAS, TAIKANT DAUGIAKRITERINĮ VERTINIMĄ IR REZULTATŲ SINTEZĘ	28
Violeta Medelienė Kauno technikos kolegija	
HIDROTECHNIKOS STATINIŲ KONSTRUKCIJŲ BETONO STIPRIO, VANDENS ĮGĖRIO IR TANKIO TYRIMAI.....	35
Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius Kauno technikos kolegija	
BETONINIŲ GRINDŲ DANGŲ PROJEKTINIŲ IR TECHNOLOGINIŲ SPRENDINIŲ TINKLINIS MODELIS IR ALTERNATYVIŲ VARIANTŲ NUSTATYMAS.....	41
Violeta Medelienė Kauno technikos kolegija	
ANALYSIS OF STRUCTURE WEAR IN AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT	46
Jūratė Mockienė, Loreta Inokaitytė Kaunas University of Applied Science	
ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WOODEN ELEMENT CONNECTIONS ON THE FIRE RESISTANCE OF STRUCTURES	54
Jūratė Mockienė Kaunas University of Applied Engineering Science	
LIETUVOS MIŠKŲ IR JUOSE SAUGOMŲ AUGALŲ BEI GYVŪNŲ RŪŠIŲ APSAUGOS IŠŠŪKIAI.....	60
Kęstutis Vitkauskas Kauno technikos kolegija	
NEARDOMOSIOS KONTROLĖS METODŲ, TAIKOMŲ ORLAIVIO RATLANKIO PATIKRAI, PARINKIMAS	71
Julius Stanionis, Valdas Speičys DAT LT, Kauno technikos kolegija	
SAULĖS JĖGAINĖS ENERGETINIO EFEKTYVUMO IR IŠORINIŲ VEIKSNIŲ SAŠAJOS VERTINIMAS	78
Darius Juodvalkis Kauno technikos kolegija	
DEVELOPMENT OF A VEHICLE MODEL FOR DRIVERLESS SYSTEM SIMULATIONS.....	83
Tomas Liutkus Kauno technikos kolegija	
ELEKTRINIŲ AUTOMOBILIŲ ĮKROVIMAS GREITO KROVIMO STOTELĖSE: AUTOMOBILIO BMW i3 ATVEJO STUDIJA.....	90
Darius Juodvalkis, Marius Mažeika Kauno technikos kolegija	
TARŠOS MAŽINIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS VAŽIUOJANT HIBRIDINIŲ AUTOMOBILIŲ MIESTO KELIAIS.....	96
Darius Juodvalkis, Andrius Dargužis Kauno technikos kolegija	

PADANGŲ PIROLIZĖS ALIEJAUS TEPUMO SAVYBIŲ TYRIMAS	101
Tomas Mickevičius Kauno technikos kolegija	
COMPARISON ANALYSIS OF AUXETIC STRUCTURES	105
Esmeralda Štyps Kaunas University of Applied Engineering Sciences	
TEMPIAMO STRYPO POSLINKIŲ SKAIČIAVIMAS ANALITINIŲ IR SKAITINIŲ METODAIS	112
Jurijus Tretjakovas ^{1,2} , Aleksandras Vika ² , Vitalijus Rudzinskas ¹ ¹ Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ² Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija	
CILINDRINĖS PLEIŠTAVIETĖS ĮTAKA VELENO SKERSPĖJŲ INERCIJOS MOMENTAMS.....	117
Jurijus Tretjakovas ^{1,2} ¹ Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ² Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija	
SPIRALINIS DROSELIS HIDRAULINIAM STIPRINTUVUI	122
Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius Kauno technikos kolegija	
SIURBLIO SU SPIRALINIŲ STŪMOKLIŲ KONSTRUKCIJOS FUNKCIONALUMO TEORINIS IR EKSPERIMENTINIS TYRIMAS	127
Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius Kauno technikos kolegija	
SUVIRINIMO LANKO STABILUMO ĮTAKOS SMEIGĖS SUVIRINTO SUJUNGIMO KOKYBEI TYRIMAS	132
Donata Putnaitė, Andrius Kozlovas Kauno technikos kolegija	
ANOMALIŲ APTIKIMAS REMIANTIS PAKETŲ IR SRAUTO ANALIZĖ INTERNETO MAINŲ KOMPIUTERINIŲSE TINKLUOSE	141
Vsevolod Kapustin Vilniaus Gedimino technikos universitetas	
TVARUS ŠVIETIMO INSTITUCIJOS IR VERSLO BENDRADARBIAVIMAS: KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS ATVEJIS	160
Lina Girduškienė Kauno technikos kolegija	
STUDENTŲ ĮSITRAUKIMO Į MIŠRIŲ BŪDŲ ORGANIZUOJAMAS STUDIJAS VEIKSNIAI: KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS STUDENTŲ NUOMONĖ	165
Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė Kauno technikos kolegija	
EDUKACINIŲ TECHNOLOGIJŲ SKIRTŲ PERSONALIZUOTAM MOKYMUI VERTINIMAS	171
Lina Girduškienė Kauno technikos kolegija	
PEDAGOGŲ SKAITMENINĖS KOMPETENCIJOS SVARBA UGDYMO PROCESĖ.....	175
Romualdas Gedvilas Kauno technikos kolegija	
INŽINERINIŲ STUDIJŲ STUDENTŲ MOKYMOSI MOTYVACIJOS ANALIZĖ	181
Audrius Čereška ^{1,2} , Svetlana Toropovienė ² , Roma Alekniene ² ¹ Vilniaus Gedimino technikos universitetas, ² Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija	
KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS ORGANIZACIJOS KLIMATO VERTINIMAS STUDENTŲ POŽIŪRIU	189
Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučelienė Kauno technikos kolegija	

BAIGIAMŲJŲ DARBŲ RENGIMO PROCESO VERTINIMAS Į STUDENTŲ ORIENTUOTŲ STUDIJŲ KONTEKSTE	200
Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė Kauno technikos kolegija	
LYDERIO SAVYBIŲ IR VADOVAVIMO STILIAUS SAŠAJŲ RAIŠKA: X ORGANIZACIJOJE ATVEJO ANALIZĖ.....	208
Regina Motienė Kauno technikos kolegija	
STRATEGINIŲ ELEMENTŲ IR PSICHOLOGINIŲ VEIKSNIŲ STRATEGINIUOSE ŽAIDIMUOSE TYRIMAS: TARPDISCIPLININĖ ANALIZĖ.....	214
Paulius Jurgelis, Jurij Tekutov SMK Aukštoji mokykla, Klaipėdos valstybinė kolegija, Klaipėdos universitetas, Lietuvos verslo kolegija	
MODELIAVIMO PRIEMONIŲ PANAUDOJIMO MOKANT/MOKANTIS APIE ANALOGINIUS ELEKTRONINIUS ĮTAISUS GALIMYBIŲ TYRIMAS	224
Marius Saunoris ^{1,2} , Loreta Saunorienė ¹ , Žilvinas Nakutis ¹ ¹ Kauno Technologijos Universitetas, ² Kauno Technikos Kolegija	
GYVENIMO KOKYBĖS RODIKLIŲ RAIŠKOS VERTINIMAS: LIETUVOS IR LENKIJOS SITUACIJOS ANALIZĖ	235
Kristina Burneikienė Kauno technikos kolegija	
VADOVAVIMO VERTĖS ĮTAKA DARBDAVIO PATRAUKMUI ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KRYPTIES STUDENTŲ POŽIŪRIU	241
Gabrielė Ivanovaitė, Eligija Narmontė Kauno technikos kolegija	
STUDENTŲ FINANSINIO RAŠTINGUMO KOMPETENCIJŲ RAIŠKA.....	248
Kristina Burneikienė Kauno technikos kolegija	
RAŠTO DARBŲ PIRKIMAS IR JŲ PATEIKIMAS ŠVIETIMO ĮSTAIGOMS: KOKIA UŽ TAI NUMATYTA ATSAKOMYBĖ LIETUVOJE?	253
Skaistė Mencevičienė Kauno technikos kolegija	
VAIZDŲ APDOROJIMO AUTOMATINĖS OPTINĖS PATIKROS SISTEMAI METODŲ TYRIMAS	259
Eugenija Antonovaitė ¹ , Paulius Tervydis ² , Rūta Jankūnienė ² ¹ Realtime Technologies Ltd, ² Kauno technikos kolegija	
RADIJO BANGŲ SKLIDIMO 3GPP TR 38.900 IR SPM MODELIAIS TYRIMAS 5G TINKLE.....	269
Stasys Kašėta Kauno technikos kolegija	
KLAIDOS ESTETIKOS IR INDETERMINIZMO PER MUZIKINĮ KŪRINĮ TYRIMAS	274
Laurynas Kolodzeiskis Kauno technikos kolegija	

ARCHITEKTO DR. STASIO KUDOKO PROJEKTUOTŲ PASTATŲ IŠORINIŲ ATITVARŲ, STOGŲ, LANGŲ, BALKONŲ, LAIPTŲ BŪKLĖS TYRIMAS

Lolita Dalbokaitė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Kauno tarpukario modernizmo architektūra yra reikšmingas indėlis ne tik į Europos, bet ir pasaulio kultūrinį paveldą. 2023 m. ji įtraukta į UNESCO pasaulio paveldo sąrašą. Dalis garsaus to meto architekto dr. Stasio Kudoko projektuotų pastatų patenka į šį sąrašą. Siekiant iširti, kokia šių paveldo vertybių šiandieninė būklė ir palyginti kaip ji pasikeitė per pastaruosius 13 metų 2010 ir 2023 m. buvo atliktos 15 įvairios paskirties S. Kudoko projektuotų pastatų išorinių atitvarų, stogų, langų, balkonų, laiptų vizualinės apžiūros, fotofiksacijos. Taip pat atlikta informacijos paieška, kalbėta su pastatų savininkais, siekiant nustatyti kokios šiuo metu yra pastatų eksploatacijos sąlygos bei išsaugojimo perspektyvos. Nustatyta, kad net 53 proc. pastatų būklė daugiau ar mažiau pablogėjo ir tik 27 proc. pastatų, tiek valstybės tiek asmeninėmis lėšomis, buvo remontuoti, restauruoti. Trijuose iš tirtų pastatų buvo atliktas nekokybiškas remontas, kuris tik iš dalies pagerino išorinių atitvarų būklę.

Reikšminiai žodžiai: paveldas, atitvaros, remontas, restauracija.

Įvadas

Rugsėjo 10–25 d. vykusioje UNESCO Pasaulio paveldo komiteto 45-ojoje sesijoje Rijade, (Saudo Arabija) Kauno modernizmas (paraiška „Modernusis Kaunas: optimizmo architektūra, 1919–1939“) sulaukė daug dėmesio ir po ilgų diskusijų buvo įrašyta į UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą (UNESCO Lietuvos nacionalinė komisija, 2023). Į sąrašą įtrauktos Naujamiesčio ir Žaliakalnio teritorijos, užimančios apie 450 hektarų, su daugiau kaip 1500 tarpukario laikotarpio pastatų. Dar anksčiau, tarptautinė ekspertų grupė per 2014 metus suteikė Europos paveldo ženklą Kauno miesto savivaldybės paraiškai „1919-1940 metų Kaunas“. Ant kai kurių Kauno tarpukario pastatų atsirado lentelės su Europos paveldo ženklu ir tai tapo galimybe paveldo objektams suteikti daugiau prestižo ir geresnį matomumą visos Europos mastu.

Kauno suklestėjimas tarpukariu - unikalus reiškinys Europos miestų raidos istorijoje. Šiuo laikotarpiu susiformavo vieningas miesto pagrindinės dalies architektūrinis charakteris, tapęs miesto įvaizdžiu. Tarpukario pastatai savo architektūrine-menine kokybe atitinka europinius standartus ir atspindi tuo metu pasaulyje vyravusius stilius ir estetines kryptis. 1919–1939 m. suprojektuotuose ir pastatytuose objektuose, priskiriamuose modernizmo stiliui galima atrasti neoklasicizmo, Art Deco, tradicionalizmo, funkcionalizmo ir kitų stilių įtaką. Būtent tuo laikotarpiu Kaunas iš medinio provincijos miesto tapo mūrine laikinąja Lietuvos sostine.

Taigi tarpukario modernizmo architektūra yra unikalus reiškinys ne tik Europoje, bet ir pripažintas kaip viso pasaulio kultūros paveldo vertybė. Prie šio laikotarpio pastatų projektavimo ir statybos ženkliai prisidėjo vienas žymiausių to meto architektų dr. Stasys Kudokas, nuo kurio gimimo šiemet sukanka 125 metai. S. Kudoko gimtinė - Panevėžio apskritis, Kapinės kaimas, Naumiesčio valsčiuje (Kančienė, 1998: 21). Jis gimė 1898 m. rugsėjo 29 d. Mirė 1988 m. spalio 9 d. Los Andžele (JAV). 1920–1944 m. gyveno Kaune išskyrus 1924–1930 m. kai studijavo Romoje. 1920–1924 m. dirbo susisiekimo ministerijos kelių valdyboje. Tuo pačiu metu mokėsi Kauno meno mokykloje. Architektūros daktaro laipsniu baigė studijas Romos Karališkojoje aukštojoje architektūros mokykloje, vienintelis iš Lietuvos architektų gavo architektūros daktaro laipsnį ir apsigynė teisę projektuoti Italijoje ir kitose Vakarų Europos valstybėse. 1930 m. grįžęs į tėvynę, dirbo architektu Kauno miesto savivaldybėje. 1934–1944 m. Aukštojoje technikos mokykloje dėstė architektūrą. 1938–1944 m. buvo VDU technikos fakulteto Architektūros katedros vedėjas. 1940 m. jam suteiktas mokslinis docento laipsnis. Lietuvoje nepriklausomybės laikais iš viso suprojektuota daugiau negu 140 pastatų (Arbas, 1896: 29). Naujamiesčio ir Žaliakalnio teritorijose, kurios nuo dabar yra UNESCO kultūros paveldo sąrašė stovi ne vienas jo suprojektuotas pastatas.

STR 1.12.06:2002 „Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė“ nurodo, kad gyvenamųjų namų ir kitos paskirties pastatų iš plytų mūro arba mišrių konstrukcijų, naudojant statinį normalaus naudojimo sąlygomis ir per visą gyvavimo laikotarpį laiku atliekant būtinus statinio priežiūros bei remonto darbus, gyvavimo trukmė yra 100 metų (STR 1.12.06:2002 Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė, 2002). Daugelis architekto S. Kudoko pastatų yra pastatyti tarpukaryje tarp 1930 ir 1940 m. taigi jų gyvavimas artėja prie ribos, kai jiems greitai laiku sukaks 100 m. Daugelio jų statybai buvo naudojamos brangios, kokybiškos, ilgalaiškės statybinės medžiagos ir kai kurių iš jų būklė yra dar ir šiandien pakankamai nebloga. Tačiau išorinės aplinkos poveikis, netinkamos eksploatacijos sąlygos nuolat veikia šiuos pastatus. Išorinės pastato atitvaros, stogai, langai, durys, balkonai puikiai atspindi bendrą pastato būklę. Nuo jų būklės priklauso ne tik pastato tvirtumas, atitikimas kitiems esminiems statinio reikalavimams bet ir gyvavimo trukmė.

Siekiant ištirti, kokia architekto Stasio Kudoko projektuotų pastatų šiandieninė būklė ir palyginti kaip ji pasikeitė per pastaruosius 13 metų 2010 ir 2023 m. buvo atliktos 15 įvairios paskirties S. Kudoko projektuotų pastatų išorinių atitvarų, stogų, langų, balkonų, laiptų vizualinės apžiūros, fotofiksacijos. Taip pat atlikta informacijos paieška, kalbėtasi su pastatų savininkais, siekiant nustatyti kokios šiuo metu yra pastatų eksploatacijos sąlygos bei išsaugojimo perspektyvos.

Tyrimo uždaviniai ir metodai: atlikti pakartotines 15 įvairios paskirties S. Kudoko projektuotų pastatų fotofiksacijas, išorinių atitvarų, stogų, langų, balkonų, laiptų vizualines apžiūras ir palyginti kaip jų būklė pasikeitė per pastaruosius 13 metų, t. y. nuo 2010 iki 2023 m., bei atlikus informacijos analizę nustatyti kokios šiuo metu yra jų eksploatacijos sąlygos bei išsaugojimo perspektyvos.

Toliau pateikiamas trumpas tiriamųjų objektų istorijos, dabartinės paskirties, paveldo statuso, planinės erdvinės struktūros, konstrukcijų, vertingųjų savybių, eksploatacijos sąlygų aprašymas, pateikiami išorinių atitvarų, stogų, langų, balkonų, laiptų vizualinių apžiūrų rezultatai, fotofiksacijos, parodančios jų pokytį per pastaruosius 13 metų.

Lietuvos karininkų ramovės pastatų komplekso Lietuvos karininkų ramovės reprezentaciniai rūmai. Adresas: Mickevičiaus g. 19, Kaunas. Pastatyti 1937 m. Kartu su S. Kudoku prie pastato projekto dirbo V. Dubeneckis, K. Kriščiukaitis, J. Kova-Kovalskis, konstruktorius inž. A. Rozenbliumas, konsultantas M. Songaila. Tūris - sudėtinis, simetrinio plano, sudarytas iš dviejų skirtingo dydžio bei aukščio dalių, išsidėsčiusių rytų ir vakarų kryptimi, 4 aukštų su pastoge rytų korpuso, prie jo iš vakarų pusės prišlieto 3 aukštų su pastoge didžiosios salės korpuso, su rūsiu, įrengtu po visu pastatu. Stogo forma - pagrindinio, didžiosios salės korpusų, rytų fasado rizalitu, žiemos sodo – trišlaitė. Fasadų apdaila ir puošyba - rytų korpuso fasado 1 a. tašyto granito apdaila, rytų korpuso rytų fasado 2-4 a. faktūrinio ir lygaus tinko apdaila. Kiti fasadai tinkuoti lygiu tinku (Kultūros vertybių registras, 2015). Pastatas 1992 m. įtrauktas į kultūros vertybių registrą ir yra Lietuvos kultūros paminklų sąrašė. Jis buvo restauruotas 1997–2005 m. Kadangi pastato apdailai, ypač rytiniam fasadui, buvo naudotos kokybiškos statybinės medžiagos, pvz. tašytas granitas jo išorės atitvarinių konstrukcijų būklė kultūros vertybių registre įvardijama kaip gera arba patenkinama.

2010 m. atliktoje vizualinėje apžiūroje buvo nustatyta, kad kiemo fasadų būklė nėra gera, tinkas sutrūkinėjęs ir aprūpėjęs (žr. 1 pav.). 2023 m. vizualinės apžiūros metu nustatyta, kad visi kiemo fasadai remontuoti ir yra puikios būklės (žr. 2 pav.).



1 pav. Karininkų ramovės šiaurinis fasadas 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės



2 pav. Karininkų ramovės šiaurinis fasadas 2023 m.

Šaltinis: sudaryta autorės

„Dainos“ kino teatras. Adresas: Savanorių pr. 74, Kaunas. Pastatytas 1941 m. kartu su inž. A. Breimeriu. 1992 m. jis įtrauktas į kultūros vertybių registrą. Erdvinė kompozicija - pastatas netaisyklingo stačiakampio plano, jį sudaro trys sujungti vieno ir dviejų aukštų korpusai, po dalimi pastato rūsys. Pagrindinis pastato fasadas vertingiausia pastato architektūros dalis su vertikaliais stačiakampiais sudalintais į dvi dalis antro aukšto langais, dekoratyviais piliastrais centrinėje dalyje, nesudėtingu stačiakampio profilio karnizu užbaigiančiu pastatą viršuje, trauka skiriančia pirmą ir antrą aukštus, pagrindiniu dvivėriu įėjimu su apvalaus skerspjūvio kolonomis abipus durų ir stogeliu pastato centre, stačiakampės nišos reklamai greta durų (Kultūros vertybių registras, 2015).

2010 m. atlikus vizualinę apžiūrą ir išanalizavus informacinius šaltinius nustatyta, kad pastatas buvo remontuotas apie 1960 metus. Buvo atlikti stogo remonto darbai, iš dalies aptvarkytas karo metu nukentėjęs Stasio Kudoko projektuotas fasadas. Nepriklausomybės laikotarpiu pastatas tapo neeksploatuojamas eilę metų. Per kiaurą stogą į pastatą keliose vietose pateko vanduo, buvo pažeistos medinės konstrukcijos, smarkiai nukentėjo pastato išorinės atitvaros (žr. 3 pav.).

Dabartinis pastato eksploatuotojas UAB „Mūsų Daina“ 8 m. dalyvavo organizuojamame Kauno miesto savivaldybės paveldotvarkos programos konkurse. 2023 m. gavus Kauno savivaldybės skirtas lėšas prasidėjo pirmasis pastato paprastojo remonto etapas – stogo ir fasado tvarkymas. Antrame etape numatyta tvarkyti vidaus interjerą. Šiuo metu baigiami fasado ir stogo remonto darbai (žr. 4 pav.).



3 pav. Kino teatro „Daina“ pagrindinis fasadas. 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės



4 pav. Kino teatro „Daina“ pagrindinis fasadas. 2023 m.

Šaltinis: sudaryta autorės

Daktaro Gusevo ginekologinė ligoninė. Adresas: Trakų g. 29, Kaunas. Pastatas pastatytas 1926 m. Pastatas įkomponuotas šlaite. Fasadais asimetriški, centrinis įėjimas pagrindinio fasado šone, didelė mansarda ant stogo. Pagrindinio fasado pietvakariniame kampe lenktas balkonas. 2010 m. fotofiksacijoje matosi padarytas dalinis fasadų remontas, tačiau balkonas paliktas neremontuotas (žr. 5 pav.). Taip pat liko neremontuotas tiltelis, skirtas privažiuoti prie rytiniame fasade esančio įėjimo ir vakarinis fasadas su pagrindiniu įėjimu. Šiuo metu balkono būklė yra avarinė, smarkiai pažeista po juo esanti fasado dalis (žr. 6 pav.).



5 pav. Daktaro Gusevo ginekologinės ligoninės pietinis fasadas. 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės



6 pav. Ligoninės pietiniame fasade esantis balkonas. 2023 m.

Šaltinis: sudaryta autorės

Kauno miesto savivaldybės pigių butų kolonija. Adresas: K. Petrausko g. 26. Pastatyta 1934 m. Pastatas buvo skirtas apgyvendinti neturtingus priemiesčių gyventojus ir suteikti jiems puikias gyvenimo sąlygas. Tai buvo to laikmečio pats gražiausias ir didžiausias tokios paskirties būstas Kaune. Jame buvo suprojektuota ne tik daug patogių vieno kambario butų, bet ir vaikų darželis, sporto salė, bendro naudojimo ūkinės patalpos. Tačiau jis pagal paskirtį taip ir nebuvo panaudotas. Pastato planas netaisyklingos V raidės formos, kapitalinės sienos mūrinės, tinkuotos lygiu tinku. Virš gyvenamųjų korpusų suprojektuotas stogas su mansarda. Šiuo metu čia įsikūręs Tech-Park Kaunas – mokslo ir technologijų parkas. 2003 m., prieš įsikuriant šiai įstaigai buvusiose ligoninės patalpose, buvo atliktas remontas. 2010 m. darytoje fotofiksacijoje matoma puiki pastato išorinių atitvarų būklė (žr. 7 pav.), tačiau 2023 m. nustatyta, kad visų pastato fasadų tinkas daugelyje vietų pradėjęs trūkinėti ir trupėti. Tai ypač ženklu pastato pietvakariniame fasade esančių laiptų betono atraminėje sienutėje (žr. 8 pav.) ir kiemo fasaduose.



7 pav. Pastato pietrytinis fasadas 2010.
Šaltinis: sudaryta autorės



8 pav. Pastato pietvakarinis fasadas 2023.
Šaltinis: sudaryta autorės

Šančių gimnazija. Pastatas suprojektuotas 1937m., pastatytas 1939 m. Apie 1947-1948 m. virš vakarinio fligelio centro užstatytas apžvalgos bokštelis, 1972 m. autentiška “Marselio” tipo čerpių danga pakeista į šiferio dangą. Tūrinė erdvinė kompozicija - trys triaukščiai skirtingų dydžių stačiakampio plano korpusai, sudarantys U raidės pusiau atvirą kiemą, su pusapskričiu ir keturkampiu fligeliais su rizalitais, su apžvalgos bokšteliumi virš vakarinio fligelio centro. Stogo forma - daugiašlaitė kiti stogo elementai - trikampiai tūriniai stoglangiai. Sklypą nuo Servitutų g. pusės juosia betono tvoros su stulpeliais, kampiniais bokšteliais ir metaliniais ažūriniais tvoros elementais. Pastato konstrukcijas sudaro betono pamatai, gelžbetoninės - monolitinės perdangos stogo konstrukcijos tipas - medinės gegninės konstrukcijos. Kapitalinės mūro sienos apdailintos tamsiai pilkos spalvos granitiniu tinku cokolyje ir lygiu tinku kitose sienų dalyse. Fasaduose yra didžiojo orderio tamsiai pilkos spalvos granitinio tinko puskolonės, tamsiai pilkos spalvos granitinio tinko dekoratyvinės konsolės. Pastatas atspindi novatoriškas to laikmečio architektūrinės tendencijas, tarpukariu buvo viena geriausių gimnazijų projektų pavyzdžių Lietuvoje. Pastatas laikytinas antruoju kūriniu, geriausiai atstovaujančiu S. Kudoko profesinę biografiją (po Karininkų Ramovės rūmų) (Kultūros vertybių registras, 2015). Šančių gimnazija pasižymi ne tik funkcionalizmu, bet ir nauja estetinė kokybe, ji tapo neoficialiu mokyklų projektavimo etalonu (Juškienė, 2006). Pastatas 1992 m. įtrauktas į kultūros vertybių registrą ir yra Lietuvos kultūros paminklų sąrašė. 2015 m. progimnazija pelnė Europos paveldo ženklą kaip išskirtinis, autentiškas Kauno tarpukario modernizmo architektūros objektas. Remiantis kultūros vertybių registro duomenimis ir vykdant pirmąją vizualinę pastato apžiūrą 2010 m. nustatyta, kad pastato išorinių atitvarų būklė daugelyje vietų yra bloga. Kai kuriose dalyse tinkas aptrupėjęs (žr. 9, 10 pav.). Išorės betono laiptų su teraco apdaila ir betono atraminėmis sienutėmis, apdailintomis tinku ir betono pakopų šoniniais laiptais būklė avarinė. 2010 m. autentiški mediniai langai pakeisti naujais, taip pat mediniais langais. Atlikus vizualinę apžiūrą 2023 m. nustatyta, kad po remonto darbų pastato išorinių atitvarų būklė yra gera (žr. 11 pav.). Tačiau atraminių sienučių apdailos būklė vis dar išlieka bloga o šoninių laiptų betono pakopos iš Servitutų g. pusės visiškai nuardytos (žr. 12 pav.). Nustatyta, kad 2023 m. spalio 24 d. pradėti lauko laiptų tvarkybos (remonto, restauravimo) darbai kurie truks iki 2024 m. spalio 25 d.



9 pav. Šančių gimnazijos rūmų vaizdas iš Servitutų g. pusės 2010 m.
Šaltinis: sudaryta autorės



10 pav. Šančių gimnazijos rūmų vaizdas iš kiemo pusės 2010 m.
Šaltinis: sudaryta autorės



11 pav. Šančių gimnazijos rūmų vaizdas iš Servitutų g. pusės 2023m.
Šaltinis: sudaryta autorės



12 pav. Atraminės sienutės ir laiptai iš Servitutų g. pusės 2023m.
Šaltinis: sudaryta autorės

Aklųjų institutas. Adresas: Taikos pr. 6A, Kaunas. Pastatas pastatytas 1935 m. Jis centrinio plano, pagrindiniame fasade įkomponuotas centrinis įėjimas, stogas daugiašlaitis, kapitalinės sienos mūrinės tinkuotos lygiu tinku. Šiuo metu čia įsikūręs Kauno Prano Daunio ugdymo centras. 2010 m. nustatyta, kad pastato stogas buvo perdengtas profiliuotos skardos danga. Pastato fasadų tinkas sutrūkinėjęs, vietomis ištrupėjęs. 2023 m. apžiūros metu nustatyta, kad išorinių atitvarų būklė yra ženkliai pablogėjusi, iškritę tinko fragmentai, atidengiantys mūro plytas kurios pradėję irti, cokolinė dalis pažeista drėgmės, kiemo pusės fasade esančių balkonų konstrukcijos avarinės būklės. 2023 m. Kauno miesto savivaldybei skyrus 6 mln. švietimo įstaigų remontui, dalis lėšų atiteko Kauno Prano Daunio ugdymo centrui. Šiuo metu jau pradėti fasadų remonto darbai, ardomi balkonai, tvarkomos nuogrindos (žr. 13 pav.).



13 pav. Aklyųjų instituto fasadų remonto darbai. 2023m.
Šaltinis: sudaryta autorės

Šančių pradinė mokykla. Adresas: Kranto 5-oji g. 7, Kaunas. Pastatas suprojektuotas 1936 m. ir pastatytas 1938 m. Šiuo metu čia įsikūręs Kauno Motiejaus Valančiaus mokykla – darželis. Centrinio plano pastato stogas daugiašlaitis, dengtas asbocementine danga. Fasada dengti lygiu tinku. Pagrindinį fasadą darko naujai ištinkuotas prieangis su plastikinėmis durimis (žr. 14 pav.).

Nuo 2010 m. pastato išorinių atitvarų būklė pablogėjo, atsirado gilesni trūkumai tarpaukštinių perdangų vietose, pablogėjo cokolio būklė (žr. 15 pav.).



14 pav. Šančių pradinės mokyklos pagrindinis fasadas. 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės



15 pav. Šančių pradinės mokyklos pietinis fasadas. 2023 m.

Šaltinis: sudaryta autorės

Aukštesnioji technikos mokykla. Adresas: Tvirtovės al. 35, Kaunas. Pastato projektas laimėjo Susisiekimo ministerijos skelbtą konkursą. Statybos rangovas – Ilgovskių firma. Pastatas pastatytas 1938 m. Šiuo metu pastate įsikūrusi Kauno technikos kolegija. Tūrinė erdvinė kompozicija - pusiau atviro, E raidės formos plano, trijų aukštų su pusrūsiu ir rūsiu po kiemo korpusu ir pastoge. Stogo forma - daugiašlaitė lenktais kraštais. Kapitalinės sienos - mūrinių tinkuotų sienų tinklas (Kultūros vertybių registras, 2015). Pagrindinio korpuso fasade rizalitas su stilizuotu didžiuoju orderiu. Į pagrindinį įėjimą veda granito blokų vieno maršo laiptai su atramomis. Fasadų apdaila ir puošyba - cokolio stambios frakcijos struktūrinis tinkas, kitų sienų dalių kiek šviesesnis smulkios frakcijos tinkas. Pagrindinio korpuso fasado rizalite dekoratyvūs bareljefai su statybos, elektromechanikos bei mechanikos specialybių simboliais. Dviejų kraštinių sparnų rytinis ir vakarinis fasadai išspręsti taip pat kaip ir centrinis fasadas. Iš kiemo pusės fasadai pajvairinti sparnuose įkomponuotais laiptinių rizalitais ir priėngiais, suskaidyti įvairaus dydžio langų juostomis. Visuose trijuose šiauriniuose fasaduose panaudotas stilizuotų arkų motyvas. Fasadų architektūrinis sprendimas, fasadų kompozicija - modernizmo stiliaus. Pastato tūrinė ir planinė sandara pagrįsta simetrinės kompozicijos dėsniniais. Projekte panaudotas S. Kudoko sukurtas specifinis mokyklų architektūrinis planavimas - racionalus funkcinis zonavimas ir savitas dekoras (Juškienė, 2006). 1972 m. stogo danga pakeista į asbocementinę dangą, 2005 m. dalis stogo pakeista į profiliuotos skardos dangą, 2011 - 2012 m. likusi stogo danga pakeista į profiliuotos skardos dangą, pakeisti ventiliacijos kaminai, lietvamzdžiai (Kultūros vertybių registras, 2015). Pastatas 2013 m., tuometinės kolegijos bendruomenės iniciatyva, įtrauktas į kultūros vertybių registrą.

2010 m. atlikus pastato vizualinę apžiūrą nustatyta, kad daugelyje išorinių atitvarų, ypačingai cokolinėje dalyje ištrupėjęs tinkas. Ypačingai stipriai pažeistas tinkas rytinio pastato fasado cokolinėje dalyje po ten esančiu lietvamzdžiu (žr. 16 pav.). Dėl buvusio prakiurusio stogo ir surūdijusios vandens nuvedimo sistemos daugelyje vietų po pastoge pažeistas tinkas. Kiemo korpuso fasado vieno maršo teraco laiptų betono atraminė sienutė stipriai sutrūkususi, nutrupėjęs tinkas (žr. 17 pav.).



16 pav. Rytinio pastato fasado cokolinės dalies detalė 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės



17 pav. Teraco laiptų betono atraminė sienutė kiemo korpuso.

Šaltinis: sudaryta autorės

Atlikus pakartotinę vizualinę apžiūrą 2023 m. nustatyta, kad ženkliai išorinių pastato atitvarų būklė nepakito. Kiek pasislinko pagrindinio įėjimo laiptų granito plokštės. 2011m. dengiant naują stogą, problematiškiausios fasadų vietos buvo užtinkuotos laikinu tinku. Kultūros vertybių registro duomenimis daugelio išorinių atitvarų būklė įvertinama kaip nebloga (žr. 18 pav.). 2022 m. buvo patenkinta kolegijos paraiška, ir iš valstybės lėšų buvo skirta 230000 Eur fasadų ir dalies patalpų tvarkybos darbams. Kadangi šių lėšų nepakaks, kolegija privalo prisidėti dar 131000 Eur nes tokios buvo nustatytos finansavimo sąlygos. Darbų atlikimo pradžia numatyta 2024 metais.



18 pav. Kauno aukštesniosios technikos mokyklos pagrindinis fasadas. 2023m.

Šaltinis: sudaryta autorės

Architekto Stasio Kudoko namas. Adresas: Mykolaičio-Putino g. 11, Kaunas. Pastatas pastatytas 1937m. Jis 1993 m. įtrauktas į kultūros vertybių registrą ir yra Lietuvos respublikos kultūros paminklų sąrašė. Namui suteiktas Europos paveldo ženklas. Tūrinė erdvinė kompozicija - artimo kvadratui plano, su atviromis galerijomis pietų ir vakarų fasaduose, dviejų aukštų su trečiu aukštu rytinėje pastato dalyje ir rūsiu po dalimi pastato. Fasadų kompozicija - modernizmo stiliaus (Kultūros vertybių registras, 2015). Fasadų apdaila – tinkas. Pastatas turėjo tam laikotarpiui retą sprendimą - plokščią stogą. Maždaug 9 dešimtmetyje. namas buvo uždengtas šlaitiniu. Už gražų ir patogų mūrą 1938 m. vila buvo premijuota Kauno miesto savivaldybės (Petruolis, 2014). Dabar name yra įrengti 4 gyvenamieji butai. Išsaugota autentiška medinė laiptinė su teraco laipteliais ir aikštelėmis, arkadomis ir balkonais.

Namo išorinės atitvaros per 13 metų pasikeitė neženkliai (žr. 19, 20 pav.). Tinkas sutrūkinėjęs ir aptrupėjęs daugelyje vietų. Pokalbyje su vieno buto gyventoju išaiškėjo, kad rytinio fasado siena, kuri remiasi į šlaitą, gana problematiška, nes ji pastoviai drėksta, ypač pavasarinio polaidžio metu.



19 pav. Architekto Stasio Kudoko namo pietinis fasadas 2010.

Šaltinis: sudaryta autorės



20 pav. Architekto Stasio Kudoko namo pietinis fasadas 2023.

Šaltinis: sudaryta autorės

Profesoriaus Vlodo Kuzmos ligoninė. Adresas: D. Poškos g. 14, Kaunas. Pastatas pastatytas 1937 m. Jis 1993 m. įtrauktas į kultūros vertybių registrą ir yra Lietuvos Respublikos kultūros paminklų sąrašė. Tūrinė erdvinė kompozicija - stambių tūrių, dviejų aukštų su pusrūsiu ir pastoge, stogo forma – šlaitinė, medinės

gegninės konstrukcijos dengtos keraminėmis čerpėmis. Kapitalinės sienos mūrinės, įgilinta lodžija su trijų tarpinių arkada rytų fasado antrame aukšte. Paskutiniaisiais sovietmečio metais ketinta pastatą rekonstruoti, tačiau spėta tik perdažyti gelsva spalva (ankstesnė pastato spalva - šviesiai žalia) (Kultūros vertybių registras, 2015). Lietuvai atgavus nepriklausomybę, pastatas gražintas Vlado Kuzmos dukrai. Dabartiniu metu paverstas į gyvenamąjį namą.

Pastato išorinių atitvarų būklė kultūros vertybių registre įvardijama kaip patenkinama. Per 13 paskutinių metų ji pasikeitė neženkliai (žr. 21 pav.)



21 pav. Profesoriaus Vlado Kuzmos ligoninės rytinis fasadas. 2010 m.

Šaltinis: sudaryta autorės

Gyvenamasis namas. Adresas: Vaižganto g. 26, Kaunas. Tai individualus gyvenamasis namas kuris stovi kalno šlaito viršuje. Šiaurinėje namo pusėje cilindrinis laiptinės tūris, suskaidytas mažų langelių eilėmis, balkonai įrengti šlaito pusėje. Iš jų matosi miesto panorama kalno apačioje. Kapitalinės sienos mūrinės, tinkuotos. Dekorai minimalūs.

2010 m. fotofiksacijoje matosi, kad pastatas senai remontuotas, rytiniame fasade, virš pagrindinio įėjimo baltu tinku užtaisytos išorinių atitvarų pažaidos (žr. 22 pav.). Matosi perdengtas stogas, apskardinti kaminai. Nustatyta, kad per tiriamąjį laikotarpį pastato fasadai puikiai suremontuoti. Vaizdą gadina tik gerokai nusidėvėjusi tvora iš Vaižganto g. pusės (žr. 23 pav.). Tai vienintelis iš visų šiame tyrime apžiūrėtų S. Kudoko projektuotų gyvenamųjų namų kurio išorinių atitvarų šiandieninę būklę galima vertinti kaip gerą.



22 pav. Namų rytinis fasadas 2010.

Šaltinis: sudaryta autorės



23 pav. Namų rytinis fasadas 2023.

Šaltinis: sudaryta autorės

Gyvenamasis namas. Adresas: Perkūno al. 6A. Pastatas dviejų aukštų, asimetriško plano. Prie griežtų stačiakampių formų, kaip atsvara įkomponuotas, S. Kudoko taip mėgstamas arkų motyvas. Šiuo metu tai daugiabutis gyvenamasis namas.

2023 m. lyginant jo išorinių atitvarų būklės pokyčius nustatyta, kad rytiniame fasade, virš antro aukšto langų esančioje sienos dalyje ženkliai padidėjo tinko pažaida (žr. 24, 25 pav.), atsirado daugiau įtrūkimų ir nubyrėjusio tinko kituose fasaduose



24 pav. Namų rytinis fasadas 2010.
Šaltinis: sudaryta autorės



25 pav. Namų rytinis fasadas 2023.
Šaltinis: sudaryta autorės

Teisininko advokato Romualdo Dulskio pastatų kompleksas. Adresas: Trakų g. 18. Pastatas pastatytas 1936 m. Jis visiškai neseniai, 2023 m. liepos 17 d. įtrauktas į kultūros vertybių registrą. Šiuo metu čia įsikūrusi Lietuvos skautijos organizacija. Pastatas dviejų aukštų su pusrūsiu ir pastoge. Stogo forma - pagrindinio tūrio keturšlaitė lenktais kraštais uždengtas keraminėmis čerpėmis. Kapitalinės sienos – raudonos keraminės plytos, tinkuotos lygiu tinku. 2001 m. rekonstruotas antras aukštas ir pastogė, atlikti vidaus apdailos darbai, 2003 m. atliktas kapitalinis stogo remontas, 2013 m. remontuotas stogas ir fasadai (Kultūros vertybių registras, 2015).

Atlikus 2010 m vizualinę apžiūrą nustatyta, kad fasadų tinkas aprtrupėjęs, ypatingai pietiniame ir rytiniame fasaduose (žr. 26 pav.). 2023 m. atliktoje fotofiksacijoje matosi, kad prieš 10 metų atliktas fasadų kapitalinis remontas neišsprendė visų bėdų. Pietiniame ir rytiniame fasaduose pirmo aukšto lygyje betonai visiškai ištrupėjęs (žr. 27 pav.). Rytiniame fasade, šalia įėjimo į pastatą siena pradėjus irti ir yra avarinės būklės, todėl, dėl saugumo aptraukta tinklu. Betono laiptelių į pusrūsį vakarinio fasado rizalite būklė vietomis bloga, betonai aprtrupėjęs.



26 pav. Namų pietinis ir rytinis fasadai 2010.
Šaltinis: sudaryta autorės



27 pav. Namų pietinis ir rytinis fasadai 2023.
Šaltinis: sudaryta autorės

Valdemaro Černeckio namas. Adresas: V. Putvinskio g. 49. Triaukštis daugiabutis gyvenamasis namas yra simetriškos kompozicijos su pabrėžtais dviem įėjimais iš Putvinskio gatvės. Pagrindinis fasadas su abipus įkomponuotais rizalitais puoštas monumentaliu cokoliniu aukštu, kitais, gana gausiais dekoru elementais. Pietinis fasadas iš kiemo pusės kur kas kuklesnis.

Per 13 metų pastato atitvarinių konstrukcijų būklė pasikeitė neženkliai. Kiek labiau pažeistas tinkas po lietvamzdžiais esančiais pagrindinio fasado pradžioje ir pabaigoje. Cokoliniame aukšte liko ryškios buvusių reklamų žymės (žr. 28, 29 pav.).



28 pav. Namų siaurinis fasadas 2010.
Šaltinis: sudaryta autorės



29 pav. Namų siaurinis fasadas 2023.
Šaltinis: sudaryta autorės

Gyvenamasis namas. Adresas: A. Mickevičiaus g. 46. Pastatytas 1933 m. Tai keturaukštis daugiabutis gyvenamasis namas. Dar jis vadinamas „Daktarų“ namu, nes jį susikoooperavę statėsi gydytojai: A. Matulevičius, A. Garmus, St. Žilinskas ir J. Trečiokas (Juškienė, 2006). Labai puošnus pagrindinis fasadas su pabrėžtu įėjimu į pastatą įkomponuotu tamsiu struktūriniu tinku tinkuotame cokoliniame aukšte, išpuoštas stilizuotomis išėmomis tarp langų, reljefiniais papuošimais. Kiemo pusėje fasadas taip pat gana puošnus, sudarytas iš stambių tūrių su pusapvaliu laiptinės rizalitu. Įdomu tai, kad pagal pirminį užmanymą namas turėjo būti simetriškas, tačiau spėta pastatyti tik vieną jo pusę. Jis sujungtas su šiuolaikinės statybos pastatu.

2010 m. nustatyta, kad tarp jų esančiame brome pastatas buvo netinkuotas. Raudonos mūro plytos daugelyje vietų pradėję irti. Kiemo balkonų tinkas stipriai nutrupėjęs. Mediniai autentiški langai pakeisti plastikiniais, rudos spalvos langais (žr. 30 pav.). 2023 m. darytoje fotofiksacijoje matosi, kad trečio aukšto balkonų tinkas visiškai nubyrėjęs atidengdamas plytų mūrą. Po balkonais matosi korozuojančios metalinės laikančios konstrukcijos. 2023 m. rudenį namą administruojanti UAB „Santermita“ organizavo balsavimą raštu kurio metu namo gyventojai turėjo nuspręsti ar pritaria, kad namo bendraturčių lėšomis būtų atliktas bei suderintas daugiabučio namo gatvės fasado paprastojo remonto projektas (paruošta reikalinga dokumentacija, išimtas statybą leidžiantis dokumentas). Fasado paprastojo remonto projekto kaina 2783,00 Eur. Tačiau apklausus namo gyventojus nustatyta, kad jie šiai iniciatyvai nepritarė.



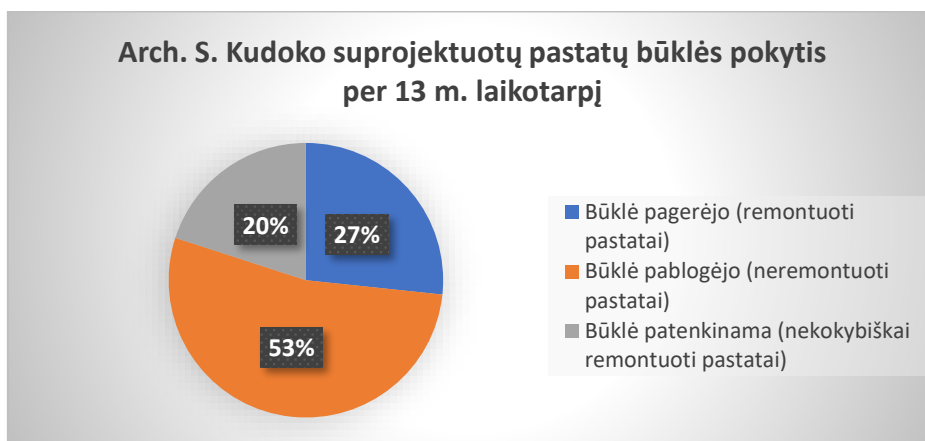
30 pav. Namų rytinis fasadas 2010.
Šaltinis: sudaryta autorės



31 pav. Namų rytinis fasadas 2023.
Šaltinis: sudaryta autorės

Išvados

Tyrimo rezultatai parodė, kad Per 13 m. 53 proc. tyrimo metu apžiūrėtų architekto S. Kudoko projektuotų pastatų išorinių atitvarų, stogų, langų, balkonų, laiptų būklė daugiau ar mažiau pablogėjo, ir tik 27 proc. būklę galima vertinti kaip gerą (žr. 32 pav.). Trijuose iš visų analizuotų objektų, tai Daktaro Gusevo ginekologinėje ligoninėje, pigių butų kolonijoje ir teisininko advokato Romualdo Dulskio name buvo atliktas nekokybiškas remontas ir per gana trumpą laiką vėl išryškėjo jų išorinių atitvarų probleminės vietos. Ypatingai prasta padėtis su architekto projektuotais gyvenamosios paskirties pastatais, tiek individualiais tiek ir daugiabučiais namais, kurių būkle privalo rūpintis patys gyventojai. Jie neremontuojami eilę metų ir daugelio jų išorinių atitvarų būklė yra bloga. Autentiški mediniai langai pakeisti plastikiniais, čerpių ar skardiniai stogai pakeisti į profiliuotos skardos dangą, prasta laiptų būklė.



32 pav. Architekto S. Kudoko suprojektuotų pastatų būklės pokytis per laikotarpį nuo 2010 iki 2023 metų.
Šaltinis: sudaryta autorės

Nustatyta, kad švietimo įstaigos yra geresnėje padėtyje. Trims iš keturių tirtų objektų tai Šančių gimnazijai, Kauno aukštesniajai technikos mokyklai ir aklųjų institutui buvo suteiktas valstybės finansavimas remonto, restauracijos, tvarkybos darbams.

Tik 7 iš 15 tyrime analizuotų objektų yra įtraukti į Kultūros vertybių registrą, aprašytos jų vertingosios savybės. Daugelis kitų S. Kudoko projektuotų pastatų dar laukia išsamių tyrimų. Dar ne visi jie yra identifikuoti. Todėl be galo svarbu dėti visas pastangas išsaugoti S. Kudoko kūrybinį palikimą, kad ateinančios kartos galėtų deramai įvertinti jo kūrybinį potencialą ir šiuos pastatus dar galima būtų eksploatuoti ilgus metus.

Literatūra

1. Arbas, E. Dr. architektas Stasys Kudokas - architektūros veteranas. // Technikos žodis. Amerikos lietuvių inžinierių ir architektų sąjungos Čikagos techninės spaudos sekcijos žurnalas. 1986, Nr. 3.
2. Juškienė, R. Architekto Stasio Kudoko kūryba Kaune. // Kauno istorijos metraštis. [interaktyvus]. 2006, nr.7. [žiūrėta 2023-10-27]. Prieiga per internetą: <https://www.vdu.lt/cris/entities/publication/5e9975ea-1955-4735-be35-b216a9923ba3/details>
3. Kančienė, J. Šešėliuotas talentingo architekto likimas // Kauno diena. 1998 10 24, p. 21.
4. Kultūros vertybių registras. KPD.[interaktyvus]. 2015 [žiūrėta 2023-10-27]. Prieiga per internetą: <https://kvr.kpd.lt/#/static-heritage-search>
5. Lietuva turi penkias pasaulio paveldo vertybes. Kauno modernizmas įrašytas į UNESCO Pasaulio paveldo sąrašą. // UNESCO Lietuvos nacionalinė komisija. [interaktyvus]. 2023. [žiūrėta 2023-11-20]. Prieiga per internetą: <https://www.unesco.lt/archives/5954>
6. Petrulis, V. Architekto Stasio Kudoko gyvenamasis namas. // Architektūros ir urbanistikos tyrimų centras. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023-10-20]. Prieiga per internetą: <http://tarpukaris.autc.lt/lt/paieska/objektas/866/architekto-stasio-kudoko-gyvenamasis-namas>
7. STR 1.12.06:2002. Statinio naudojimo paskirtis ir gyvavimo trukmė. Vilnius, 2002.

INVESTIGATION OF THE CONDITION OF CREATIVE LEGACY OF ARCHITECT DR. STASYS KUDOKAS

Summary

Kaunas interwar modernist architecture is a significant contribution not only to the European but also to the World's cultural heritage. Since 2023 it is included into UNESCO World Heritage List. Many buildings designed by the famous architect of that time, Stasys Kudokas, are included in this List. Aiming to investigate the current state of these

cultural valuables and to compare how it has changed over the last 13 years between 2010 and 2023, 15 visual inspections and photo-fixations of external walls, roofs, windows, doors, balconies, stairs of various destination buildings designed by S. Kudokas were carried out. Information research was performed, and discussions were held with building owners aiming to determine the current exploitation conditions of buildings and the prospects for preservation. It was established that conditions of 53 percent of the buildings have deteriorated so far and only 27 percent of the buildings were repaired or restored with both State and private funds. In three of the examined buildings, poor-quality repairs were carried out, only partially stopping the deterioration of external walls.

Key words: heritage, enclosures, repair, restoration.

AUTORIAUS LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lolita Dalbokaite

Mokslo laipsnis ir vardas:-

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: architektūra.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 610 67598, lolita.dalbokaite@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Lolita Dalbokaite

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Lecturer of the Construction Engineering Study program

Lecturer Author's research interests: architecture.

Telephone and e-mail address: 8 610 67598, lolita.dalbokaite@edu.ktk.lt

PRAMONINIO PASTATO PAMATO IR PAGRINDO SĄVEIKOS ANALIZĖ

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Projektuojant mėsos perdirbimo pramoninius pastatus su šaldymo patalpomis ir įrenginiais, svarbu įvertinti laikančiausias konstrukcijas, kurios yra esminė pastato stabilumo ir saugumo dalis.

Tyrimo tikslas - pastato konstrukcinio modelio elgsenos įvertinimas naudojant klasikinį idealizuotų konstrukcijų atramų priskyrimą (standi, lanksti) ir pastato - pagrindo sąveikos analizę, atliekant konstrukcijų skaičiavimus ant deformuojamojo pagrindo.

Tyrimo uždaviniai:

1 Išanalizuoti skirtingas polinio pamato deformacijų skaičiavimo metodikas.

2 Atlikti polinio pamato nuosėdžio skaičiavimus skirtingais analitiniais metodais ir kompiuterinių programų kompleksais bei palyginti gautus rezultatus.

3 Įvertinti polinio pamato sankabiame grunte nuosėdžių priklausomybes nuo polio skirtingų skersmenų ir ilgių.

Gauti darbo rezultatai rodo, kad polinio pamato nuosėdis mažėja, kai didinamas polio skersmuo ir ilgis, tiek atliekant analitinius skaičiavimus, tiek naudojant kompiuterinių programų paketus. Analitinių metodų skaičiavimai įvertina šoninės trinties stiprį, todėl nuosėdžio didėjimo ir mažėjimo tendencija yra panaši. Pavyzdžiui didinant polio ilgį po 1 metrą, nuosėdis mažėja 15-25 procentais visuose skaičiavimuose.

Naudojant skirtingų kompiuterinių programų paketus gauti rezultatai skiriasi iki 1,5 karto. Nepaisant skirtumo, išlieka tendencija nuosėdžio reikšmei mažėti, didinant skersmenį ir mažinant apkrovą. Visgi keičiant polio ilgį, rezultatų kitimo tendencijos skaičiuojant skirtingomis kompiuterinėmis programomis, išsiskiria. Kompiuterinių programų pakete „*Robot Structural Analysis*“ didinant polio ilgį nuosėdis ne mažėja, o netgi šiek tiek didėja. Taip yra todėl, kad programos pakete nėra įvertinama polio šoninė trintis. Programoje didinant polio ilgį, padidėja ir paties pamato svoris, o kai šoninė trintis nevertinama, tai nuosėdis šiek tiek padidėja.

Reikšminiai žodžiai: pastato-pagrindo sąveika, polis, tamprus pagrindas.

Įvadas

Konstrukcijų ant tampraus pagrindo skaičiavimo matematiniai modeliai kuriami kai projektuojant liaunus pamatus siekiama kuo tiksliau apskaičiuoti pamate susidarančias įrašas bei pagrindo reakcijas. Modeliais vadinami pagalbiniai objektai, naudojami natūraliai egzistuojantiems objektams analizuoti (Čyras, 1989). Matematiniam modeliavimui naudojamos visos matematinės ir loginės priemonės, matematinių ir loginių išraiškų bei priklausomybių sistemos, vaizduojančios esmines nagrinėjamo objekto (šiuo atveju – konstrukcijos ant tampraus pagrindo) savybes. Algoritmo blokinė schema yra tipiškas loginio modelio pavyzdys. Matematinių modelių lygčių sprendimui dažniausiai naudojami baigtinių skirtumų arba baigtinių elementų (toliau - BEM) metodai.

Pastatų pamatų projektavimui skiriama daug dėmesio užsienio ir Lietuvos mokslininkų darbuose. Pramoniniams pastatams su šaldymo įranga dažnai naudojamos specialios konstrukcijos, kurias gali būti sudėtinga analizuoti naudojant įprastus analitinius skaičiavimo metodus. BEM leidžia modeliuoti ir analizuoti sistemas apibrėžiant sudėtingas kraštines sąlygas. Pavyzdžiui, kraštinėmis sąlygomis gali būti laikomos apkrovos, tokios kaip šaldytuvų svoris, temperatūra, maisto produktų maišymas ir kt. Apskaičiuotos konstrukcijų įrašos perduodamos į atramas – pamatus. Ilgi ir liauni konstrukciniai elementai (pvz. poliai) skaičiuojami pagal konstrukcijų ant tampraus pagrindo skaičiavimo principus (Горбунов – Посадов и др., 1984; Krutinis, 2001; Симвулиди, 1968; Atkočiūnas, Naginevičius, 2000 ir kt., Akhazhanov et al, 2020). Polių analizei per pastaruosius metus pasiūlyta daug metodų. Nuo trumpų analitinių formulių iki sudėtingo baigtinių elementų metodo. Tinkamas skaičiavimų metodo pasirinkimas ir tikslesnis deformacijų apskaičiavimas leistų ne tik suprojektuoti ekonomišką polinių pamatų konstrukciją, bet ir padidinti jų patikimumą.

Mokslinė problema – kaip tiksliai įvertinti konstrukcijų ant tampraus pagrindo darbą. Pagrindo deformacijoms skaičiuoti yra sukurta daug metodikų (vietinių tamprųjų deformacijų teorija (Vinklerio pagrindas); tampraus puserdvio teorija; riboto storio sluoksnio teorija (S. Davydovas ir kt.) ir kitos), kurios vertina skirtingus (turinčius pagrindo savybėms vienokią ar kitokią įtaką) veiksnius, todėl projektavimo metu gaunami neapibrėžtumai – modeliavimo rezultatai pagal skirtingus metodus skiriasi.

Tyrimo tikslas – pastato konstrukcinio modelio elgsenos įvertinimas naudojant klasikinį idealizuotų konstrukcijų atramų priskyrimą (standi, lanksti) ir pastato – pagrindo sąveikos analizę, atliekant konstrukcijų skaičiavimus ant deformuojamojo pagrindo.

Tyrimo uždaviniai:

1. Išanalizuoti pastato polinio pamato deformacijų skaičiavimo metodikas.

2. Atlikti polinio pamato nuosėdžio skaičiavimus skirtingais metodais.
3. Palyginti polinio pamato nuosėdžio skaičiavimų rezultatus.
4. Nustatyti veiksnius, turinčius įtakos nuosėdžio skaičiavimo rezultatams.

Literatūros analizė

Analiitinių metodų panaudojimas konstrukcijų ant tampraus pagrindo projektavimui

Pastato pagrindo deformacijų skaičiavimams yra sukurta įvairių metodikų, kurios įvertina skirtingus veiksnius, turinčius įtakos pagrindo savybėms (Pengpeng, 2013; Akhmediev et al, 2023). Anksčiau naudota prielaida, kuri pagrįsta tiesinės priklausomybės tarp įtempių ir deformacijų dėsnio teigia, kad pagrindo deformacija yra tiesiškai priklausoma nuo išorinės apkrovos. Šią teoriją pirmasis pristatė akademikas N. Fusas 1801 m. Pagal šią teoriją pagrindas deformuojasi tik po konstrukcija, o pats pamatas laikomas standžiu.

Su lanksčių konstrukcijų įvedimu statybose atsirado naujos skaičiavimo teorijos. Pradininkai vietinių tampriųjų deformacijų teorijos yra mokslininkai E.Vinkleris ir H.Cimermanas (Симвулиди, 1968). Šiame modelyje pagrindas yra sudarytas iš tarpusavyje nesusijusių tamprių spyruoklių, kurios remiasi į standų nesideformuojantį sluoksnį. Kai lanksti konstrukcija yra apkrauta tolygiai išskirstyta apkrova, jos nuosėdis tolygus (neįlinksta) ir pagrindas deformuojasi tik po konstrukcija. Ši teorija naudojama orientaciniams skaičiavimams, kai kalbama apie linijinio pagrindo reaktyvinį slėgį. Tokia tiesiškai deformuojamo pagrindo schema ir dabar naudojama orientaciniams skaičiavimams. Esminiai teorijos trūkumai:

- šioje teorijoje neįvertinama, kad pagrindas sėda ne tik po konstrukcija, bet ir greta jos;
- eksperimentiniai tyrimai parodė, kad kai konstrukcija apkrauta tolygiai, tai nusėdimas vyksta „pilvu“ žemyn;
- remiantis eksperimentiniais tyrimais nustatyta, kad faktinė pagrindo pakloto koeficiento reikšmė, kuri tam pačiam gruntui priimama pastovi, priklauso nuo štampos, su kuriuo atliekami bandymai, dydžio.

Statybos techniniame reglamente STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“ nuosėdžiui vienalyčiuose sankibiuose ir biriuosiuose gruntuose skaičiuoti pateikta modifikuota tamprumo teorijos lygtis, kai naudojama tiesiškai deformuojamo puserdvio skaičiuotinė schema. Tampraus puserdvio teoriją pirmieji suformulavo G.Proktoras ir K.Vighartas XX amžiaus 2-ojo dešimtmečio pabaigoje. Teorijos esmė yra modelis, kurio pagrindą sudaro tamprios, tarpusavyje susijusios spyruoklės, atremtos į standų nesideformuojantį sluoksnį. Lanksti konstrukcija, apkrauta tolygiai išskirstyta apkrova, linksta kartu su pagrindo paviršiumi, joje veikia lenkimo momentai ir skersinės jėgos. Modelyje pagrindo savybes įvertina grunto deformacijos modulis ir skersinės deformacijos koeficientas (daroma prielaida, kad jie priklauso tik nuo grunto ir tam pačiam gruntui yra pastovūs).

Taikant tampraus puserdvio teoriją, realiau vertinama gruntų būklė po lanksčia konstrukcija, negu taikant vietinių tampriųjų deformacijų teoriją. Pagrindiniai šios teorijos trūkumai:

- tampraus puserdvio teorijoje priimta, kad grunto deformacijos modulis E tam pačiam gruntui pastovus, tačiau kaip rodo natūriniai tyrimai, einant gilyn, gruntas yra vis labiau sutankėjęs nuo viršutinių sluoksnių svorio, jo deformacijų modulis didėja, todėl $E \neq \text{const}$;
- skaičiuojant pagal šią teoriją buvo priimta, kad pagrindo reaktyvinis slėgis koncentruojasi po konstrukcijos kraštais, kad deformuojasi visas puserdvis, tačiau eksperimentiniai tyrimai parodė, kad realių gruntų deformacijos (tolstant nuo sijos) gęsta greičiau negu pagal šios teorijos sprendimus, taigi gaunami per dideli lenkimo momentai.
- skaičiuojant pagal tampraus puserdvio teoriją gaunamos didelės liekamosios deformacijos ir kyla prieštaravimas tamprumo sąvokai, nes gruntas nepriima tempimo įtempių.

Vėliau buvo sukurtos teorijos, kuriose siekta pašalinti ankstesnių teorijų trūkumus. Gan plačiai buvo taikoma riboto storio sluoksnio teorija, pagal kurią priimta, kad pagrindas sudarytas iš dviejų sluoksnių: 1) riboto storio tampraus tiesiškai deformuojamo grunto, 2) nesuspaudžiamo grunto sluoksnio. Pagrindo nuosėdžių skaičiavimo rezultatai, gauti taikant riboto storio sluoksnio teoriją, labiau atitinka eksperimentinius tyrimus, negu apskaičiuotieji pagal tampraus puserdvio teoriją.

Pagal pagrindinių tampraus pagrindo teorijų (vietinių tampriųjų deformacijų, tampraus puserdvio, riboto sluoksnio) analizę nurodomos tokios taikymo ribos:

- skaičiuojant pagal vietinių tampriųjų deformacijų teoriją, artimi eksperimentiniams rezultatai gaunami tada, kai pagrindą sudaro labai suspaudžiami gruntai, kurių stipris kerpančiam mažas, o apkrova didelė (kai grunte susiformuoja plastinių šlyties deformacijų zonos).
- lanksčioms konstrukcijoms ir jų pagrindams skaičiuoti tampraus puserdvio teorija taikoma tuomet, kai pagrindą sudaro mažai suspaudžiami gruntai, kurių stipris kerpančiam didelis.
- riboto sluoksnio teorija taikytina skaičiuoti lanksčių konstrukcijų ir pagrindų sąveikai, kai konstrukcijos pado plotas didelis ($>25 \text{ m}^2$), o pagrindas mažai suspaudžiamas.

Pamatų projektavimo 7 Eurokode (LST EN 1997-2) pateiktas metodas skirtas polių stiprumo po padu ir stiprumo ties šoniniu paviršiumi nustatymui. Šis analitinis metodas leidžia apskaičiuoti polinio pamato nuosėdį, naudojant kūginio stiprumo q_c reikšmes. Šis metodas yra tinkamas poliams, sumontuotiems grunto sluoksniuose, kuriuose yra mažai smulkių dalelių arba jų visai nėra.

Skaičiuojant polinio pamato nuosėdį sumavimo metodu, priimama, kad deformacijos vyksta tik grunte žemiau polio pado, o pats polis ir gruntas tarp jų lieka nesideformuojantys. Metodas taikomas ir tais atvejais, kai pagrindo gruntą sudaro sluoksniuoti, nevienalyčiai gruntai, kurių deformacijų moduliai skirtingi. Skaičiuojant pamato nusėdimą sumavimo metodu, gruntas po pamatu per visą pagrindo deformacijų zonos gylį dalijamas į tokio storio sluoksnelius, kad įtempių kitimo kreivę kiekviename iš jų būtų galima laikyti tiese. Šis metodas yra tikslus tik tuo atveju, jei priimama, kad grunte neatsiranda šlyties deformacijų, ir jei įtempių bei deformacijų priklausomybė grunte yra tiesinė. Netiesinės atskirų polių ir polių grupių nuosėdžių priklausomybės nuo apkrovos nagrinėjamos straipsnyje (Zhang et al, 2016).

Bowles metodas (Gabrielaitis ir kt., 2013) taikomas bendram pamato nuosėdžiui apskaičiuoti sumuojant polio ašies nuosėdį su polio viršaus taško poslinkiu. Metodo privalumas, kad vertinama ne tik grunto, bet ir pačio polio deformacija, t. y. polio susispaudimas nuo vertikalios apkrovos, kas, ypač aktualu ilgiems poliams ir gali sudaryti iki ~10 proc. viso pamato nuosėdžio.

Menardo metodas (LST EN ISO 22476-4:2021), yra įprastas ir efektyvus būdas tirti grunto suspaudžiamumą gręžiniuose. Presiometru šis metodas leidžia tyrinėti gruntus iki 20 m gylio. Pagrindo standumo reikšmės yra perskaičiuojamos naudojant formules.

Kai skaičiuojami giliųjų pamatų pagrindo įtempiai, priimama, kad pamatas yra standus, o gruntas yra tamprus ir tiesiškai deformuojamas kūnas. Pamatai laikomi standžiais, jei jų gylio ir pločio santykis yra mažesnis nei 10. Kai šis santykis yra didesnis, pamatas laikomas liaunu, tai jau nėra gilusis pamatas, o polis (Kazlauskas, 2023).

Kompiuterinių programinių paketų panaudojimas konstrukcijų ant tampraus pagrindo projektavimui

Viena iš alternatyvių sistemos "konstrukcija – pagrindas" – šarnyrinės grandies skaičiavimo metodas (Šadzevičius, 1998). Šis metodas naudojamas netiesiškai deformuojamų sijų (1 m pločio plokštės juosta arba polis nagrinėjama kaip lanksti sija), gulinčių ant tiesiškai ir netiesiškai deformuojamo Vinklerio pagrindo, tamprios pusplokštumės ir tamprios puserdvės skaičiavimuose. Šios programos trūkumas – ji veikia MS DOS ar WIN98 aplinkoje.

Kompiuterinių programų paketas „Robot Structural Analysis“ (toliau - RSA) yra programos, sukurtos „Autodesk“ ir pagrįstos baigtinių elementų modeliavimu. Šioje programoje nėra atskiro polinio pamato tipo, tačiau analizė, artima polinio pamato projektavimui, atliekama sukūrus apvalų gelžbetoninį elementą ir įvedus tamprias atramas, kurias reprezentuoja tam tikro standžio spyruoklės. Spyruoklių standį galima apskaičiuoti naudojant tampraus puserdvio skaičiavimo schemas formulėmis arba pasitelkiant RSA integruotą grunto standumo skaičiuoklę „Soil calculator“. Programa naudoja Boussinesque formulės išvestinę spyruoklių standumo skaičiavimui, kurios rezultatas yra vidutiniai įtempiai po stačiakampiu.

Kompiuterinių programų paketo GEO5 programos „Pile CPT“ ypatumas yra tai, kad ji skirta skaičiuoti atskiriems poliams, naudojant kūgio spraudos bandymo duomenis. Priešingai negu baigtinių elementų programos, „Pile CPT“ nesukuria grunto masės arba pačio polio baigtinių elementų. Ji veikia panašiai kaip automatizuota skaičiuoklė, kur įvedus duomenis gaunamas konkretus rezultatas. Svarbu pažymėti, kad šis metodas turi pranašumą palyginti su kitais, nes programa priima statinio zondavimo duomenis įvairiais formatais.

Darbo metodika

Tyrimų objektas – projektuojamo pramoninio pastato pamatai po kolonomis. Pastatą numatoma statyti šalia esamo gamybinio pastato (projektuojamo pastato konstrukcijos netvirtinamos prie esamo pastato). Projektuojamo pastato išmatavimai tarp kraštinių ašių $56,95 \times 70,95$ m. Bendras pastato plotas ~ 3425 m². Didžiąją projektuojamo statinio dalį (2/3) užima vieno aukšto patalpos. Dalyje pastato (1/3) įrengiamas antras aukštas.

Pagrindinių konstrukcijų žingsnis svyruoja 4,4 - 6,6 m. Statinio aukštis ties parapetu – 12,0 m, 8,3 m ir 6,4 m (nuo 0.00 altitudės).

Pastato konstruktyvas iš monolitinio gelžbetonio (poliai, galvenos, pamatų sijos) ir surenkamo gelžbetonio (kolonos, sijos perdangoms ir perdangos plokštės), denginio konstrukcijos – plieninės santvaros ir sijos. Stogas projektuojamas sutapdintas, su vidiniu vandens nuvedimu, įrengiamas ant plieninio profiliuoto pakloto ir gelžbetoninių plokščių denginio (techninių patalpų dalis).

Pamatai po kolonomis projektuojami gręžtiniai poliniai su galvenomis. Skaičiavimuose vertinami skirtingi polio skersmenys: apskrito skerspjūvio 400 mm ir apskrito skerspjūvio 500 mm. Kiekvienai apkrovai taip pat vertinami skirtingi polio ilgiai: 4,0 ir 5,0 m.

Taip pat ant polių projektuojami juostiniai rostverkai (300×700 mm, 300×800 mm, 300×1300 mm, 400×1300 mm ir 300×1800 mm) ir cokolinės pamatų sijos (200×1300 mm ir 200×1500 mm).

Rampų zonose numatytos monolitinio gelžbetonio sienos 300 mm storio, 5,0 m aukščio.

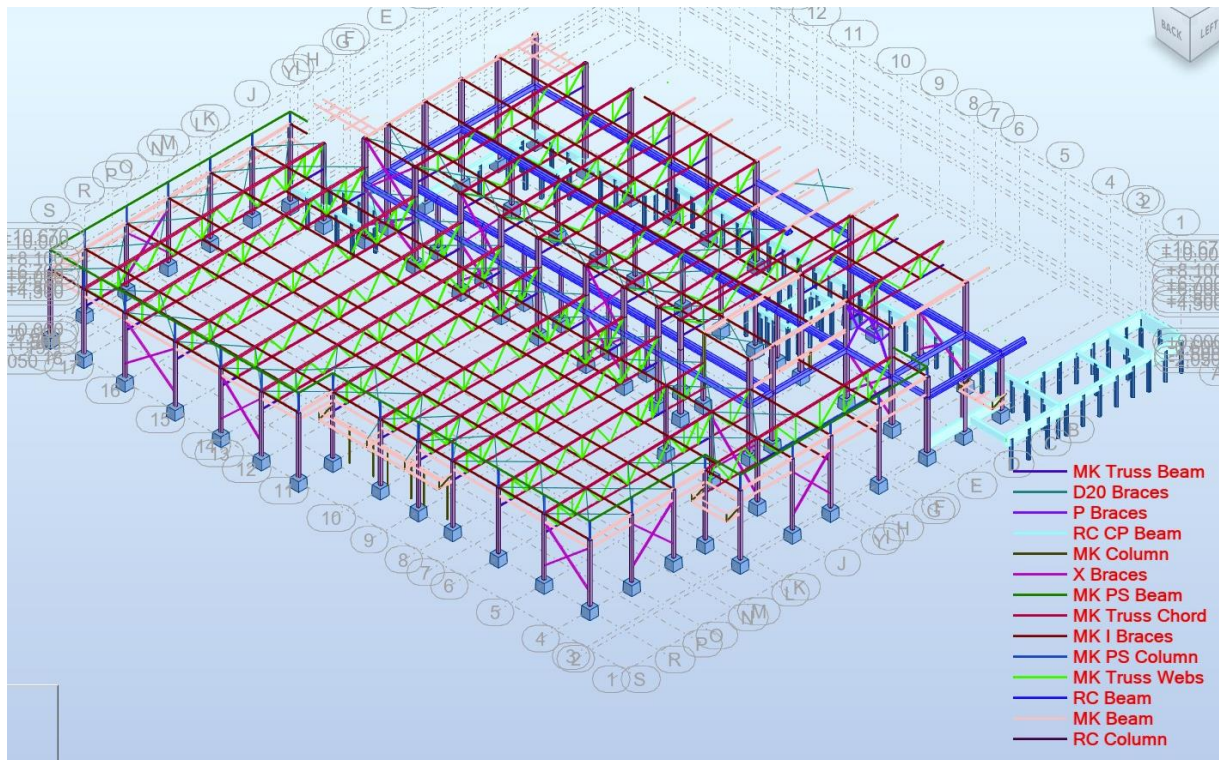
Polinio pamato nuosėdžių skaičiavimo metodai šiame darbe išskirti į dvi dalis (2 tipai). Pirmasis tipas – analitiniai, metodai aprašyti literatūros analizėje, kurie pagrįsti analitinių formulių sprendimu, o antrasis tipas – kompiuterinių programinių paketų naudojami metodai. Polinio pamato nuosėdžių modeliavimas atliktas kompiuterinių programų paketais „Robot Structural Analysis“ ir „GEO5“.

Kompiuterinių programų paketu RSA sukurtas apvalus gelžbetoninis elementas ir įvestos tamprios atramos, kurių standumas apskaičiuotas pasitelkiant RSA integruotą grunto standumo skaičiuoklę „Soil calculator“. Spyruoklių standumas po stulpiniu (kolonos) pamatu pateikiamas kN/m dimensijoje, o po juostiniu (linijiniu) pamatu ir po plokštuminiu pamatu atitinkamai kN/m² ir kN/m³. Įvedus tam tikro standumo atramas ir taikant apkrovas, gauta elemento deformacija, kuri reprezentuoja polio nuosėdį. Nuosėdis gali būti nustatytas bet kuriame elemento ilgio taške. Apatiniame taške gaunamas tik grunto suspaudimas, o viršutiniame – grunto suspaudimas kartu su to paties polio deformacija (Kazlauskas, 2023).

Kompiuterinių programų paketo GEO5 programos „Pile CPT“ pagalba apskaičiuoti skirtingo ilgio ir skersmens polių nuosėdžiai. Skaičiavimuose taikytas vietinių tamprųjų deformacijų metodas.

Pastato konstrukcijų skaičiavimo modelis pateiktas 1 paveiksle. Konstrukciniai skaičiavimai atliekami apkraunant pamato polių vertikaliomis apkrovomis. Praktikoje polis apkraunamas iki tiesinės priklausomybės tarp apkrovos ir nuosėdžio pabaigos, todėl svarbiausios yra reikšmės apskaičiuotos iki tamprumo ribos.

Baigtiniais elementais suskirstytame modelyje gautos atraminės reakcijos į pamatą. Iš visų derinių parinktos trys polių veikiančios vertikalių apkrovų didžiausios reikšmės: 228,77 kN; 214,78 kN ir 117,44 kN. Vertikaliosios apkrovos naudotos polinio pamato nuosėdžio skaičiavimuose.



1 pav. Pastato konstrukcijų skaičiavimo modelis

Šaltinis: sudaryta autorių

Rezultatai ir jų aptarimas

Nagrinėjami skaičiavimo metodai šiame darbe išskirti į dvi dalis (2 tipai). Pirmasis tipas – analitiniai, literatūroje aprašyti metodai, kurie pagrįsti analitinių formulių sprendimu, o antrasis tipas – kompiuterinių programinių paketų naudojami metodai.

Analitinių polinio pamato skaičiavimų esmę sudaro polio nuosėdžio apskaičiavimas skirtingais metodais pagal atitinkamas formules, kai žinomos polių veikiančios vertikalios apkrovos. Analitinių skaičiavimų rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

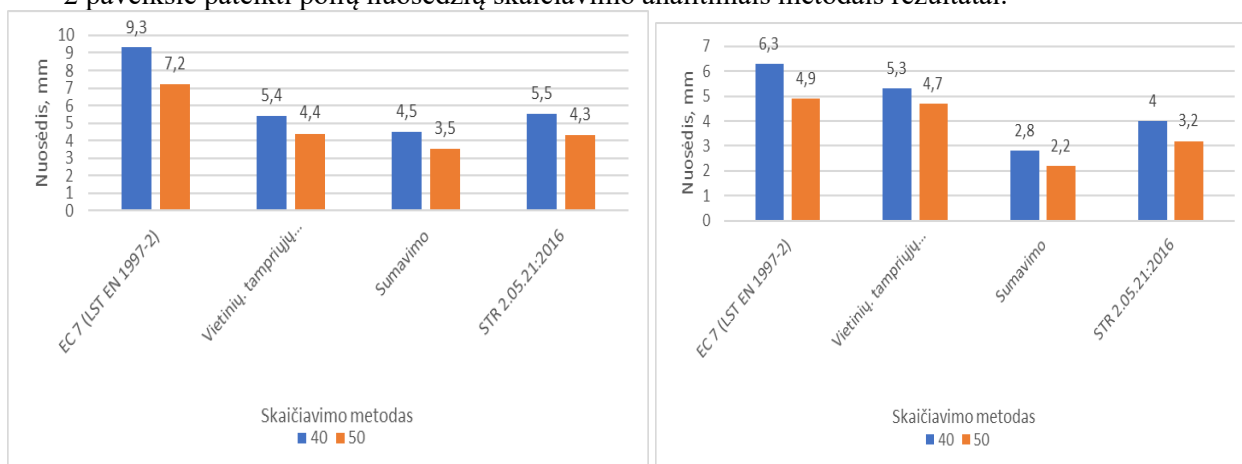
Polių nuosėdžio analitinių skaičiavimų rezultatai

Skaičiavimo metodas	Polio ilgis – 4,0 m			Polio ilgis – 5,0 m		
	Skersmuo, cm	Vertikali apkrova, kN	Nuosėdžio reikšmė, mm	Skersmuo, cm	Vertikali apkrova, kN	Nuosėdžio reikšmė, mm
Pagal Eurokodą 7 (LST EN 1997-2)	40	228,77	9,3	40	228,77	6,3
		214,78	8,5		214,78	5,9
		117,44	4,5		117,44	3,2
	50	228,77	7,2	50	228,77	4,9
		214,78	6,8		214,78	4,6
		117,44	3,7		117,44	2,5
Pagal vietinių tampriųjų deformacijų teoriją	40	228,77	5,4	40	228,77	5,3
		214,78	5,1		214,78	5,0
		117,44	2,8		117,44	2,7
	50	228,77	4,4	50	228,77	4,7
		214,78	4,1		214,78	4,4
		117,44	2,3		117,44	2,4
Pagal sumavimo metodą	40	228,77	4,5	40	228,77	2,8
		214,78	4,2		214,78	2,6
		117,44	2,3		117,44	1,3
	50	228,77	3,5	50	228,77	2,2
		214,78	3,3		214,78	2,1
		117,44	1,8		117,44	1,1
Pagal STR 2.05.21:2016	40	228,77	5,5	40	228,77	4,0
		214,78	5,2		214,78	3,8
		117,44	2,8		117,44	2,1
	50	228,77	4,3	50	228,77	3,2
		214,78	4,0		214,78	3,0
		117,44	2,2		117,44	1,6

Šaltinis: sudaryta autorių

Lentelėje pateikti rezultatai rodo, kad polių nuosėdžiai mažėja, kai didinamas polio skersmuo ir ilgis, taikant visus skaičiavimo metodus. Žinant, kad visi pateikti metodai yra analitiniai ir įvertina šoninės trinties stiprį, todėl pastebima panaši tendencija dėl nuosėdžio mažėjimo, didinant abiejų parametru vertes. Nustatyta, kad padidinus polio ilgį 1 metru, nuosėdis sumažėja 15-25 procentais taikant visus skaičiavimų metodus.

2 paveiksle pateikti polių nuosėdžių skaičiavimo analitiniais metodais rezultatai.



2 pav. Nuosėdžių skaičiavimo rezultatai analitiniais metodais esant apkrovai 228,77 kN, polio skersmenims 40 ir 50 cm, polio ilgiui: paveikslo kairėje 4m; paveikslo dešinėje 5 m

Šaltinis: sudaryta autorių

Nepaisant panašių nuosėdžio pokyčių, keičiant polių ilgį ir skersmenį, galutiniai rezultatai tarp įvairių metodų išlieka ženkliai skirtingi. Pavyzdžiui didžiausias nuosėdis, apskaičiuotas, kuomet skersmuo 40 cm, o ilgis 4,0 m yra 9,3 mm (skaičiuojant pagal (LST EN 1997-2) metodiką), o mažiausias – 4,5 mm (skaičiuojant sumavimo metodu). Nustatyta, kad nuosėdžių vertės skiriasi daugiau negu 2 kartus. Skaičiavimų rezultatai

skiriasi dėl to, kad kiekviename metode daromos tam tikros prielaidos, supaprastinimai. Pavyzdžiui sumavimo metodas labiau skirtas nuosėdžiui skaičiuoti, kai pamatas įrengiamas sluoksnuotame grunte - sumuojami nuosėdžiai atskirų sluoksnių viduryje. Atkreiptinas dėmesys, kad didesnio ilgio poliams nuosėdžio paklaidos, siekiančios daugiau kaip 1 mm, gali įtakoti per didelio polio skersmens parinkimą ir mažesnę paties pamato racionalumą. 2 lentelėje pateikti polių nuosėdžio kompiuterinių programų paketais, skaičiavimo rezultatai.

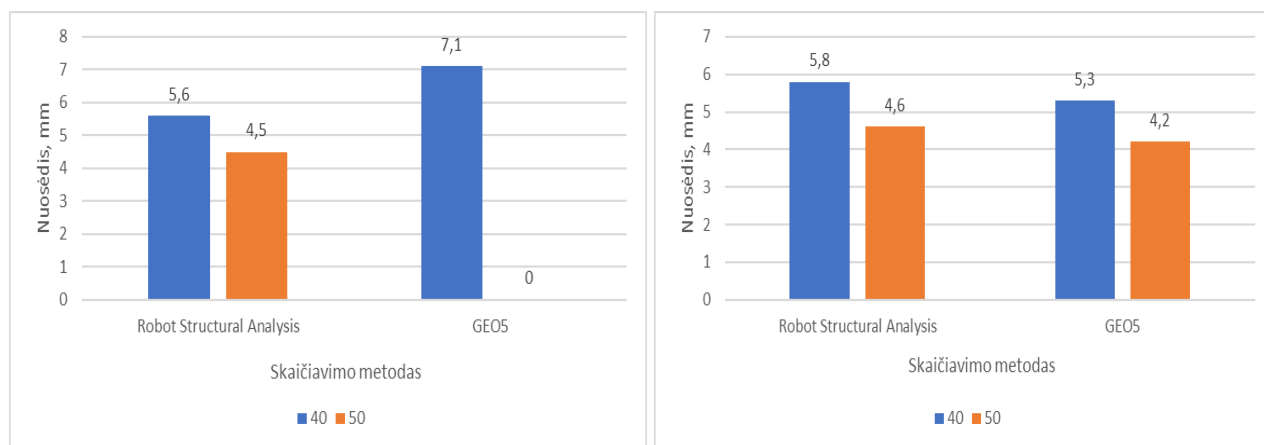
2 lentelė

Pamato polių nuosėdžio, kompiuterinių programų paketais, skaičiavimo rezultatai

Kompiuterinių programų paketas	Polio ilgis – 4,0 m			Polio ilgis – 5,0 m		
	Skersmuo, cm	Vertikali apkrova, kN	Nuosėdžio reikšmė, mm	Skersmuo, cm	Vertikali apkrova, kN	Nuosėdžio reikšmė, mm
„Robot Structural Analysis“	40	228,77	5,6	40	228,77	5,8
		214,78	5,3		214,78	5,4
		117,44	3,0		117,44	3,1
	50	228,77	4,5	50	228,77	4,6
		214,78	4,3		214,78	4,4
		117,44	2,5		117,44	2,6
„GEO5“	40	228,77	7,1	40	228,77	5,3
		214,78	6,5		214,78	4,9
		117,44	3,2		117,44	2,5
	50	228,77	-	50	228,77	4,2
		214,78	-		214,78	3,9
		117,44	-		117,44	2,0

Šaltinis: sudaryta autorių

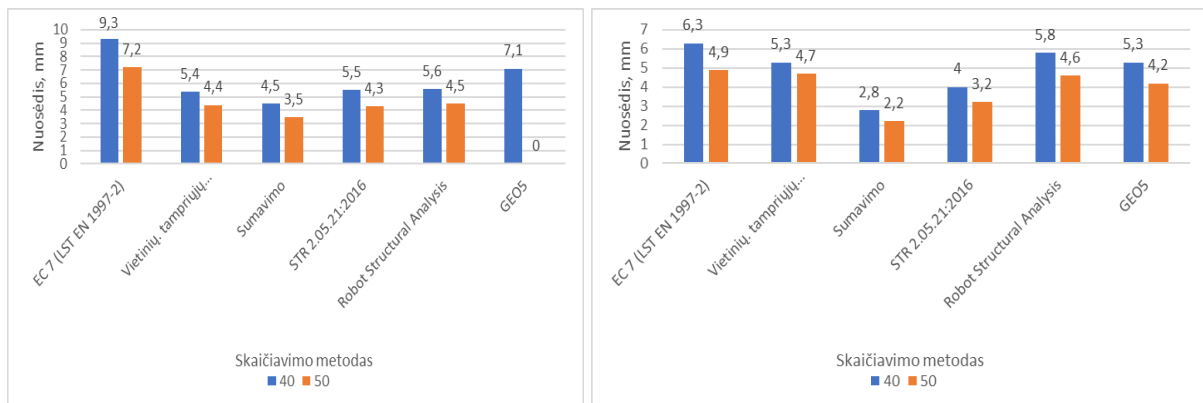
Iš lentelėje pateiktų skaičiavimų rezultatų, matyti, kad naudojant RSA ir GEO5 kompiuterinių programų paketus gauti rezultatai skiriasi iki 1,5 karto. Nepaisant skirtumo, nustatyta, kad nuosėdžių vertės mažėja didinant skersmenį ir mažinant apkrovą. Polių nuosėdžiai proporcingai mažėja tiek, kiek sumažinama apkrova. Didinant polio skersmenį, nuosėdžio reikšmė sumažėja proporcingai tiek, kiek padidėja pado skerspjuvio plotas. Nuosėdžiai apskaičiuoti RSA ir GEO5, esant 40 cm polio skersmeniui, skiriasi 56 procentais. Keičiant polio ilgį, nuosėdžių skaičiavimo rezultatų kitimo tendencijos skaičiuojant skirtingomis kompiuterinėmis programomis, išsiskiria. Kompiuterinių programų pakete RSA didinant polio ilgį nuo 4 iki 5 m nuosėdis ne mažėja, o netgi šiek tiek didėja. Taip yra todėl, kad kompiuterinių programų pakete nėra įvertinama polio šoninė trintis (Kazlauskas, 2023). RSA programoje didinant polio ilgį, padidėja ir pačio pamato svoris, nes keičiasi pats baigtinis elementas, tačiau šioje programoje šoninė trintis nevertinama ir grunto po polio padu savybės nesikeičia, todėl polio nuosėdis šiek tiek padidėja. Kompiuterinės programos „GEO5“ pakete didinant polio gylį, polio nuosėdis mažėja vidutiniškai 25 procentus kiekvienam papildomam polio ilgio metrui. 3 paveiksle grafiškai pateikti polių nuosėdžių skaičiavimo rezultatai.



3 pav. Nuosėdžių skaičiavimo rezultatai kompiuteriniais programiniais paketais, esant apkrovai 228,77 kN, polio skersmenims 40 ir 50 cm, polio ilgiui: paveikslo kairėje 4m; paveikslo dešinėje 5m

Šaltinis: sudaryta autorių

4 paveiksle pateikti polių nuosėdžių skaičiavimo analitiniais metodais ir kompiuterinių programų paketais rezultatai.



4 pav. Nuosėdžių skaičiavimo rezultatai analitiniais metodais ir kompiuteriniais programiniais paketais, esant apkrovai 228,77 kN, polio skersmenims 40 ir 50 cm, polio ilgiui: paveiklo kairėje 4 m; paveiklo dešinėje 5 m.

Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuojant 4 paveiksle pateiktus skaičiavimų rezultatus galima teigti, kad esant polio ilgiui 4 m nuosėdžių skirtumas taikant vietinių tampriųjų deformacijų metodą, tiesiškai deformuojamo puserdvio metodą (STR 2.05.21:2016) ir naudojant kompiuterinį programinį paketą „*Robot Structural Analysis*“ nėra didelis. Esant polio ilgiui 5 m skaičiavimų rezultatai yra kur kas vienodesni taikant vietinių tampriųjų deformacijų metodą ir kompiuterinį programinį paketą „*GEOS*“.

Išvados

1. Atlikus mokslinės literatūros analizę, nustatyta, kad nėra aišku, kuris polių nuosėdžių skaičiavimo metodas tiksliausias, reikalinga atlikti polinio pamato nuosėdžio skaičiavimus skirtingais pateiktais metodais ir palyginti gautus rezultatus.

2. Skaičiuojant polinio pamato nuosėdį analitiniais metodais nustatyta, kad didinant polio skersmenį nuosėdis mažėja nuo 25 iki 45 procentų, o naudojant kompiuterinius programinius paketus, nuosėdis didinant polio skersmenį mažėja nežymiai, t. y. nuo 15 iki 25 procentų.

3. Palyginus polinio pamato nuosėdžio skaičiavimų rezultatus skirtingais analitiniais metodais nustatyta, kad nuosėdžiai gali skirtis net iki 2 kartų (kompiuterinėmis programomis gauti rezultatai skiriasi iki 1,5 karto). Tokie skaičiavimų skirtumai tikėtina gauti dėl skirtinguose skaičiavimo metoduose taikomų prielaidų, supaprastinimų bei pradinių įvesties duomenų (polių skersmenų, ilgių, grunto vienalytiškumo ir t.t.).

4. Iš šešių analizuotų polinio pamato nuosėdžių skaičiavimo metodų, penkiuose nustatyta, kad didinant polio ilgį nuosėdis nuosekliai mažėja dėl polio didėjančio šoninio paviršiaus ploto ir jo trinties su gruntu. Tačiau kompiuteriniu programiniu paketu „*Robot Structural Analysis*“ gauti nuosėdžių skaičiavimų rezultatai rodo, kad didėjantis polio ilgis gali padidinti nuosėdį, nes programoje nėra galimybės įvertinti šoninės trinties, o didinant ilgį padidėja baigtiniais elementais sumodeliuoto polio svoris.

5. Polinio pamato nuosėdžio skaičiavimo metodo parinkimui turi įtaką polio ilgis ir skersmuo, nes šie veiksniai įtakoja galutinius skaičiavimų rezultatus, ypač taikant sumavimo metodą, t. y. kada keičiant polio ilgį bei skersmenį, nuosėdis pakito net iki 60 procentų.

Literatūra

1. Akhazhanov, S.; Omarbekova, N.; Mergenbekova, A.; Zhunussova, G.; Abdykeshova, D.. Analytical solution of beams on elastic foundation, International Journal of GEOMATE, 2020, (19:73), p. 193–200, prieiga per: <http://dx.doi.org/10.21660/2020.73.51487>
2. Akhmediev S., Mikhailov V., Tazhenova G., Bakirov M., Filippova T., Tokanov D. Calculating a beam of variable section lying on an elastic foundation Journal of Applied Engineering Science. 2023, (21: 1), p. 87-93 prieiga per: <https://doi.org/10.5937/jaes0-38800>
3. Atkočiūnas J., Nagevičius J. Tamprumo teorijos pagrindai: mokomoji knyga. Vilnius, Technika, 2000. 264 p.
4. Čyras A. Statybinė mechanika: vadovėlis resp.aukšt. m–klų spec.stud. Vilnius, Technika, 1989. 444 p.
5. Gabrielaitis, L., Papinigis, V., G. Žaržojus. Estimation of Settlements of Bored Piles Foundation. Procedia Engineering. Vilnius: Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2013, 57(1), prieiga per: www.elsevier.com/locate/procedia.
6. Kazlauskas, M. Polinio pamato nuosėdžio skirtingų skaičiavimo metodų palyginamoji analizė. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas / dr. Donatas Aviža; Kauno technologijos universitetas, Panevėžio technologijų ir verslo fakultetas. Panevėžys, 2023. 69 p.
7. Krutinis. A. Konstrukcijų ant tampriojo pagrindo skaičiavimo teorija ir metodai. Vilnius, Technika, 2001. 168p.
8. Lietuvos standartizacijos departamentas. LST EN 1997-1:2006. Eurokodas 7. Geotechninis projektavimas. Pagrindinės taisyklės. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2006.

9. Lietuvos standartizacijos departamentas. LST EN ISO 22476-4:2021. Geotechniniai tyrinėjimai ir bandymai. Lauko bandymai. 4 dalis. Bandymas įgręžtu presiometru taikant Ménardo metodą. Vilnius: Lietuvos standartizacijos departamentas, 2021.
10. Pengpeng N. Effects of soil-structure interaction on direct displacement- based assessment procedure of multi-span reinforced concrete bridges, *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 2013, (17:7), p. 507-531, prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2013.771111>
11. Statybos techninis reglamentas STR 2.05.21:2016 „Geotechninis projektavimas. Bendrieji reikalavimai“: Lietuvos Respublikos aplinkos ministro įsakymas 2016 liepos 4 d. Nr. 2016-19388 Prieiga per: <https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/f701a690440311e6bd3bfefc575ccac4>.
12. Šadzevičius R. Sijų ant tampraus pagrindo skaičiavimo algoritmas ir kompiuterinė programa. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovas / dr. Lindišas L.; Žemės ūkio universitetas, Kaunas-akademija, 1998. 80 p.
13. Zhang Q., Liu, S., Zhang J., Wang K. Simplified non-linear approaches for response of a single pile and pile groups considering progressive deformation of pile-soil system. *Soils and foundations*. Xuzhou: China University of Mining and Technology, 2016, prieiga per: <http://dx.doi.org/10.1016/j.sandf.2016.04.013>
14. Горбунов–Посадов М. Н., Маликова Т. А., Соломин В. И. Расчет конструкций на упругом основании. Москва, Стройиздат, 1984. 679 с.
15. Симвулиди И. А. Расчет инженерных конструкций на упругом основании. Москва, Высшая школа, 1968. 276 с.

ANALYSIS OF THE INDUSTRIAL BUILDING FOUNDATION-BASE INTERACTION

Summary

When designing meat processing industrial buildings with cold rooms and equipment, it is important to evaluate the supporting structures, which are an essential part of the stability and safety of the building.

The aim of the study is to evaluate the behavior of the building structural model using the classical classification of supports of idealized structures (rigid, flexible) and the analysis of the interaction between the building foundation and base, performing construction calculations on a deformable foundation.

Research tasks: 1 To analyze different methods of calculating the deformations of the pole foundation. 2 Perform calculations of pile foundation settlement using different analytical methods and computer program packages and compare the obtained results. 3 To assess the dependence of settlements on piles of different diameters and lengths in the cohesive soil.

The results of the work show that the settlement of the pile foundation decreases when the diameter and length of the pile are increased, both by analytical calculations and by using computer program packages. Calculations of analytical methods estimate the strength of lateral friction, so the trend of increase and decrease of sediment is similar. For example, when increasing the length of the pile by 1 meter, the settlement decreases by 15-25 percent in all calculations.

When using different computer program packages, the results obtained differ by up to 1.5 times. Despite the difference, there remains a tendency for the settlement value to decrease with increasing diameter and decreasing load. However, when changing the length of the pile, the trends of the results when calculated by different computer programs differ. In the Robot Structural Analysis software package, increasing the pile length does not decrease the settlement, but even slightly increases it. This is because the application package does not evaluate pile lateral friction. When increasing the length of the pile in the program, the weight of the foundation itself increases, and when lateral friction is not evaluated and the properties of the soil under the pile base do not change, the settlement slightly increases.

Key words: building-base interaction, pile, elastic foundation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: geotechnika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37060097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos lektorius.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 69995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTERS AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Associated Professor of Construction Engineering Study Program.

Author's research interests: geotechnics.

Telephone and e-mail address: +37060097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Dainius Ramukevičius.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Construction Engineering Study Program.

Author's research interests: building materials and constructions.

Telephone and e-mail address: +3709995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt

SPORTO PASKIRTIES PASTATO STOGĄ LAIKANČIŲ KONSTRUKCIJŲ IR DENGINIŲ DERINIŲ RACIONALIAUS SPRENDINIO NUSTATYMAS, TAIKANT DAUGIAKRITERINĮ VERTINIMĄ IR REZULTATŲ SINTEZĘ

Violeta Medelienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Dėl pasaulinės klimato kaitos tendencijų daugumoje gyvenimo sričių vis dažniau atsigręžiama į ekologiškus ir tvarius sprendinius. Lietuvos statybos sektorius vienas iš pirmųjų išsikėlė ambicingus uždavinius – ženkliai didinti tvarių konstrukcijų naudojimą. Viena iš tokių sričių yra sporto paskirties pastatų stogai, kurių projektuose naudojami įvairūs stogą laikančių tvarių konstrukcijų ir denginių deriniai. Tyrime keliamas tikslas – išanalizuoti sporto paskirties pastatų stogą laikančių konstrukcijų bei denginių derinius ir nustatyti racionalų sprendinį.

Straipsnyje pateikiama detali stogą laikančių konstrukcijų ir denginių analizė bei sudaryti jų deriniai. Nustatyti aktualūs vertinimo aspektai, sudaryta vertinimo rodiklių sistema, apskaičiuotas rodiklių teorinis, subjektyvus ir kompleksinis reikšmingumai. Parinkus du skirtingus daugiakriterinius vertinimo metodus ir atlikus vertinimą bei rezultatų sintezę, nustatytas racionalus stogo laikančių konstrukcijų ir denginio derinys.

Reikšminiai žodžiai: stogo konstrukciniai deriniai, vertinimo aspektai, subjektyvus, teorinis, kompleksinis kriterijų reikšmingumai, daugiakriteriniai metodai, rezultatų sintezė, racionalus sprendinys.

Įvadas

Kasmet Lietuvoje vis daugiau žmonių atranda sportą, auga susidomėjimas įvairiomis treniruotėmis. Vienos populiariausių sporto aštuolius traukiančių užsiėmimų yra grupinės treniruotės. Šiuo metu grupinėse treniruotėse populiari dirbti su savo kūno svoriu, o daugiausia sportininkų susirenka į vidutinio intensyvumo užsiėmimus. Šiuo metu išaugęs sporto ir laisvalaikio centrų poreikis pastebimas ne tik miestuose, bet jau persikelia ir į regionus.

Neturint sportui reikalingos infrastruktūros, sunkiai įsivaizduojamas ir profesionalių, šalį garsinančių sportininkų tobulėjimas ir aukšti jų rezultatai tarptautinėse varžybose. „Be tinkamos, prieinamos sporto infrastruktūros negalime tikėtis nei daugiau Lietuvą tarptautinėse arenose garsinančių aukšto meistriškumo sportininkų, nei fiziškai aktyvios visuomenės, auginančios sportininkų pamainą. (Per trejus metus sporto infrastruktūrai skirta beveik 60 mln. eurų, 2023).

Švietimo, mokslo ir sporto ministerija informuoja, kad 2021–2023 m. iš Valstybės investicijos programos sporto infrastruktūros objektams skirta 31,2 mln. eurų. Iš šios programos finansuotas neseniai Plungėje atidarytas universalus sporto ir sveikatingumo kompleksas, vyksta Lazdijų sporto centro sporto salės pastato, sporto komplekso su 50 m baseinu Elektrėnuose rekonstrukcijos, daugiafunkcės sporto salės Rokiškyje, Mažeikių sporto ir pramogų centro, sporto ir kultūros komplekso Tauragėje, sporto ir sveikatingumo komplekso Biržuose ir kitų sporto infrastruktūros objektų įvairiuose šalies miestuose statybos.

Naudojantis valstybės investicijų programa kartu su savivaldybėmis planuojama iki 2025 m. šalyje įrengti penkis naujus nustatytų matmenų dengtus maniežus Šiauliuose, Panevėžyje, Klaipėdoje, Kauno mieste ir rajone (Per trejus metus sporto infrastruktūrai skirta beveik 60 mln. eurų, 2023).

Esant nemažam tokios paskirties pastatų poreikiui kartu auga ir tokių pastatų projektavimo bei statybos poreikis.

Sporto paskirties pastatams kasmet keliami vis aukštesni reikalavimai. Siekiama, kad pastatuose projektuojamos patalpos ir erdvės būtų ne tik patogiai išplanuotos ir suteiktų visus efektyviam darbui ir sportui reikalingus privalumus, bet ir būtų draugiškos aplinkai bei žmogui. Vis daugiau šiandien dėmesio skiriama pastatų tvarumo aspektams (Verslo žinios, 2021).

Atsižvelgiant į naujus reikalavimus, Lietuvos Respublikos Aplinkos ministerijos siūlymą nuo 2024 m. visuomeninius pastatus statyti iš medienos ir organinių medžiagų, kurios sudarytų 50 proc. viso statinio statybos medžiagų (LR Aplinkos ministerija, 2021), sporto paskirties pastatuose taip pat turėtų atsirasti daugiau medinių konstrukcijų.

Vienos iš tokių konstrukcijų, kurios yra alternatyva iki šiol naudojamoms metalinėms konstrukcijoms, būtų denginį laikančios medinės konstrukcijos. Renkantis projektuose medines konstrukcijas aktualu įvertinti, kurios iš jų – medinės ar metalinės yra pranašesnės suinteresuotas grupes dominančiais aspektais ir kokie stogo su šiomis konstrukcijomis deriniai būtų racionalesni?

Todėl tyrime keliamas *tikslas* – išanalizuoti sporto paskirties pastatų denginį laikančių konstrukcijų ir denginių derinius ir nustatyti racionalų sprendinį.

Tiksliui realizuoti, numatyti tokie uždaviniai: 1- išanalizuoti sporto paskirties pastatų denginio ir stogo konstrukcijas ir sudaryti derinius; 2- nustatyti stogo konstrukcinių derinių svarbiausius vertinimo aspektus; 3-

apskaičiuoti vertinimo rodiklių reikšmingumą; 5- atlikti stogo konstrukcinių derinių daugiakriterinį vertinimą ir, taikant metodų sintezę, nustatyti efektyvų sprendinį.

Tyrimo objektas- sporto paskirties pastatų stogų konstrukcijos.

Tyrimas atliktas prisilaikant tokių etapų: 1- taikant informacijos šaltinių analizės metodus atlikta sporto paskirties pastatų denginių laikančių konstrukcijų ir denginių analizė; 2- taikant modeliavimo metodus, sudaryti alternatyvių variantų deriniai; 3- taikant ekspertinės apklausos metodus sudaryta vertinimo rodiklių sistema; 4- naudojant teorinio, ekspertinio ir kompleksinio rodiklių reikšmingumo nustatymo metodus, apskaičiuotas jų reikšmingumas; 5- naudojant daugiakriterinio vertinimo metodus ir metodų sintezę, atliktas stogo konstrukcinių derinių vertinimas ir nustatytas racionalus stogo konstrukcinis derinys.









Sporto paskirties pastatų stogų laikančių konstrukcijų ir denginių variantų analizė

Analizuojant didelių angų sporto pastatų denginių konstrukcijas šiuolaikiniuose projektiniuose sprendiniuose dažniausiai sutinkamos metalinės ir klijuotos medienos sijos, taip pat medinės ir metalinės santvaros. Atitinkamai ant tokių laikančių pagrindų įrengiami daugiasluoksnių plokščių (Daugiasluoksnės stogo plokštės- konstrukcija ir naudojimas, 2022) , sluoksniuotų konstrukcijų su bituminėmis, PVC, kaučiuko ar kt. dangomis (Kovaitis, 2016; p.22-31; Plokšti stogai, 2022), aliuminio- stiklo konstrukcijų stogai (Aliuminio stiklo konstrukcijos. ASA.LT. (interaktyvus), 2023; Modern building glass roof structure construction site, 2022) taip pat naudojami mišrūs deriniai.

Tyrimui pasirinktas sporto paskirties pastatas, kurio maksimali anga- 15 m ir keliamas reikalavimas suprojektuoti apšvietimą iš viršaus. Tyrime, kaip laikančių stogo konstrukcijų variantai, analizuojamos plieninės ir klijuotos medienos sijos, plieninės ir medinės santvaros, o pati stogo konstrukcija projektuojama mišri: 1- iš daugiasluoksnių plokščių, įrengiant stoge švieslangius ir 2- iš aliuminio- stiklo konstrukcijų, dalyje stogo naudojant daugiasluoksnės plokštes. Iš analizei atrinktų variantų sudaryti deriniai pateikti 1-oje lentelėje.

1 lentelė

Stogų laikančių konstrukcijų ir denginių deriniai

Derinio pavadinimas	Denginių laikanti konstrukcija		Stogo konstrukcija
1 derinys. Plieninė laikanti sija ir daugiasluoksnė denginio plokštė ir švieslangiais (A1)	 <i>Šaltinis: Barauskaitė S. Sporto ir laisvalaikio centro Kačerginėje baseino stogo įrengimo sprendimų analizė, 2016. http://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:14502207/datastreams/MAIN/content</i>	+	 <i>Šaltinis: Daugiasluoksnės stogo plokštės- konstrukcija ir naudojimas [interaktyvus], (žiūrėta 2023 10 14), https://e-kingspan.lt/daugiasluoksnės-stogo-plokštės-konstrukcija-ir-naudojimas/</i>
2 derinys. Klijuoto medžio sija ir daugiasluoksnė denginio plokštė ir švieslangiais (A2)	 <i>Šaltinis: Barauskaitė S. Sporto ir laisvalaikio centro Kačerginėje baseino stogo įrengimo sprendimų analizė, 2016. http://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:14502207/datastreams/MAIN/content</i>	+	 <i>Šaltinis: Daugiasluoksnės stogo plokštės- konstrukcija ir naudojimas [interaktyvus], (žiūrėta 2023 10 14). https://e-kingspan.lt/daugiasluoksnės-stogo-plokštės-konstrukcija-ir-naudojimas/</i>
3 derinys. Plieninė santvara ir mišri aliuminio stiklo konstrukcija su daugiasluoksnėmis plokštėmis (A3)	 <i>Šaltinis: Barauskaitė S. Sporto ir laisvalaikio centro Kačerginėje baseino stogo įrengimo sprendimų analizė, 2016. http://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:14502207/datastreams/MAIN/content</i>	+	 <i>Šaltinis: Modern building glass roof structure construction site. https://www.dreamstime.com/modern-building-glass-roof-structure-construction-site-business-architecture-steel-image139368104</i>
4 derinys. Medinė santvara ir aliuminio stiklo konstrukcija (A4)	 <i>Šaltinis: Barauskaitė S. Sporto ir laisvalaikio centro Kačerginėje baseino stogo įrengimo sprendimų analizė, 2016. http://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:14502207/datastreams/MAIN/content</i>	+	 <i>Šaltinis: Modern building glass roof structure construction site. https://www.dreamstime.com/modern-building-glass-roof-structure-construction-site-business-architecture-steel-image139368104</i>

Šaltinis: sudaryta autorės

Stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių vertinimo rodiklių sistemos sudarymas ir jų reikšmingumo skaičiavimas

Moksliniai šaltiniai teigia, kad pagrindinis klientas projektavimo, įrengimo ir eksploatacijos procesuose yra užsakovas (naudotojas). Todėl, parenkant vertinimo rodiklių sistemą, reikia visapusiškai išsiaiškinti užsakovo (naudotojo) poreikius ir tikslus, kurie vėliau išreiškiami vertinimo rodikliais (Tamošaitienė, 2009; Zavadskas ir kt., 2008; 2001). Tuo tikslu buvo atlikta tokio tipo pastatų užsakovų (naudotojų) apklausa. Remiantis apklausos rezultatais ir autorės praktine patirtimi, sudaryta stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių vertinimo rodiklių sistema. Analizuojant pasirinktus vertinimo rodiklius galima konstatuoti, kad ne visi rodikliai pagrindiniams proceso dalyviams atskiruose proceso etapuose yra vienodai svarbūs: kai kurie projektavimo etapo rodikliai labai svarbūs rangovui, kuris vykdo šiuos darbus, eksploatacijos etapo rodikliai yra svarbūs projektuotojams, užsakovui (naudotojui) labai aktualūs visuose etapuose priimami sprendimai ir jų rodikliai. Tačiau atskiriems proceso dalyviams atskiruose etapuose jie nėra vienodai svarbūs: mažiau svarbūs rodikliai tada, kada proceso dalyvis yra tik stebėtojas, svarbesni, kai naudotojas. Sprendžiant šias problemas moksliniai šaltiniai (Zavadskas ir kt., 2008;2001) rekomenduoja nustatyti vertinimo rodiklių reikšmingumą.

Stogo derinių variantų vertinimui parinkti tokie rodikliai: įrengimo laikas (K1), dienomis, darbo sudėtingumas (K2), vidutinė darbo kategorija mechanizmų kaina (K3), Eur, medžiagų kaina (K4), Eur, ilgaamžiškumas (K5), metais, atsparumas ugniai (K6), balais, estetinis vaizdas (K7), balais, remonto sudėtingumas (K8), balais, priežiūros sudėtingumas (K9), balais.

Vertinimo rodiklių skaičiavimui naudoti teorinis entropijos (Zavadskas ir kt., 2001; p. 139-142), ekspertinis porinio palyginimo (Zavadskas ir kt., 2001; p. 142-160) ir kompleksinis (Zavadskas ir kt., 2001; p. 224- 227) reikšmingumo nustatymo metodai. Vertinimo rodiklių skaitinės reikšmės pateiktos 2-oje lentelėje.

2 lentelė

Vertinimo rodiklių reikšmingumai

Reikšmingumas, %	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	Σ
Teorinis	12	10	12	10	11	15	10	11	9	100
Subjektyvus	17	8	14	22	18	5	11	4	1	100
Kompleksinis	18	7	15	20	18	7	10	4	1	100

Šaltinis: sudaryta autorės

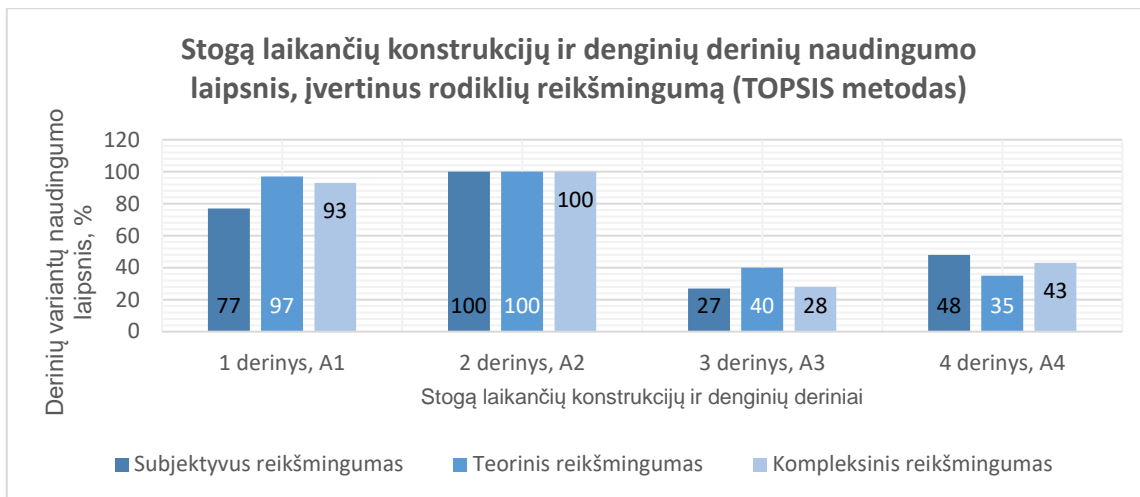
Stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių daugiakriterinis vertinimas

Pasaulyje naudojama daug ir įvairių daugiakriterinio vertinimo metodų. Konkrečiam uždaviniui spręsti daugiakriterinių metodų taikymo galimybės nagrinėjamos daugeliu požymių, kurie gali būti paprasti, vidutiniški ir sudėtingi. Pasirenkant metodą analizuojamas išspręstų konkretaus pobūdžio uždavinių skaičius, galimų alternatyvių sprendimų skaičius, didžiausias galimas vertinimo rodiklių skaičius, gautų rezultatų patikimumo tyrimo galimybės, uždavinio sprendimo laikas ir pan. (Zavadskas ir kt., 2001; p.160-166).

Tyrime alternatyvių stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių derinimui parinkti daugiakriteriniai naudingumo vertės ir artumo idealiam taškui metodai. Galutiniam efektyviam inžineriniam sprendimui priimti, kai taikomi keli daugiakriteriniai sprendimų vertinimo metodai, atlikta gautų rezultatų sintezė. Gautų rezultatų sintezei naudoti vidurkio, Borda ir Copeland metodai (Ustinovičius ir kt, 2007; p. 401-407).

TOPSIS (artumo idealiam taškui) metodas (Zavadskas ir kt., 1996; p. 156-160)- tai nagrinėjamų variantų prioritetiškumo nustatymo metodas, kur optimali alternatyva turi mažiausią atstumą nuo idealaus sprendimo ir didžiausią atstumą nuo idealiai blogiausio sprendimo. Priimant inžinerinius sprendimus šis metodas patogus tuo, kad kiekvienas vertinimo rodiklis turi reikšmingumą, todėl jį patogu taikyti, esant dideliame vertinimo rodiklių skaičiui.

Taikant TOPSIS metodą (Zavadskas ir kt., 1996; p. 156-160) ir įvertinus teorinį, subjektyvų ir kompleksinį vertinimo rodiklių reikšmingumus, apskaičiuoti analizuotų stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių variantų naudingumo laipsniai (žiūr. 1 pav.).



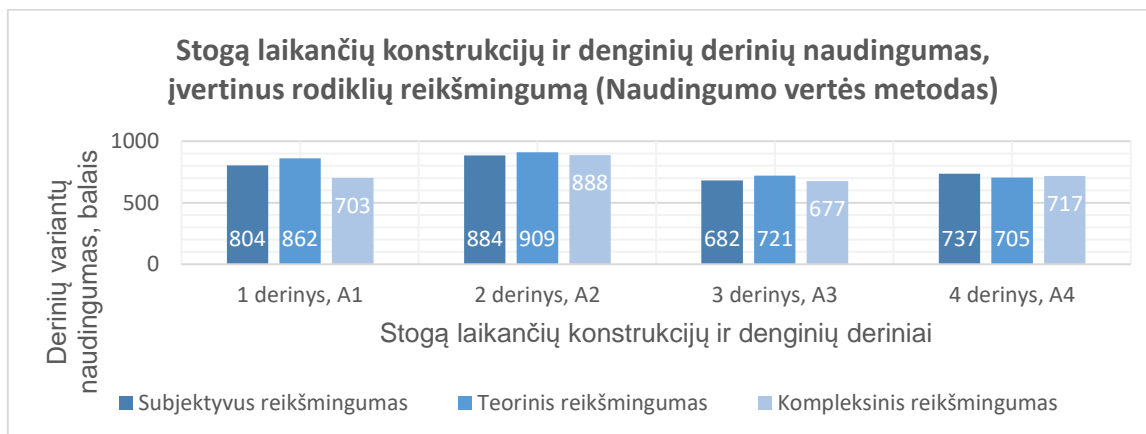
1 pav. Stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių naudingumo laipsnis, nustatytas taikant daugiakriterinį TOPSIS metodą

Šaltinis: Sudaryta autorės

Siekiant didesnio daugiakriterinio vertinimo rezultatų tikslumo, šiame tyrime daugiakriteriniam sprendimų vertinimui panaudotas dar vienas daugiakriterinio vertinimo metodas- naudingumo vertės metodas (Zavadskas ir kt. 1996; p. 86-92; Zavadskas ir kt. 2001; p.224-227; Medelienė, 2011; p.90-91). Taikant šį metodą, atrenkamas tas projektinis sprendimas, kurio naudingumo vertė yra didžiausia. Varianto vertė yra nustatoma pagal vertinimo rodiklių naudingumo balus. Taikant naudingumo vertės metodą (Zavadskas ir kt. 1996; p. 86-92; Medelienė, 2011; p.90-91) ir apskaičiuotus vertinimo rodiklių reikšmingumus (žiūr. 2 lentelę) nustatytas stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių naudingumas (žiūr. 2 pav.).

Analizuojant vertinimo rezultatus, kai taikytas kitas daugiakriterinis naudingumo vertės metodas, galima teigti, kad kai kurie vertinimo rezultatai šiek tiek pasikeitė. Tačiau racionalus derinys išliko tas pats.

Kai sprendinių vertinimas atliekamas taikant keletą daugiakriterinių vertinimo metodų ar tuose pačiuose metoduose įvertinant skirtingą vertinimo kriterijų reikšmingumą (teorinį, subjektyvų ar kompleksinį), gaunami skaičiavimo rezultatai gali skirtis. Tai rodo daugelyje mokslinių šaltinių publikuojami daugiakriterinių uždavinių sprendimo rezultatai (Zavadskas ir kt.,2001; p.121-130, Medelienė, 2011; p. 92-93) ir kt.

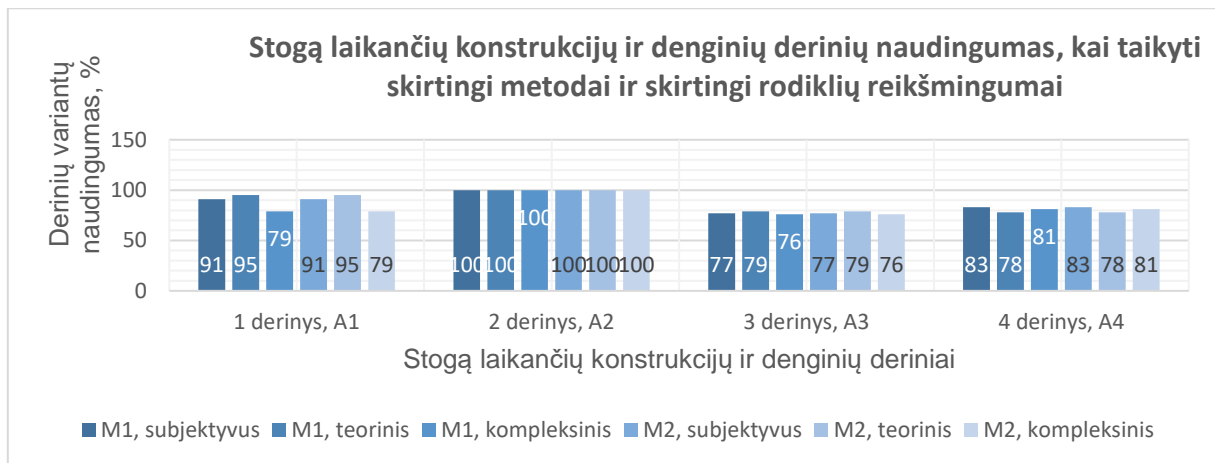


2 pav. Stogą laikančių konstrukcijų ir denginių derinių naudingumas, nustatytas taikant daugiakriterinį naudingumo vertės metodą

Šaltinis: Sudaryta autorės

Galutinio efektyvaus stogo derinio varianto nustatymas, taikant metodų sintezę

Galutiniam efektyviam stogo derinio variantui priimti, kai taikomi keli daugiakriteriniai sprendimų vertinimo metodai, reikia atlikti gautų rezultatų sintezę (Zavadskas ir kt. 2001; p.121-130; Medelienė, 2011; p. 92-93). Gautų rezultatų sintezei tyrime naudoti vidurkio, Borda ir Copeland metodai (Zavadskas ir kt., 1996; p. 150- 156; Ustinovičius, 2007; p. 401-407; Medelienė, 2011; p.124-126). Taikant šiuos metodus reikia turėti pagal skirtingų daugiakriterinio vertinimo metodų skaičiavimo rezultatus sudarytas sprendimų prioritetų eilutes, kurios sudaromos pagal vertinimo rezultatus (žiūr. 3 pav.).



3 pav. Daugiakriterinio derinių vertinimo rezultatai, kai taikyti skirtingi daugiakriterinio vertinimo metodai: Topsis (M1) ir naudingumo vertės (M2), bei skirtingi kriterijų reikšmingumai
Šaltinis: Sudaryta autorės

Pirmiausiai rezultatai lyginami naudojant vidurkio metodą (Zavadskas ir kt., 1996; p. 150- 156; Medelienė, 2011; p.124-126). Sudaroma skirtingais metodais ir su skirtingais reikšmingumais įvertintų variantų prioritetų eilučių matrica (žiūr. 3 lentelė).

3 lentelė

Rezultatų palyginimas, taikant vidurkio metodą

	M1S	M1T	M1K	M2S	M2T	M2K	Vidurkis
A1	2	2	3	2	2	3	2,3
A2	1	1	1	1	1	1	1
A3	4	4	4	4	3	4	3,8
A4	3	3	2	3	4	2	3,1

Šaltinis: Sudaryta autorės

Racionalus derinys tas, kurio vidurkio reikšmė- minimali, Šiuo atveju tai antras derinys A2.

Taikant Borda ir Copeland metodus, sudaromos matricos B. Matricių būna tiek, kiek skaičiavimuose yra naudota skirtingų metodų (žiūr. 3 pav.) Matriciose B tarpusavyje poromis lyginami stogo derinių variantai pagal sudarytas atitinkamas prioritetų eilutes ir užpildoma vidinė matricių struktūra (B₁, B₂, B₃, B₄, B₅, B₆). Pildant matricas 1 balas rašomas racionaliesniam pagal prioritetų eilutę variantui.

<table border="1"> <thead> <tr><th>B1</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>A4</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	B1	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	1	2	A2	1		1	1	3	A3	0	0		0	0	A4	0	0	1		1	<table border="1"> <thead> <tr><th>B2</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>A4</td><td>0</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	B2	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	1	2	A2	1		1	1	3	A3	0	0		0	0	A4	0	0	1		1	<table border="1"> <thead> <tr><th>B3</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>A4</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	B3	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	0	1	A2	1		1	1	3	A3	0	0		0	0	A4	1	0	1		2
B1	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	1	2																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		0	0																																																																																							
A4	0	0	1		1																																																																																							
B2	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	1	2																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		0	0																																																																																							
A4	0	0	1		1																																																																																							
B3	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	0	1																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		0	0																																																																																							
A4	1	0	1		2																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr><th>B4</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>A4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>1</td></tr> </tbody> </table>	B4	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	1	2	A2	1		1	1	3	A3	0	0		0	0	A4	0	0	0		1	<table border="1"> <thead> <tr><th>B5</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>1</td><td>2</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>1</td><td>1</td></tr> <tr><td>A4</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td></tr> </tbody> </table>	B5	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	1	2	A2	1		1	1	3	A3	0	0		1	1	A4	0	0	0		0	<table border="1"> <thead> <tr><th>B6</th><th>A1</th><th>A2</th><th>A3</th><th>A4</th><th>Σ</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>A1</td><td></td><td>0</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td></tr> <tr><td>A2</td><td>1</td><td></td><td>1</td><td>1</td><td>3</td></tr> <tr><td>A3</td><td>0</td><td>0</td><td></td><td>0</td><td>0</td></tr> <tr><td>A4</td><td>1</td><td>0</td><td>1</td><td></td><td>2</td></tr> </tbody> </table>	B6	A1	A2	A3	A4	Σ	A1		0	1	0	1	A2	1		1	1	3	A3	0	0		0	0	A4	1	0	1		2
B4	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	1	2																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		0	0																																																																																							
A4	0	0	0		1																																																																																							
B5	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	1	2																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		1	1																																																																																							
A4	0	0	0		0																																																																																							
B6	A1	A2	A3	A4	Σ																																																																																							
A1		0	1	0	1																																																																																							
A2	1		1	1	3																																																																																							
A3	0	0		0	0																																																																																							
A4	1	0	1		2																																																																																							

4 pav. Stogo derinių porinio palyginimo pagal sudarytas prioritetų eilutes matricos B

Šaltinis: Sudaryta autorės

Taikant Borda metodą, paskutinis stulpelis užpildomas, skaičiuojant kiekvienos matricos eilučių sumas. Apskaičiavus visų šešių matricių sumų sumas, nustatomas racionalus stogo derinio variantas- tai tas variantas, kurio sumų suma maksimali.

Taikant Copeland metodą, skaičiuojami nuostoliai, t.y. sumuojamos matricių stulpelių reikšmės ir analogiškai surandamos stulpelių sumų sumos. Geriausias stogo derinio variantas yra tas, kurio reikšmė minimali.

4 lentelė

Palyginimas, taikant Borda metodą

$\sum \sum P(M_{1-6})$	A1 = 10
$\sum \sum P(M_{1-6})$	A2 = 18
$\sum \sum P(M_{1-6})$	A3 = 1
$\sum \sum P(M_{1-6})$	A4 = 7

5 lentelė

Palyginimas, taikant Copeland metodą

$\sum \sum N(M_{1-6})$	A1 = 8
$\sum \sum N(M_{1-6})$	A2 = 0
$\sum \sum N(M_{1-6})$	A3 = 16
$\sum \sum N(M_{1-6})$	A4 = 10

Išvados ir rekomendacijos

1. Išanalizavus sporto paskirties pastatų stogą laikančias ir denginio konstrukcijas nustatyta, kad dažniausiai tokios paskirties pastatuose naudojamos plieninių sijų ir santvarų bei medinių sijų ir santvarų laikančios konstrukcijos, deriniuose su daugiasluoksnių plokščių danga.

2. Analizuojant ekspertinės apklausos rezultatus ir sudarant vertinimo rodiklių sistemą nustatyta, kad siekiant objektyvių vertinimo rezultatų ši sistema turi maksimaliai atspindėti statybos proceso dalyvių siekiamus tikslus projektavimo, statybos ir eksploatacinėje stadijose, todėl į rodiklių sistemą įtraukti tiek techniniai ekonominiai, tiek technologiniai, tiek eksploataciniai rodikliai.

3. Trimis skirtingais metodais įvertinus kriterijų reikšmingumą nustatyta, kad didžiausią teorinį reikšmingumą turi įrengimo laiko ir mechanizmų kainos rodikliai, didžiausią subjektyvų reikšmingumą- medžiagų kainos ir ilgaamžiškumo rodikliai, o didžiausią kompleksinį reikšmingumą turi medžiagų kainos, įrengimo trukmės ir ilgaamžiškumo rodikliai. Mažiausiai svarbus rodiklis- priežiūros sudėtingumas.

4. Naudojant du skirtingus daugiakriterinius vertinimo metodus, skirtingą vertinimo rodiklių reikšmingumą bei atlikus vertinimo rezultatų sintezę, visais vertinimo atvejais nustatytas racionalus stogą laikančių konstrukcijų ir denginio derinys- klijuoto medžio sija su daugiasluoksne denginio plokšte, įrengiant stoge švieslangius. Šis derinys ir rekomenduojamas sporto paskirties pastato stogo projektui.

Literatūra

1. Aliuminio stiklo konstrukcijos. ASA.LT, 2023 [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 09 15).- Prieiga per internetą: [https://lt.lt.allconstructions.com/portal/categories/95/1/0/1/article/19621/aliuminio-stiklo-konstrukcijos-1](https://lt.lt/allconstructions.com/portal/categories/95/1/0/1/article/19621/aliuminio-stiklo-konstrukcijos-1)
2. Baranauskaitė S. Sporto ir laisvalaikio centro Kačerginėje baseino stogo įrengimo sprendimų analizė (Baigiamasis magistro projektas).- Kauno technologijos universitetas, 2016, 86 p. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 09 14). Prieiga per internetą: <http://talpykla.elaba.lt/elabafedora/objects/elaba:14502207/datastreams/MAIN/content>
3. Daugiasluoksnes stogo plokštės- konstrukcija ir naudojimas, 2022 [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 10 14). Prieiga per internetą: <https://e-kingspan.lt/daugiasluoksnes-stogo-plokstes-konstrukcija-ir-naudojimas/>
4. Didelio tarpatramio santvaros (medinės). [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 10 06). Prieiga per internetą: <https://santvaros.lt/projektas/didelio-tarpatramio-santvaros/>
5. Fasadai ir permatomi stogai, 2023. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 11 11). Prieiga per internetą: <http://www.viplangai.lt/lt/produktai/langai/aliuminio-sistemas/fasadai-ir-permatomi-stogai>
6. Kovaitis V. Eksploatuojamų stogų racionalaus varianto parinkimas (baigiamasis magistro darbas). Vilniaus Gedimino technikos universitetas, 2016, 76 p.
7. Lietuvos respublikos Aplinkos ministerija. Pusę medžiagų visuomeninių pastatų statybai sudarys mediena ir kitos organinės medžiagos, 2021. [interaktyvus]. [žiūrėta 2022 10 28]. Prieiga per internetą: <https://am.lrv.lt/lt/naujienos/puse-medziagu-visuomeniniu-pastatu-statybai-sudarys-mediena-ir-kitos-organines-medziagos>
8. Medelienė V. Pramoninių betoninių grindų dangų gyvavimo proceso kompleksinė analizė ir jų efektyvus sprendimas (daktaro disertacija).- Kauno technologijos universitetas, 2011, 149 p.
9. Mediniai karkasiniai namai. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 10 06). Prieiga per internetą: <https://kmintys.lt/2023/03/24/mediniai-karkasiniai-namai-svarbus-privalumai-ir-pasirinkimo-proceso-ypatumai/>
10. Metalo konstrukcijos- puiki alternatyva gelžbetonio statiniams, 2021. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 11 25). Prieiga per internetą: <https://www.borga.lt/blogas/angarai-metalo-konstrukcijos-vs-gelzbetonio-konstrukcijos/>
11. Modern building glass roof structure construction site, 2022. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 09 18). Prieiga per internetą: <https://www.dreamstime.com/modern-building-glass-roof-structure-construction-site-business-architecture-steel-image139368104>
12. Per trejus metus sporto infrastruktūrai skirta beveik 60 mln. Eurų, 2023. [interaktyvus]. [žiūrėta 2023 11 25]. Prieiga per internetą: <https://jp.lt/per-trejus-metus-sporto-infrastrukturai-skirta-beveik-60-mln-euru/>
13. Plokšti stogai. Stogo vizija, 2022. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 10 15). Prieiga per internetą: <https://stogovizija.lt/statybos-taisykles/ploksti-stogai/>
14. Tamošaitienė J. Daugiatiksliis valdymo sprendimų vertinimas statybos planavimo etape (daktaro disertacija).- Vilnius, Technika, 2009, 149 p.
15. Ustinovičius L., Miglinskas D., Tamošaitienė J., Zavadskas E., K. Uncertainty analysis in construction projekt's appraisal phase (Proceedings of the 9th international conference „Modern building materials, structures and techniques“: Selected Papers, (16-18 May, 2008, Vilnius, Lithuania).- Vilnius, Technika, 2008, p. 401-407.

16. Verslo centrams išskirtinės architektūros nepakanka. Verslo žinios, 2021. [interaktyvus]. (žiūrėta 2023 11 25). Prieiga per internetą: <https://www.vz.lt/nekilnojamasis-turtas-statyba/2021/09/29/verslo-centrams-isskirtines-architekturos-nepakanka-investuotojams-reikia-tvarumo>
17. Zavadskas E.,K., Kaklauskas A. Pastatų sistemotechninis įvertinimas.- V.: Technika. 1996. 280 p.
18. Zavadskas E.,K., Kaklauskas A., Banaitienė N. Pastato gyvavimo proceso daugiakriterinė analizė.- Vilnius, Technika, 2001, 379 p.
19. Zavadskas E.,K., Kaklauskas A., Turskis Z., Tamošaitienė J. Selection of the effective dwelling house walls by applying attributes values determined at intervals.- Journal of Civil Engineering and Management 14(2), 2008, p.85-93.
20. Zavadskas E.,K., Simanauskas L., Kaklauskas A. Sprendimų paramos sistemos statyboje (Monografija). Vilnius, Technika, 1999, p. 235.

DETERMINATION OF A RATIONAL SOLUTION FOR THE ROOF-SUPPORTING STRUCTURES AND COVERING COMBINATIONS OF A SPORTS BUILDING USING MULTI-CRITERIA ASSESSMENT AND RESULTS SYNTHESIS

Summary

Due to the trends of global climate change, most areas of life are increasingly turning to ecological and sustainable solutions. The Lithuanian construction sector was one of the first to set ambitious goals - to significantly increase the use of sustainable structures. One such area is the roofs of sports buildings, the designs of which use various combinations of roof-supporting sustainable structures and coverings. The aim of the study is to analyze the combinations of structures and roofs supporting the roof of sports buildings and to determine a rational solution.

The article presents a detailed analysis of roof-supporting structures and coverings and their combinations. The relevant aspects of the evaluation were determined, the system of evaluation indicators was compiled, and the theoretical, subjective and complex significance of the indicators was calculated. After choosing two different multi-criteria evaluation methods and performing the evaluation and synthesis of the results, a rational combination of roof-supporting structures and covering was determined.

Key words: roof structural combinations, evaluation aspects, subjective, theoretical, complex significance of criteria, multi-criteria methods, synthesis of results, rational solution.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Violeta Medelienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61529197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Violeta Medelienė

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Assoc. Professor of Construction Engineering Study Program

Author's research interests: Innovations in Civil Engineering

Telephone and e-mail address: +370 61529197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

HIDROTECHNIKOS STATINIŲ KONSTRUKCIJŲ BETONO STIPRIO, VANDENS ĮGĖRIO IR TANKIO TYRIMAI

Raimondas Šadzevičius, Dainius Ramukevičius
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Lietuvoje hidrotechnikos statiniai (toliau – HTS) statyti įvairiais laikotarpiais. Šių statinių gyvavimo trukmė priklauso nuo daugelio veiksnių: atliktų darbų kokybės statybos metu, statybos medžiagų ilgaamžiškumo, statinio naudojimo sąlygų, tinkamai vykdomos priežiūros, laiku atliktų remonto darbų. Šie statiniai eksploatuojami itin sudėtingomis sąlygomis. Statinius veikia klimato ir aplinkos poveikiai: ledas, vanduo, gruntas. Daugelyje šių statinių jau vyksta betono irimo dėl šarminės korozijos reiškiniai, konstrukcijose vizualiai pastebimi vietomis atsiradę plyšiai, kitos betono paviršiaus pažaidos. Neatlikus tyrimų, įvertinti hidrotechnikos statinių techninę būklę pakankamai sudėtinga, todėl būtina atlikti konstrukcijų medžiagų fizikinių ir mechaninių savybių tyrimus ir juos susisteminti. Gauti rezultatai leistų priimti optimalius sprendimus rengiant statinio projektus, nustatant efektyviausius metodus remontui bei tolesniam statinio eksploatavimui.

Straipsnyje pateikta hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono tyrimų rezultatai, fizikinių ir mechaninių savybių rodiklių dydžiai. Pateiktos šių rodiklių reikšmės, nustatyta jų tarpusavio sklaida ir priklausomybės.

Reikšminiai žodžiai: hidrotechnikos statiniai, betonas, savybės.

Įvadas

Lietuvoje yra nemažai HTS priskiriamų ypatingų statinių kategorijai. Daugumoje statinių yra gelžbetoninių konstrukcijų, kurios, veikiamos aplinkos, dėvėsi, jų techninė būklė blogėja. Vieni iš tokių statinių – hidrotechnikos statiniai. Norint išvengti avarių, hidrotechnikos statinių konstrukcijas būtina reguliariai stebėti ir atlikti konstrukcijų būklės tyrimus.

Kaip ir visų statybinių medžiagų ilgainiui betono savybės keičiasi. Dėl aplinkos poveikio atsiranda irimo procesai. Neprižiūrint konstrukcijų, galimos netgi statinių avarijos. Norint įvertinti, ar statinius būtina rekonstruoti ar remontuoti, būtina įvertinti konstrukcijų techninę būklę atliekant tyrimus.

Tiriant naudojamų HTS betonines konstrukcijas nustatomi svarbiausi betono savybių rodikliai: gniuždomasis stipris, vandens įgėris, tankis, atsparumas šalčiui, nelaidumas vandeniui. Ne visus rodiklius įmanoma nustatyti natūriniais tyrimais, todėl pageidautina taikyti metodikas, leidžiančias pagal gautus duomenis gauti sunkiau nustatomus rezultatus.

Nustatant naudojamų konstrukcijų betono savybių rodiklių dydžius sunku išvengti atsitiktinių klaidų, todėl pageidautina žinoti būdus, leidžiančius patikrinti gautų matavimų rezultatus, laiku pastebėti galimus skaičiavimų netikslumus ir atlikti patikrinamuosius skaičiavimus ar bandymus.

Kuriant konstrukcijų matematinius modelius, sprendžiant optimizavimo uždavinius bei tikrinant gautus matavimų rezultatus, būtina žinoti ne tik pagrindines konstrukcijų medžiagų savybes, jų kitimo ribas bei dėsningumus, bet ir turėti analitines šių savybių tarpusavio priklausomybių išraiškas.

Darbo tikslas – sudaryti hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio, vandens įgėrio ir tankio priklausomybes, nustatyti jų naudojimo sritis ir ribas.

Darbo uždaviniai:

- atlikti betoninių konstrukcijų tyrimus;
- nustatyti pagrindines betono savybes;
- gauti priklausomybes tarp betono savybių.

Literatūros analizė

Kadangi betonas yra statybinė medžiaga, pasižyminti ilgaamžiškumu, todėl plačiai naudojama hidrotechnikos statinių statyboje. Betono stipris yra svarbus esminis rodiklis, kuris atspindi betono kokybę.

Tyrėjai Gupta (2018), Jedidi (2018) savo darbuose aptaria betono struktūrą ardančiuosius (mechaninius bandymus (lenkimą, smūginius bandymus, tempimą, kernų gręžimą ir bandymą), makrokietumo ir mikrokietumo bandymus, taip pat metalografinį tyrimą) bei neardančiuosius tyrimo būdus (tamprios atšokos (Šmidto plaktuko) metodas; ultragarso sklidimo greičio tyrimas; kombinuotas ultravioletinių spindulių ir tamprios atšokos plaktuko tyrimas, betono sudėtinų dalių analizė)

Ryšiai tarp skirtingų kietėjimo sąlygų, kubų gniuždymo stiprio, kernų bandinio stiprio, atšokimo stiprio ir ištraukimo jėgos skirtingų tipų betonų palyginami ir analizuojami darbe (Zheng et al, 2020).

Tyrėjai (Shih et al, 2015) mano, kad statistinis tyrimais nustatytų betono rodiklių verčių apdorojimas ne visada patikimas, todėl siūlo naudoti dirbtinio intelekto modelį, kuriame savybių įvertinimui naudojamas atraminių vektorių metodas (SVM).

Manoma, kad betono įgėris yra pagrindinė savybė susijusi su betono konstrukcijų tinkamumu naudoti ir ilgaamžiškumu. Ši savybė ypatingai svarbi konstrukcijoms (pvz., tiltų, hidrotechnikos statinių ir jūrų statinių) kurios naudojamos agresyvioje aplinkoje, nes vanduo veikia kaip pagrindinis veiksnys, sukeliantis betono irimą, arba kaip chloridų ar sulfatų jonų pernešimo terpė. Straipsnyje (Xinxin et al, 2016) aprašytas baigtinių elementų pagrindu sukurtas algoritmas, skirtas įvertinti betono vandens įgėrį ir ištirti, kaip atskiros sudedamosios dalys betono mišinio sudedamosios dalys daro įtaką jo pernašai. Straipsnyje (Milla et al, 2021) nurodoma net 14 metodų vandens įgėriui nustatyti. Vandens įgėrį lemia betono porų struktūra ir jų tarpusavio ryšiai, kad vanduo galėtų prasiskverbti į betono matricą. Pagrindiniai vandens įgėrį lemiantys veiksniai yra vandens ir cemento santykis, kietėjimo amžius ir režimas, užpildų dydis ir rūšis bei pucolaninių medžiagų naudojimas. Kadangi užpildai sudaro didžiąją betono mišinio dalį, jų poveikis betono stipriui ir vandens įgėriui gali būti reikšmingas (Naderi, Kaboudan, 2021). Konstrukcinio betono su malto perdirbto betono cemento ir mišriu perdirbtu užpildu mišiniu mechaninės savybės tyrinėtos mokslininkų (Cantero et al, 2020). Pelenų ir polipropileno pluošto įtaką šviežiam betonui, jo mechaninėms ir ilgaamžiškumo savybėms tyrinėjo mokslininkai (Akid et al, 2021).

Remiantis atlikta literatūros analize, nustatyta, kad hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio, vandens įgėrio ir tankio priklausomybės nėra sudarytos, neapirtos tokių priklausomybių naudojimo sritys, nenurodytos jų taikymo ribos.

Darbo metodika

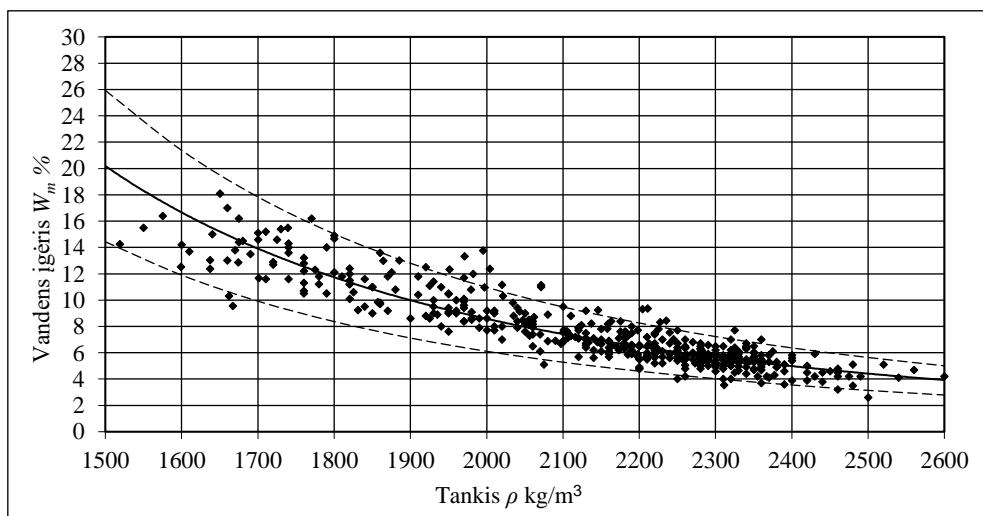
Hidrotechnikos statinių būklės nustatymo metu daugiausia dėmesio buvo skiriama gelžbetoninių konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio (toliau – betono stiprio), vandens įgėrio pagal masę (toliau – vandens įgėrio) ir tankio tyrimams.

Gelžbetoninių konstrukcijų betono stipris nustatytas neardomaisiais metodais. Betono stipris, neardant konstrukcijų, nustatytas Šmito (Schmidt E.) plaktuku, vadovaujantis standarto LST EN 12504-2:2021 nuostatomis. Medžiagų bandymo neardančiuoju metodu vietas, parenkamos charakteringose konstrukcijų dalyse (zonose), atsižvelgiant į veikiančias apkrovas ir poveikius, tiriamųjų elementų įtempimų būvį bei konstrukcijų pobūdį. Svarbu, kad dalis tyrimo zonų būtų labiausiai apkrautuose konstrukcijų elementuose. Taip pat labai svarbu išaiškinti konstrukcijų zonas, kuriose betono stiprumas mažiausias, kur medžiagos pažeistos eksploatacijos metu (dėl šalčio ar kitų priežasčių). Betono stipriui nustatyti skirtu Šmito plaktuku, charakteringose konstrukcijų vietose buvo smūgiuota 10 kartų, o atstumas tarp dviejų smūgio vietų imamas ne mažesnis kaip 25 mm ir toliau negu 25 mm nuo konstrukcijos briaunos krašto. Tyrimo metu Šmito plaktuku iš viso smūgiuota 270 kartų, t. y. bandyta 27 charakteringose betoninių konstrukcijų vietose.

Betono vandens įgėris bei tankis nustatytas iš pasirinktų konstrukcijų atskėlus betono gabalus bandiniams arba išgręžus kernus. Bandiniai buvo paimti, apžiūrėti, paženklinti. Betono vandens įgėris bei tankis nustatytas vadovaujantis standarto LST EN 206:2013+A2:2021 nuostatomis.

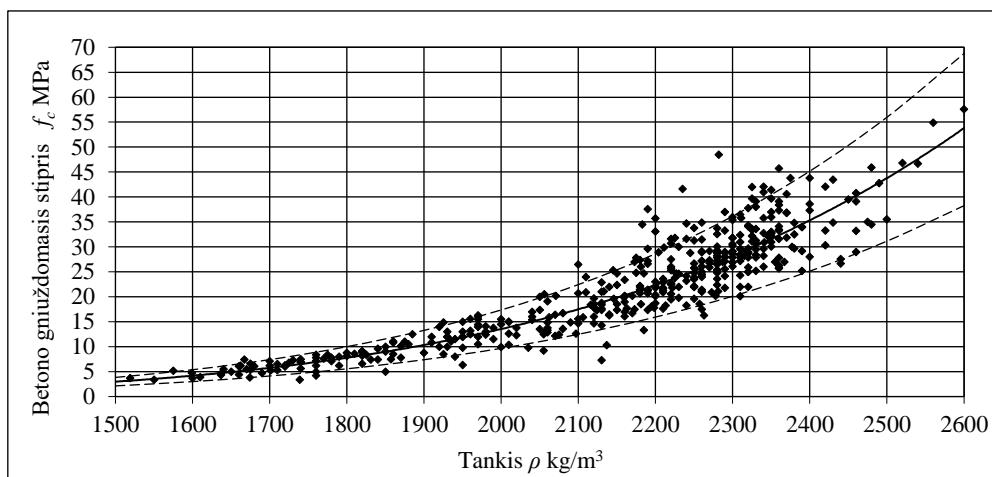
Rezultatai ir jų aptarimas

Naudojamų hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono stiprio, vandens įgėrio ir tankio tyrimų rezultatai pavaizduoti grafikuose (1 ir 2 pav.).



1 pav. Hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono vandens įgėrio ir tankio priklausomybės
Šaltinis: sudaryta autorių

Bandymų metu nustatyta, kad pagrindinė bandymų rezultatų sklaidos priežastis yra ne bandymų paklaidos, bet skirtingos medžiagos savybės, t.y. skirtingų bandinių grupių betonas gali būti vienodo tankio, bet skirtingai įgerti vandenį arba vienodai įgerti vandenį, bet būti skirtingo tankio. Mažiausia ir didžiausia įgėrio priklausomybės nuo betono tankio gautos kompiuterinėmis programomis apdorojus skirtingo tankio betono mažiausias ir didžiausias vandens įgėrio reikšmes. Parenkant matematinės priklausomybių išraiškas buvo nustatyta, kad vienodo tankio betono bandinių įgėrio dydžių skirstinys yra normalusis. Į priklausomybių kreivių apribotą plotą (1 pav.) pateko ne mažiau kaip 95% bandymų metu nustatytų betono vandens įgėrio ir tankio reikšmių.



2 pav. Hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio ir tankio priklausomybės

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš pateiktų duomenų (1 ir 2 pav.) matyti, kad tyrinėtų hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono stipris, betono vandens įgėris ir betono tankis yra susiję, tačiau ryšiai tarp šių rodiklių nėra griežtai apibrėžti. Bendruoju atveju, esant didesniai betono tankiui, vandens įgėris yra mažesnis (1 pav.), o betono stipris didesnis (2 pav.). Tačiau mažesnio tankio betono vandens įgėrio dydžių intervalas yra platesnis negu tankesnio betono (1 pav.). Vandens įgėrio intervalų kitimas priklausomai nuo betono tankio pateiktas 1 lentelėje.

1 lentelė

Betono vandens įgėrio dydžiai priklausomai nuo betono tankio

Betono tankis ρ kg/m ³	Betono vandens įgėris pagal masę W_m %			$W_{m,max} - W_{m,min}$ %
	$W_{m,min}$	$W_{m,vid}$	$W_{m,max}$	
1500	14,4	20,2	25,9	11,5
1600	11,9	16,6	21,4	9,5
1800	8,4	11,7	15,0	6,6
2000	6,1	8,5	11,0	4,9
2200	4,6	6,4	8,3	3,7
2400	3,6	5,0	6,4	2,8
2600	2,8	3,9	5,0	2,2

Šaltinis: sudaryta autorių

Esant betono tankiui 1500 kg/m³, mažiausias vandens įgėris yra $W_{m,min} = 14,4$ %, o didžiausias – $W_{m,max} = 25,9$ %. Esant betono tankiui 2600 kg/m³, vandens įgėris W_m nuo 2,8 % iki 5,0 %. Mažesnio tankio betono stiprio intervalas yra mažesnis negu tankesnio betono (2 pav.). Betono stiprio intervalų dydžiai priklausomai nuo betono tankio pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

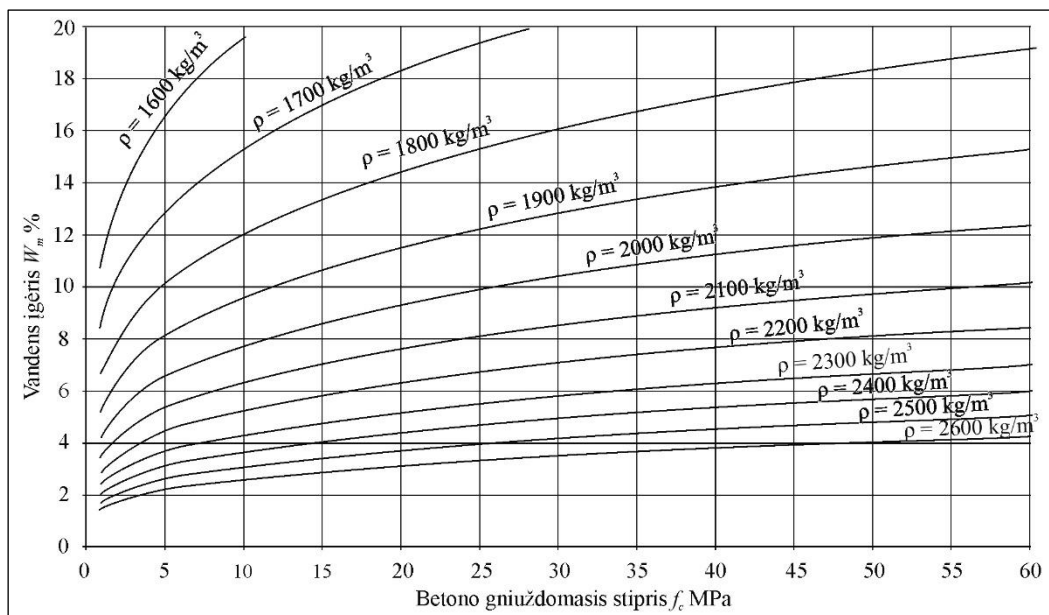
Betono gniuždomojo stiprio dydžiai priklausomai nuo betono tankio

Betono tankis ρ kg/m ³	Betono gniuždomasis stipris f_c MPa			$f_{c,max} - f_{c,min}$ MPa
	$f_{c,min}$	$f_{c,vid}$	$f_{c,max}$	
1500	2,1	3,0	3,8	1,7
1600	3,0	4,2	5,4	2,4
1800	5,6	7,8	10,0	4,4
2000	9,7	13,5	17,4	7,7

Betono tankis ρ kg/m ³	Betono gniuždomasis stipris f_c MPa			$f_{c,max} - f_{c,min}$ MPa
	$f_{c,min}$	$f_{c,vid}$	$f_{c,max}$	
2200	15,9	22,3	28,6	12,7
2400	25,1	35,32	45,2	20,1
2600	38,3	53,5	68,8	30,5

Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal betono vandens vidutinio įgėrio priklausomybę nuo betono tankio ir stiprio galima nustatyti vandens vidutinio įgėrio priklausomybes nuo jo stiprio, esant laisvai pasirinktų dydžių betono tankiams. Šios priklausomybės, esant laisvai pasirinktiems betono tankiams (1600...2600 kg/m³), pavaizduotos 3 paveiksle.



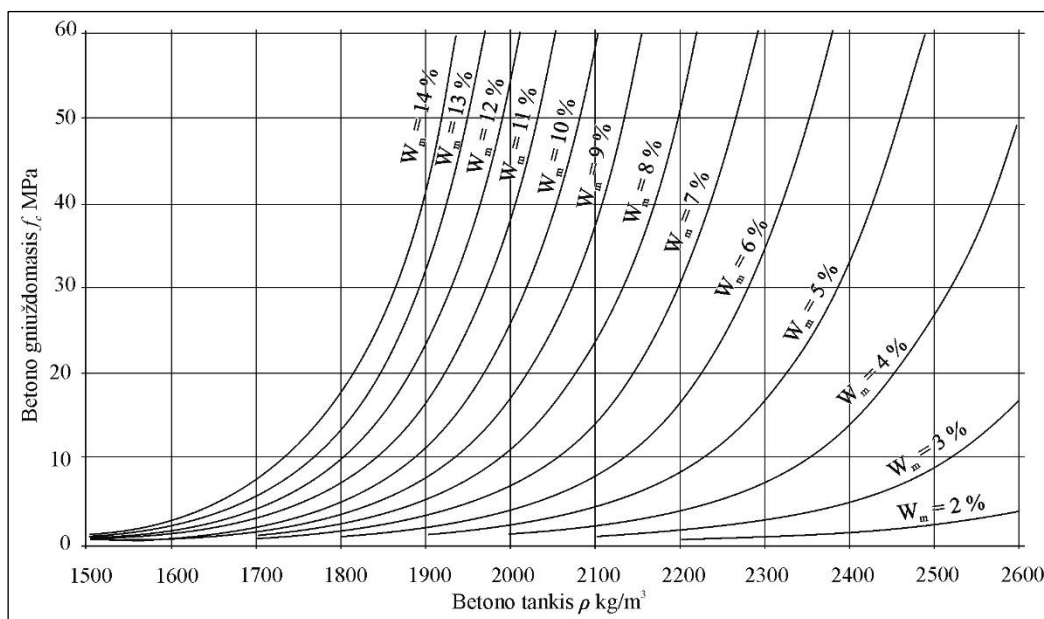
3 pav. Hidrotechnikos statinių konstrukcijų betono vandens įgėrio ir betono gniuždomojo stiprio priklausomybės nuo betono tankio

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš pateiktų 3 pav. priklausomybių kreivių matyti, kad vienodo tankio, bet nevienodo stiprio betonas įgeria vandenį nevienodai. Laisvai pasirinkto tankio, daugiau vandens įgeriantis betonas yra atsparesnis gniuždymui už to paties tankio mažiau vandens įgeriantį betoną. Taip yra todėl, kad esant vienodam betono tankiui poringesnė betono medžiaga, esanti tarp porų, yra tankesnė, ryšiai tarp atskirų betono dalelių tvirtesni, ir todėl bendrasis betono stipris didesnis.

Naudodami betono vandens vidutinio įgėrio priklausomybę nuo betono tankio ir betono stiprio galime nustatyti betono vandens vidutinio įgėrio priklausomybę nuo betono vidutinio tankio, esant laisvai pasirinktų dydžių stipriams. Šios priklausomybės, esant užsiduotiems betono stipriams, pateiktos 4 paveiksle. Iš pateiktų priklausomybių kreivių matyti, kad vienodo stiprio, bet nevienodo tankio betono vandens įgėris nevienodas. Esant laisvai pasirinkto dydžio stipriui, tankesnis betonas vandens įgeria mažiau už to paties stiprio mažesnio tankio betoną.

Tankesnis betonas yra stipresnis už vienodai vandenį įgeriantį, bet mažesnio tankio betoną. Esant vienodam poringumui, tankesniame betone medžiaga tarp porų yra tankesnė, ryšiai tarp dalelių yra tvirtesni negu mažesnio tankio betone. Iš 4 pav. pateiktų priklausomybių kreivių matyti, kad, esant vienodam betono vandens įgėriui, didėjant betono tankiui, betono stipris didėja nevienodu intensyvumu.



4 pav. Hidrotechnikos statinių konstrukcijų betono gniuždomojo stiprio ir betono tankio priklausomybės nuo vandens įgėrio

Šaltinis: sudaryta autorių

Tęsiant hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono fizinių - mechaninių savybių tyrimus, reikalinga atlikti savaime užsigydančio betono iš perdirbtų užpildų stiprumo ir ilgaamžiškumo savybių tyrimus, panašius kaip nurodyta darbe (Rais, Khan, 2021).

Išvados

1. Hidrotechnikos statinių gelžbetoninių konstrukcijų betono tankio, gniuždomojo stiprio ir vandens įgėrio pagal masę dydžiai yra susiję. Didesnio tankio betonas yra stipresnis ir mažiau įgeria vandens. Tačiau ryšiai tarp šių charakteristikų nėra griežtai apibrėžti: to paties tankio betono gniuždomasis stipris ir vandens įgėris gali būti skirtingi.

2. Nustatytos betono vandens įgėrio pagal masę, betono gniuždomojo stiprio bei tankio, didžiausių ir mažiausių dydžių priklausomybės gali būti taikomos betonų savybėms įvertinti.

3. Daugiau vandens įgeriantis betonas yra stipresnis už to paties tankio mažiau vandens įgeriantį betoną. Tai pasireiškia dėl daugiau vandens įgeriančio, didesnio porėtumo betono atvirųjų porų sienelių didesnio tankio ir stiprio.

4. Pasirinkto tankio mažesnio gniuždomojo stiprio betonas vandens įgeria mažiau už to paties tankio stipresnį betoną. Šiuo atveju silpnesnis betonas yra mažiau porėtas už stipresnį betoną, tačiau porų sienelių medžiaga yra retesnė, ryšiai tarp atskirų dalelių yra silpnesni už stipresnio betono.

Literatūra

1. Akid, A. S. M., Hossain, S., Munshi, M. I. U., Elahi, M. M. A., Sobuz, M. H. R., Tam, V. W., Islam, M. S. (2021). Assessing the influence of fly ash and polypropylene fiber on fresh, mechanical and durability properties of concrete. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*.
2. Cantero, B., Bravo, M., De Brito, J., del Bosque, I. S., Medina, C. (2020). Mechanical behaviour of structural concrete with ground recycled concrete cement and mixed recycled aggregate. *Journal of Cleaner Production*, 275, 122913.
3. Gupta, S. L. (2018). Comparison of non-destructive and destructive testing on concrete: A review. *Trends in Civil Engineering and its Architecture*, 3(1), 351-357.
4. Jedidi, M. (2018). Evaluation of the concrete quality using destructive and non-destructive tests. *MOJ Civil Eng.* 2018;4(4):219-223. DOI: 10.15406/mojce.2018.04.00122
5. LST EN 12504-2:2021 Betono bandymas konstrukcijose. 2 dalis. Neardomieji bandymai. Atšokimo rodiklio nustatymas.
6. LST EN 206:2013+A2:2021 Betonas. Specifikacija, eksploatacinės savybės, gamyba ir atitiktis.
7. Mahmood Naderi, Alireza Kaboudan (2021). Experimental study of the effect of aggregate type on concrete strength and permeability, *Journal of Building Engineering*, Volume 37, 2021, 101928, doi.org/10.1016/j.job.2020.101928
8. Milla, J., Cavalline, T. L., Rupnow, T. D., Melugiri-Shankaramurthy, B., Lomboy, G., Wang, K. (2021). Methods of Test for Concrete Permeability: A Critical Review, *Advances in Civil Engineering Materials* 10, no. 1, 172–209. <https://doi.org/10.1520/ACEM20200067>

9. Rais, M. S., Khan, R. A. (2021). Experimental investigation on the strength and durability properties of bacterial self-healing recycled aggregate concrete with mineral admixtures. *Construction and Building Materials*, 306, 124901.
10. Shih, Y. F., Wang, Y. R., Lin, K. L., Chen, C. W. (2015). Improving non-destructive concrete strength tests using support vector machines. *Materials*, 8(10), 7169-7178.
11. Xinxin Li, Qing Xu, Shenghong Chen (2016). An experimental and numerical study on water permeability of concrete, *Construction and Building Materials*, Volume 105, Pages 503-510, doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.12.184.
12. Zheng, Y., Kong, W., Ji, M., Wan, C., Moshtagh, E. (2020). Experimental investigation of concrete strength curve based on pull-out post-insert method. *International Journal of Distributed Sensor Networks*, 16(7), 1550147720944021.

THE RESEARCH OF CONCRETE STRENGTH, WATER PERMABILITY AND DENSITY OF HYDRAULIC STRUCTURES

Summary

Hydraulic structures have been built in different periods in Lithuania. The lifespan of these structures depends on many factors: the quality of the work carried out during construction, the durability of the construction materials, the conditions under which the structure is used, proper maintenance and timely repair work. These structures are operated under extremely difficult conditions. They are exposed to climatic and environmental influences such as ice, water and soil. Many of these structures are already experiencing concrete degradation due to corrosion, with the visual appearance of cracks and other damage to the concrete surface. The technical state of the hydraulic structures is difficult to assess without research, and it is therefore necessary to carry out studies on the physical and mechanical properties of the construction materials and to systematise them. The obtained results would allow optimal decisions to be taken in the design of the structure, determining the most effective methods for repair and the continued operation of the structure.

The paper presents the results of research on concrete of reinforced concrete hydraulic structures, the values of concrete physical and mechanical properties indicators. The values of these indices are presented, their dependencies are established.

Key word: Hydraulic structures, concrete, properties.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Raimondas Šadzevičius.

Mokslų laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, statybos inžinerijos studijų programos docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +37060097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt.

Autoriaus vardas, pavardė: Dainius Ramukevičius.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, statybos inžinerijos studijų programos lektorius.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +37069995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Raimondas Šadzevičius.

Science degree and name: Doctor, Associated Professor.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Associated Professor of Construction Engineering Study Program.

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

Telephone and e-mail address: +37060097176, raimondas.sadzevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Dainius Ramukevičius.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Construction Engineering Study Program.

Author's research interests: building materials and constructions.

Telephone and e-mail address: +37069995740, dainius.ramukevicius@edu.ktk.lt

BETONINIŲ GRINDŲ DANGŲ PROJEKTINIŲ IR TECHNOLOGINIŲ SPRENDINIŲ TINKLINIS MODELIS IR ALTERNATYVIŲ VARIANTŲ NUSTATYMAS

Violeta Medelienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Augant naujai statomų ir rekonstruojamų pramonės įmonių skaičiui, pramoninių betoninių grindų poreikis pasaulinėje rinkoje nuolat didėja. Detaliai išspręstos betono sluoksnio problemos neužtikrina grindų savybių stabilumo eksploatacijos metu dėl paties betono kaip medžiagos prigimties. Jas lengviau suteikti naudojant atitinkamas dangas. Dangų gamintojai pramoninių betoninių grindų rinkai siūlo labai daug įvairių medžiagų ir jų kompozicijų grindų dangų ir projektuotojams pasirinkti racionaliausius variantus yra labai sudėtingas uždavinys dėl jų įvairovės ir dažnai net nežinomų galimų variantų skaičiaus.

Straipsnyje keliamas tikslas- atlikus betoninių grindų dangų modeliavimą, pateikti tinklinį modelį ir nustatyti galimus alternatyvius betoninių grindų dangų sprendinius. Tikslui pasiekti analizuojami alternatyvių sprendinių modeliavimo metodai, pateikiamas sudarytas betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių tinklinis modelis ir pagal jį nustatomi alternatyvūs grindų dangų variantai.

Reikšminiai žodžiai: sprendinių modeliavimas, tinklinis modelis, sprendinių deriniai, alternatyvūs variantai.

Įvadas

Europos Sąjungos valstybėse daugiau kaip 50% visų įrengiamų grindų plotų sudaro monolitinės betoninės grindys. Kasmet apie 24 mln. m² betoninių grindų uždengiama polimerinėmis dangomis. Vakarų Europoje augant naujai statomų ir rekonstruojamų pramonės įmonių skaičiui, pramoninių betoninių grindų poreikis kasmet didėja. Sparčiai vystantis Rytų Azijos pramonei, pastaruosiu metu pastebimas padidėjęs šių šalių mokslininkų susidomėjimas pramoninių betoninių grindų įrengimo problemomis. Plečiant prioritetines pramonės ir žemės ūkio šakas, siekiant sėkmingai integruotis į pasaulinę rinką bei padidinti įmonių konkurencingumą, Lietuvoje taip pat sparčiai modernizuojamos arba statomos naujos pramonės įmonės, atitinkančios pasaulinius ir europinius standartus. Plečiantis pramoninių objektų statybai, betoninių grindų poreikis Lietuvoje taip pat auga.

Augant šių grindų poreikiui ir plečiant jų taikymo įvairiose pramonės šakose galimybes, projektavimo, įrengimo etapuose reikia išspręsti daug ir sudėtingų problemų. Nors ir pakankamai visapusiškai išspręstos problemos neužtikrina visų norminių reikalavimų stabilumo eksploatacijos metu dėl pačios betono kaip medžiagos prigimties. Todėl daugeliu atvejų, sprendžiant šią problemą, betoninių grindų paviršius padengiamas įvairių medžiagų dangomis.

Šiuo metu sparčiai vystoma dangų gamybos pramonė: kuriamos naujos ir tobulinamos ankstesnės medžiagos, sudaromos įvairios dangų kompozicijos, modernizuojamos jų įrengimo technologijos. Pramoninių objektų grindims, o tuo pačiu ir dangoms, norminiai, teisiniai ir kt. dokumentai kelia vis griežtesnius reikalavimus. Jie nurodo šiuolaikinių pramoninių betoninių grindų dangų sprendimus vertinti ne vien techniniais, eksploataciniais, technologiniais, bet ir ekologiniais, aplinkosaugos, ergonominiais ir kt. aspektais. Tą patvirtina ir atlikti Lietuvos pramonės įmonėse eksploatuojamų dangų tyrimai. Augant dangų poreikiui ir sprendžiant sudėtingas jų sprendimų priėmimo problemas reikalingas šios srities nagrinėjimas ne tik inžineriniu, bet ir moksliniu aspektu.

Tyrimai betoninių grindų dangų srityje atliekami keturiomis kryptimis: konkrečios dangų problemos sprendimas konkrečioje stadijoje, konkrečios problemos sprendimas visose dangų gyvavimo stadijose, kompleksinio dangų efektyvumo didinimas ir informacinių technologijų panaudojimas problemų sprendimui. Atliekama ypač daug pirmos krypties tyrimų. Čia detaliai analizuojamos problemos atskirose dangų gyvavimo stadijose: priešprojektinėje - kuriant naujas medžiagas ir nustatant jų technines savybes, projektavimo-sprendžiant dangų storio, jų patikimumo ir kt. problemas, technologinėje- galimas įrengimo technologijas, atsirandančius defektus ir kt., eksploatacinėje- tiriant dangų ergonomines, eksploatacines ir kt. savybes (Moreira et al., 2006; p. 225-249; Rufo et al., 2007; p. 1-11; Wang Yong-Tao et al., 2007; p.36-42; Wang Juanli et al., 2007; p.26-31; White et al., 2009; p.45) . Nemažai atliekama ir antros krypties tyrimų. Visų dangų gyvavimo proceso stadijų kontekste sprendžiamos plyšių atsiradimo problemos, kuriamos prognozavimo metodikos, analizuojami ekologiniai aspektai [Czarnecki, 2003; p.65-72; Czarnecki et al., 2003; p. 163-167). Abiejose grupėse sprendžiamas problemas palengvina ketvirtos grupės tyrimai: sukurtos plyšių dangose atsiradimo, diagnostikos, prognozavimo ir kt. kompiuterinės programos, kuriamos internetinės sprendimų paramos sistemos (Wiegrink, 2007; p.11). Tačiau trečios kompleksinio efektyvumo didinimo krypties tyrimų nėra daug. Atsižvelgiant į tai, kad dangos turi tenkinti įvairių eksploatacinių aplinkų privalomus, aplinkosaugos, ekologiškumo, ergonomiškumo ir kitus reikalavimus, galima spręsti, kaip sudėtinga

projektuotojui priimti tinkamą sprendimą. Iki šiol nėra moksliskai pagrįstų sprendimų priėmimo skaidrumo ir gamintojams, projektuotojams bei vartotojams šiuo atveju reikia remtis tik savo moksliskai nepagrįsta praktine patirtimi.

Pramoninių betoninių grindų dangų sprendimams įvertinti priimtinausi daigiatiksliai vertinimo metodai. Problemas, kylančias dėl didelio galimų sprendimų ir vertinimo rodiklių skaičiaus, skirtingų reikalavimų dėl kintančios eksploatacinės aplinkos, rodiklių koreliacijos, eksperimentinių duomenų patikimumo, galima išspręsti naudojant matematinės statistikos ir sistemų inžinerijos metodus, t.y. kompleksiskai vertinant pramoninių betoninių grindų dangų sprendimus tikslinga sintezuoti daigiatikslius, matematinės statistikos ir sistemų inžinerijos metodus. Taikant daigiatikslius vertinimo metodus, galutinio efektyvaus sprendinio nustatymo tikslumas labai priklauso nuo į vertinimą įtrauktų alternatyvių sprendinių skaičiaus: kuo daugiau alternatyvių variantų analizuojama, tuo vertinimo rezultatai gaunami tikslesni.

Šiame tyrime keliamas tikslas- atlikus betoninių grindų dangų modeliavimą, pateikti tinklinį modelį, kuriuo remiantis galima būtų nustatyti alternatyvių betoninių grindų dangų sprendinių skaičių.

Tyrimo objektas- pramoninių betoninių grindų dangos.

Tikslo realizavimui numatyti tokie tyrimo etapai: 1- sprendinių modeliavimo metodų analizė; 2- betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių modeliavimas taikant abstraktų grafinį tinklinį modelį; 3- alternatyvių grindų dangų variantų nustatymas.

Pramoninių betoninių grindų dangų sprendinių modeliavimas

Pramoninių betoninių grindų dangų efektyvaus sprendinio priėmimo sistema yra: 1- sudėtinga skirtinguose dokumentuose analizuojamų reikalavimų sistema; 2- kintančios eksploatacinės aplinkos sistema, kurios reikalavimai keičiasi keičiantis eksploatacijos sąlygoms; 4- sudėtinga daigivariantė sprendimų sistema, kurioje naudojami įvairūs paviršiaus įrengimo būdai, skirtingos savo prigimtimi medžiagos, iš jų sudarytos dangų sistemos ir jas atitinkantys technologiniai sprendiniai; 4- priklausoma nuo priimtų betoninio pagrindo sprendimų išbaigtumo ir jo paruošimo kokybės; 5- daigiaspektė, kurioje sprendinius reikia įvertinti daugeliu aspektų: techniniais, specialiaisiais, technologiniais, eksploataciniais, ekologiniais, ergonominiais, aplinkosaugos, ekonominiais, estetiniais ir kt.

Tai rodo, kad efektyvaus dangos sprendinio priėmimas yra pakankamai sudėtingas kompleksinis uždavinys, kuris šiuo metu dažniausiai sprendžiamas remiantis tik inžinerinėmis žiniomis ir praktine patirtimi.

Dabartiniu metu taikomi projektavimo metodai netenkina efektyviems sprendiniams keliamų reikalavimų. Vienas iš pagrindinių trūkumų- gaunami sprendiniai priimami vienareikšmiškai, neatliekant statybinių procesų alternatyvių sprendinių modeliavimo. Modeliuojant tikslinga sistemų principu procesus struktūrizuoti, nustatant realius praktikoje įgyvendinamus alternatyvius sprendinius (Janušaitis, 1998; p. 50-53; Juodis, 2005; p. 45-47).

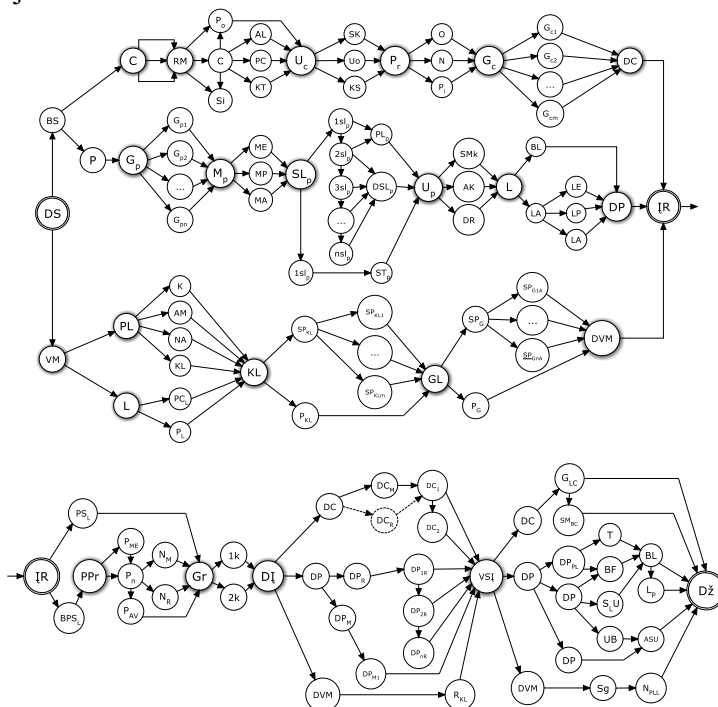
Modeliavimas ir modelių sistemos sudarymas - tai sistemų inžinerijos metodologijos pagrindas. Modelių sistema reikalinga įvairiems apskaičiavimams ir prognozei atlikti. Tokie modeliai pakeičia realų objektą ir leidžia eksperimentuoti keičiant įvairias sąlygas ir apribojimus (Juodis, 2005; p. 32-36). Statybos inžinerinių sprendimų modeliavimui dažnai taikomi abstraktūs grafiniai modeliai – tinkliniai grafikai, reiškinių ar procesų parametrų tarpusavio priklausomybės grafikai ir kt. Statybos procesų modeliavimo problemos detalai nagrinėtos Juodžio A., Janušaičio R. ir kt. mokslininkų darbuose (Janušaitis, 1998; p. 55-57; Juodis, 2005; p. 54-58).

Sprendžiant efektyvaus pramoninių betoninių grindų dangų sprendinių nustatymo uždavinį, pirmiausiai atliekamas šios stadijos sprendinių modeliavimas, kurio pagrindu sudaromas galimų sprendinių modelis. Tam tyrime naudotas abstraktus grafinis tinklinis modelis. Tinklinis modelis - tai tinklas, kuriame vaizduojami galimi betoninių grindų dangų sprendiniai (alternatyvos). Jis sudaromas kaip linijų su taškais viršūnėse geometrinė schema. Viršūnės – tai mazgai (įvykiai), o juos jungiančios linijos (ryšiai) – projektiniai, technologiniai daliniai procesai arba priklausomybės. Mazgai, projektiniai, technologiniai daliniai procesai (variantai) ir priklausomybės vadinami technologinio tinklinio modelio elementais, kurie turi atitinkamus sutartinius žymenis. Sudarant kompleksinio proceso technologinį variantinį tinklinį modelį, būtina priimti šias prielaidas: turi būti sudaryti kompleksinio proceso deriniai, nustatyti dalinių procesų variantai ir ryšiai tarp jų; sudarant procesų variantų tinklinį modelį, reikia priimti prielaidą, kad bus vykdomas tik vienas kuris nors dalinio proceso variantas iš daugelio galimų (Janušaitis, 1998; p. 51).

Atliekant betoninių grindų dangų analizę (Medelienė, 2019; p. 25-32) nustatyta, kad dangos gali būti 4 grupių: cementinių, polimerinių medžiagų, plytelių ir lakštų. Kiekvienos skirtingos grupės dangai naudojamos skirtingos medžiagos, skirtingi dangų storai, jos gali būti ruošiamos, naudojant užpildus ar be jų, skirtingi ir medžiagų gamintojai, skirtingos įrengimo technologijos (Medelienė, 2019; p. 23-24). Remiantis

betoninių grindų dangų projektinių sprendinių kompleksine analize (Medelienė, 2019; p. 25-32) sudaromas galimų betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių modelis.

Betoninių grindų dangų kompleksinio proceso variantinis tinklinis modelis pateiktas 1 pav., o pramoninių betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių derinių variantai ir jų sutartinis žymėjimas- 1-oje lentelėje.



1 pav. Galimų pramoninių betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių tinklinis modelis
Šaltinis: sudaryta autorės

1 lentelė

Pramoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių variantai ir jų sutartinis žymėjimas

Varianto žymėjimas	Varianto pavadinimas	Varianto žymėjimas	Varianto pavadinimas
<i>DANGŲ SPRENDINIAI</i>		PCL	Polimercementiniai lakštai
DS	Dangų sistemos	PL	Polimerinių medžiagų lakštai
BS	Besiūlės	KL	Klijai
C	Cementinės	SP _{KL}	Specialūs klijai
P	Polimerinės	SP _{KL1...KLm}	1- m-tajai aplinkai pritaikyti specialūs klijai
VM	Vienetinių medžiagų	P _{KL}	Paprasti klijai
PL	Plytelės	GL	Glaistai
L	Lakštai	SP _G	Specialūs glaistai
RM	Rišančios cementinių dangų medžiagos	SP _{G1A...GnA}	1-ai...n-tajai aplinkai pritaikyti glaistai
P _o	Polimeras	P _g	Paprasti glaistai
C	Cementas	<i>TECHNOLOGINIAI SPRENDIMAI</i>	
AL	Aluminatinis cementas	IR	Dangų įrengimas
PC	Polimercementis	P _{SL}	Paruošiamasis sluoksnis
KT	Kitas specialus cementas	BP _{SL}	Be paruošiamojo sluoksnio
U _c	Cementinių dangų užpildai	PPr	Paviršiaus paruošimas
SK	Skalda	P _{ME}	Mechanizuotas paviršiaus paruošimas
U _o	Kietųjų uolienu miltai	P _N	Paviršiaus nuvalymas
KS	Kvarcinis smėlis	P _{AV}	Paviršiaus atsakingų vietų įrengimas
Pr	Priedai	N _M	Mechanizuotas paviršiaus nuvalymas
O	Organiniai	N _R	Rankinis paviršiaus nuvalymas
N	Neorganiniai	Gr	Paviršiaus gruntavimas
Pi	Pigmentai	1 _K - 2 _K	Paviršiaus gruntavimas 1-2 kartus
G _c	Cementinių dangų gamintojai	D _I	Dangos įrengimas
DC	Cementinė danga	DC	Cementinė danga
G _{c1...G_cn}	1...n-tasis cemento dangų gamintojas	DP	Polimerinė danga
G _p	Polimerinių medžiagų gamintojai	DVM	Vienetinių medžiagų danga
G _{p1...G_pm}	1...m-tasis polimerinių dangų gamintojas	DC _M	Cementinės dangos mechanizuotas įrengimas
M _p	Polimerinės medžiagos	DC _R	Cementinės dangos rankinis įrengimas
ME	Modifikuotas epoksidai	DC ₁ -DC ₂	Cementinės dangos 1-2 sluoksnių įrengimas

Varianto žymėjimas	Varianto pavadinimas	Varianto žymėjimas	Varianto pavadinimas
MP	Modifikuotas poliuretanas	DP _R	Polimerinės dangos rankinis įrengimas
MA	Modifikuotas metilmetakrilatas	DP _{M1}	Storasluoksnės 1 sl. polimerinės dangos mechanizuotas įrengimas
SL _p	Polimerinių dangų sluoksniai	DP _{(1...n)R}	1..n sluoksnių polimerinės dangos rankinis įrengimas
1sl _p ...n sl _p	1...n sluoksnių polimerinės dangos	R _{KL}	Rankinis vienetinių medžiagų dangos klijavimas
PL _p	Plonasluoksnė polimerinė danga	VSĮ	Viršutinio dangos sluoksnio įrengimas
DSL _p	Daugiasluoksnė polimerinė danga	GL _C	Cementinės dangos paviršiaus glaistymas
ST _p	Storasluoksnė polimerinė danga	SM _{BC}	Smėlio ant cementinės dangos paviršiaus užbarstymas
Up	Polimerinių dangų užpildai	DP _{PL}	Plonasluoksnė polimerinė danga
SM _k	Kvarcinio smėlio užpildas	DP _{DS}	Daugiasluoksnė polimerinė danga
AK	Įvairios formos ir spalvos akmenėliai	DP _{ST}	Storasluoksnė polimerinė danga
DR	Dekoratyviniai dribsniai	T	Polimerinės dangos paviršiaus tankinimas
L	Lakas	BF	Polimerinės dangos paviršiaus banguotumo formavimas
BL	Polimerinių dangų sistema nelakuotu paviršiumi	S _{LU}	Sluoksnio su specialiais užpildais užliejimas
LA	Polimerinių dangų sistema lakuotu paviršiumi	UB	Užpildo ant dangos paviršiaus užbarstymas
LE	Epoksidinis lakas	BL _p	Nelakuojamas polimerinės dangos paviršius
LP	Poliuretaninis lakas	L _p	Lakuojamas polimerinės dangos paviršius
LA	Akrilinis lakas	ASU	Apsauginio sluoksnio polimerinei dangai užnešimas
DP	Polimerinė danga	S _g	Siūlių glaistymas
DVM	Vienetinių medžiagų dangos	N _{PLL}	Plytelių, lakštų dangų paviršiaus nuvalymas
K	Keraminės plytelės	DŽ	Paviršiaus džiūvimas
AM	Akmens masės plytelės		
NA	Natūralaus akmens plytelės		
KL	Klinkerio plytelės		

Šaltinis: sudaryta autorė

Alternatyvių betoninių grindų dangų variantų nustatymas, naudojant sudarytą grafinį tinklinį modelį

Einant kiekviena sudaryto tinklinio grafiko šaka (žiūr. 1 pav.), nustatomi visi galimi betoninių grindų dangų sprendiniai. Variantai gali būti nustatomi rankiniu būdu arba kompiuterine programa. Keletas pramoninių betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių variantų pateikti 2- oje lentelėje.

2 lentelė

Galimi pramoninių betoninių grindų dangų projektinių ir technologinių sprendinių variantai

Varianto Nr.	Tinklinio modelio kelias
1	BS → C → RM → P _o → U _c → SK → Pr → O → Gc → Gc ₁ → DC → ĮR → P _{SL} → Gr 1k → DC → DC _M → DC ₁ → VSĮ → DC → GL _C → DŽ
2	BS → C → RM → P _o → U _c → SK → Pr → O → Gc → Gc ₂ → DC → ĮR → P _{SL} → Gr 1k → DC → DC _M → DC ₁ → VSĮ → DC → GL _C → DŽ
3	BS → C → RM → P _o → U _c → SK → Pr → O → Gc → Gc ₃ → DC → ĮR → P _{SL} → Gr 1k → DC → DC _M → DC ₁ → VSĮ → DC → GL _C → DŽ
...	...
m	BS → P → G _{p1} → M _p → ME → SL _p → 1sl → PL _p → Up → SM _k → L → BL → DP → ĮR → PS → Gr → 1k → DĮ → DP _r → DP _{1R} → VSĮ → DP → DP _{PL} → T → BL → Dž
...	...
n	VM → L → PL → KL → P _{KL} → GL → P _G → DVM → P _{SL} → Gr → 1k → DĮ → DVM → R _{KL} → S _g → N _{PLL} → Dž

Šaltinis: sudaryta autorės

Nustačius galimus alternatyvius betoninių grindų dangų sprendinius, parinkus aktualią kiekvienam vertinimo atvejui rodiklių sistemą bei atlikus daugiakriterinį šių sprendinių vertinimą, galima nustatyti racionalų grindų dangos projektinį sprendinį bet kokiai eksploatacinei aplinkai.

Išvados ir rekomendacijos

1. Atlikus alternatyvių sprendinių modeliavimo metodų analizę, nustatyta, kad tinkamiausiai alternatyvių betoninių grindų dangų variantų sistemą iliustruoja abstraktus grafinis tinklinis modelis.
2. Išanalizavus tinkliniame modelyje visus galimus kelius, einančius nuo tinklinio grafiko pradinio įvykio iki pabaigos, nustatomi visi galimi alternatyvūs betoninių grindų dangų sprendiniai.

3. Siekiant racionaliai panaudoti į pramoninių betoninių grindų ir jų dangų projektavimo ir įrengimo procesą investuojamas lėšas, tikslinga atlikti alternatyvių sprendinių modeliavimą, kas leidžia gauti patikimesnius jų daugiakriterinio vertinimo rezultatus ir parinkti tikrai efektyvius dangų sprendinius.

Literatūra

1. Czarnecki, L. Mechanisms of Industrial Floor Deterioration.- Tagungsband Industrieböden 2003, aus: 5. Internationales Kolloquium Industrieböden, Technische Akademie Esslingen, TAE, 2003, p. 65-72.
2. Czarnecki, L.; Chmielewska, B; Krupa, P. Influence of selected factors on the results of pull-off tests for industrial floors. Tagungsband Industrieböden 2003 aus: 5. Internationales Kolloquium Industrieböden, Technische Akademie Esslingen -TAE, 2003, p. 163-167.
3. Janušaitis R. Pastatytų gyvenamųjų namų išorinių sienų apšiltinimo procesų optimizavimas (Daktaro disertacija).- Kaunas, 1998, 144p.
4. Juodis A. Statybos procesų matematinis modeliavimas ir optimizavimas. Kaunas, Technologija, 2005, p. 181 p.
5. Medelienė V. Pramoninių betoninių grindų dangų projektinių sprendinių kompleksinė analizė ir efektyvaus sprendimo priėmimo koncepcija.- KTK, Mokslinių straipsnių žurnalas „Inžinerinės ir edukacinės technologijos“, 2019 [1], p. 23-32.
6. Moreira P. M., Aguiar J.,B., Camões A. Systems for superficial protection of concretes. International Symposium Polymers in Concrete, 2006, p. 225-249.
7. Rufo M.; Raymond W., Monaghan S. Waterborne Epoxy Coatings.- Journal Air Products and Chemicals, Inc., 2007, p. 1-11.
8. Wang Yong-Tao, Ren Tian-Bin, Gu Shu-Ying, Ren Jie. Preparation and Properties of Waterborne Epoxy, Resin, Nano-composite Coating.- *Journal of Building Materials*, ISSN: 1007-9629, 2007, p.36-42.
9. Wang Juanli, Li Yuhu, Zhang Xiaona,. Research Progress of Chemical Modification of Waterborne Epoxy, Resin and Its Applications. – *Journal Paint & Coatings Industry*, No11, 2007, p. 26-31.
10. White B., Jordan J., Richards D., Spowart J., Thadhani N. Microstructural Design & Optimization of Highly Filled Epoxy Based Composites. – Final Report for Period 5 May 2006-30 September 2009. School of Material Science & Engineering Georgia Institute of Technology, Atlanta, 2009, p. 45.
11. Wiegink, K. H. Planung und Ausschreibung von Betonboden. In *Symposium Baustoffe und Bauwerkserhaltung*, Universität Karlsruhe (TH), 2007, p.11.

NETWORK MODEL OF DESIGN AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS FOR CONCRETE FLOOR COVERINGS AND DETERMINATION OF ALTERNATIVE OPTIONS

Summary

The demand for industrial concrete floors in the global market is constantly increasing due to the growing number of newly built and reconstructed industrial enterprises. While detailed solutions to the problems of the concrete layer may seem like a viable option, they do not ensure the stability of the floor properties during operation due to the nature of concrete itself as a material. Therefore, it is easier to provide appropriate coatings to ensure stability. Manufacturers in the industrial concrete floor market offer a wide variety of floor coverings with different materials and compositions. However, choosing the most rational options for designers can be a daunting task due to the sheer number of options available.

The purpose of the article is to introduce a network model and identify potential alternative solutions for concrete floor coverings through the modelling of different options. In order to achieve this objective, various modelling techniques for alternative solutions are analyzed. Additionally, a network model for design and technological solutions in the context of concrete floor coverings is presented, which helps in determining different floor covering alternatives.

Key words: solution modelling, network model, solution combinations, alternative options.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Violeta Medelienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Statybos inžinerijos studijų programos docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: inovacijos statybos inžinerijoje

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61529197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Violeta Medelienė

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Assoc. Professor of Construction Engineering Program

Author 's research interests: Innovations in Civil Engineering

Telephone and e-mail address: +370 61529197, violeta.medeliene@edu.ktk.lt

ANALYSIS OF STRUCTURE WEAR IN AN AGGRESSIVE ENVIRONMENT

Jūratė Mockienė, Loreta Inokaitytė
Kaunas University of Applied Science

Summary

The traditional approach provided in design norms does not fully assess the possibility of premature aging of structures, the influence of an aggressive environment on the rationality of structures. A.Čyras, V.Maciulevičius, K.Antanavičius and other researchers did not pay attention to the influence of wear and tear on the optimality of structures when solving optimisation problems. For example, the influence of the long-term wear and tear of structures is significant for accelerated (premature) wear processes in today's modern environment. Therefore, special attention was paid, and experiments were carried out to supplement the data on premature wear of structures, operating them under modern conditions when air pollution is inevitable. Corrosion products of structures working in an aggressive atmosphere are relatively less coherent material. They succumb to erosion under conditions of heavy rains, gusts of wind and other factors. Consequently, material surface porosity and abrasion continue to increase. Weakening is formed - stress micro- and meso-concentrators. When connected, they form damage systems and weakening significant for stress-deformation concentrations and intended work of structural elements.

Key words: Aggressive environment, structural wear and tear, steel strength, hardness

Introduction

Corrosion processes that destroy structures during long-term operation are particularly dangerous when, for one reason or another, structural elements must work for some time in a chemically aggressive or physically active environment not foreseen in the design. Such processes are more pronounced in the place of nodes, joints, cross-section changes, where production dust can aggregate accumulating vapours of aggressive substances and condensate particles. Even more intense corrosion processes occur in technological equipment of production buildings. Some equipment tanks and pipelines are covered with special high-quality steel sheets (L. Di Sarno et al, 2021; H. Zhang et al, 2017).

In almost all cases in constructions, especially in nodes, the most dangerous is corrosion of joining of elements - welding seams. Welds are generally weaker than the base metal to begin with. They often have more defects than the base metal. Therefore, the effects that reduce their corrosion resistance are more relevant than those of the base metal (J. Bhandari et al, 2015; Z. Zhao et al, 2019.)

Metal structures are also weakened by base metal corrosion. In metal structures, the surface of elements corrodes but this corrosion can be at least partially prevented by paints and varnishes. It is worse with welds and various nodes. Seam quality control measures enable detection of relatively large seam defects. The networks of small slits formed during the seam cooling are almost not captured by the current control methods. Meanwhile, during exploitation, they continue to develop due to environmental moisture, dust and other metal-destroying substances, temporary overloads, and installation inaccuracies. They connect to larger cracks and can cause emergencies (A.S.H. Makhlof et al, 2018; D.E.J. Talbot et al, 2018).

Since there is insufficient knowledge about the damage that occurs during the operation process, tensile tests and hardness HB determination tests were performed on metals that were elements of structures that have been in use for a long time (H. Zhang et al, 2019; A. Ayyagari et al, 2018).

To study the impact of the aggressive environment on structures, the structural elements (i.e. rods) of an electricity transmission pole built in 1956 and dismantled as unfit for operation in 2006, were taken.

The influence of an aggressive environment on structure wear during operation

Structures operated in the open air (electric poles, masts, etc.) are exposed to many atmospheric factors. Those effects influence mechanical properties of metal over time and can cause negative factors.

In terms of structural solutions, the mast trunk can be solid (tubular, box, composite or similar cross-section) or castellated, when the struts of the mast trunk are connected by a grid of various geometries (zigzag, triangular with horizontal elements, rhombic, cross). The grid form, at first glance, is a fairly elementary and well-known structural solution. However, when considering the potential impact of pollution, slightly different advantages and disadvantages of grids emerge. Among other things, this is related to the unequal vulnerability of grid elements in an aggressive atmosphere and the somewhat different impact of damage to those elements on the vitality of the masts and their safe operation.

The more welds or other similar connections and nodes and parts that are difficult to access for inspections, repairs, and renovations are in the structure of the mast, the greater is the risk of their initial destruction at work and more opportunities to breach their security. These processes are directly related to the factors of atmospheric pollution, which are aggressive towards the elements of mast structures. That

circumstance is directly associated with several changes in the work of the material of the mast structures. On the one hand, due to the effects of atmospheric pollution, the metal of the stem elements becomes more brittle in local or macro areas of the structure. On the other hand, pitting concentrations of stresses and strains are formed around the corrosion areas. At the beginning, they begin to occur at the micro level with the formation of points or pits of corroded material (pitting corrosion). Later they connect with each other. Meso-concentrations of stresses and strains are formed. They can develop into macro-concentrations spreading corrosion and erosion (J. Bhandari et al, 2015; A.S.H. Makhoulf et al, 2018; D.E.J. Talbot et al, 2018).

In turn, stress-strain concentrations are inevitably formed in the nodes and details of the mast structure. This is due to structural factors, for example, the uneven transfer of impacts and cracks in nodes from one element to another. The actual principles of connecting structural elements in nodes and their work are quite different from the idealised ones adopted in the calculation schemes. The technological operations of node installation leave concentrations of stresses and strains of technological origin.

It is most likely that, in the geographical situation of Lithuania, pollutant flows (aggressive clouds) affecting tall buildings can come from different areas. For example:

- they reach Lithuania from the industrial regions of Europe and the Kaliningrad region with the prevailing south-west winds for part of the year;
- north-easterly winds dominating in winter bring pollutants from industrial areas of Belarus and Russia and some military facilities;
- various winds and local atmospheric vortexes carry local and Latvian pollution products. Chemically aggressive pollutants from the largest pollution sources operating in Lithuania (Kėdainiai, Jonava, Elektrėnai, Mažeikiai, Naujoji Akmenė and similar facilities) are particularly significant.

In industrialised countries of Western Europe, strict restrictions are gradually being imposed on atmospheric pollutants. Therefore, in the future, the impact of atmospheric pollutants migrating from the west, southwest and northwest on the longevity of Lithuanian high-rise buildings should decrease significantly. However, the mast structures that are now in operation have been degraded by pollutants (combined with rainwater and other means) for many years. Atmospheric pollutants emitted by Eastern countries are likely to be quite abundant in the future. Accordingly, they will be dangerous not only from the point of view of evaluating the historical retrospective consequences of the construction work, but also from the standpoint of prospective forecasts of their operation.

Data from long-term observations on pollutant flows and their clouds formed on the territory of Lithuania are recorded in territorial maps of environmental pollution.

To study the impact of the aggressive environment on structures, the structural elements (i.e. rods) of the electricity transmission pole, built in 1956 and dismantled as unfit for operation in 2006, were taken.

Construction steel Ct3 was used for electric poles (Fig. 1).



Fig. 1. Photo of an electric pole

Source: JP.lt

At the beginning, photographs of the surfaces of those rods were taken (Fig. 2 and 3). They clearly showed various forms of corrosion. Although the structures were maintained and painted regularly.

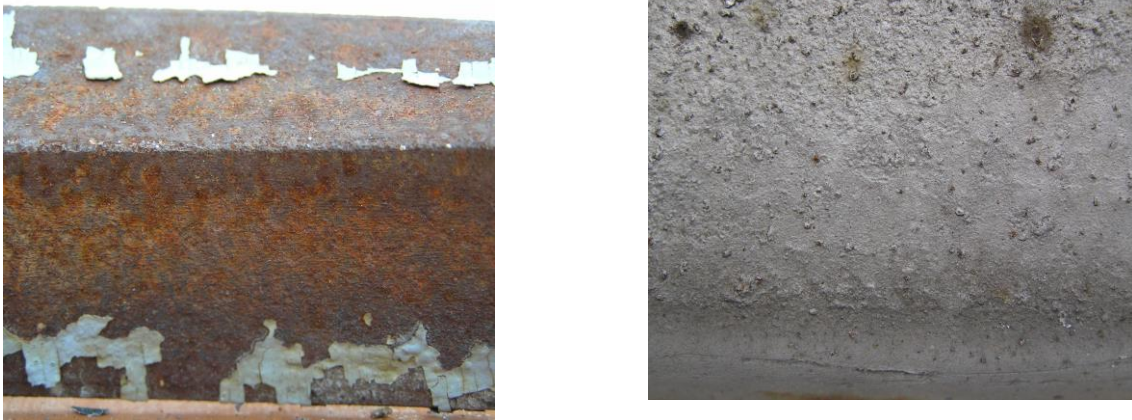


Fig. 2. Photographs of the surface of power transmission mast rods
Source: Compiled by the author

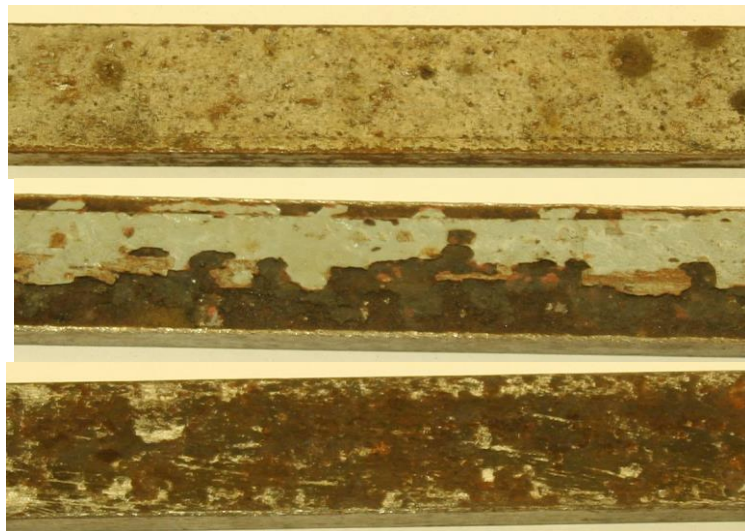


Fig. 3. Typical photographs of damaged areas
Source: Compiled by the author

Whether the structure (its element) is sufficiently strong, rigid, stable can only be decided if the mechanical properties of the material are known, i.e. strength, elasticity, plasticity, brittleness, hardness and etc. along with the values describing its stressed and deformed state (notches, stresses, displacements and deformations). These properties are quantitatively described by their indicators.

The effect of environmental pollution on structures was studied experimentally.

Standard mechanical tests of constructions are carried out to study the mechanical properties of materials and determine their indicators.

One of the main mechanical tests of a material is tensile test. Its purpose is to obtain indicators of material strength, elasticity and plasticity, i.e. indicators that sufficiently comprehensively reflect the most important mechanical properties of the material from an engineering point of view.

The tests are performed in accordance with the conditions defined in normative documents: the samples must have a certain shape and dimensions, they must be manufactured with the required accuracy and in compliance with certain rules; the rate of loading and deformation, temperature, number of samples, methodology for determining mechanical indicators and other things are also regulated.

The samples (flat) were stretched by presses. The magnitude of the tensile force is indicated by the manometer, the elongation of the specimen by the distance between the grips. The relationship between tensile force and sample elongation is shown by a graph drawn by a self-writing device - a diagrammatic device. This graph $\Delta = f(F)$ is also called a tensile diagram. The most important indicators of the mechanical properties of the material under study are determined exclusively by it. Tensile tests were performed in a certified material resistance laboratory (Fig. 4).

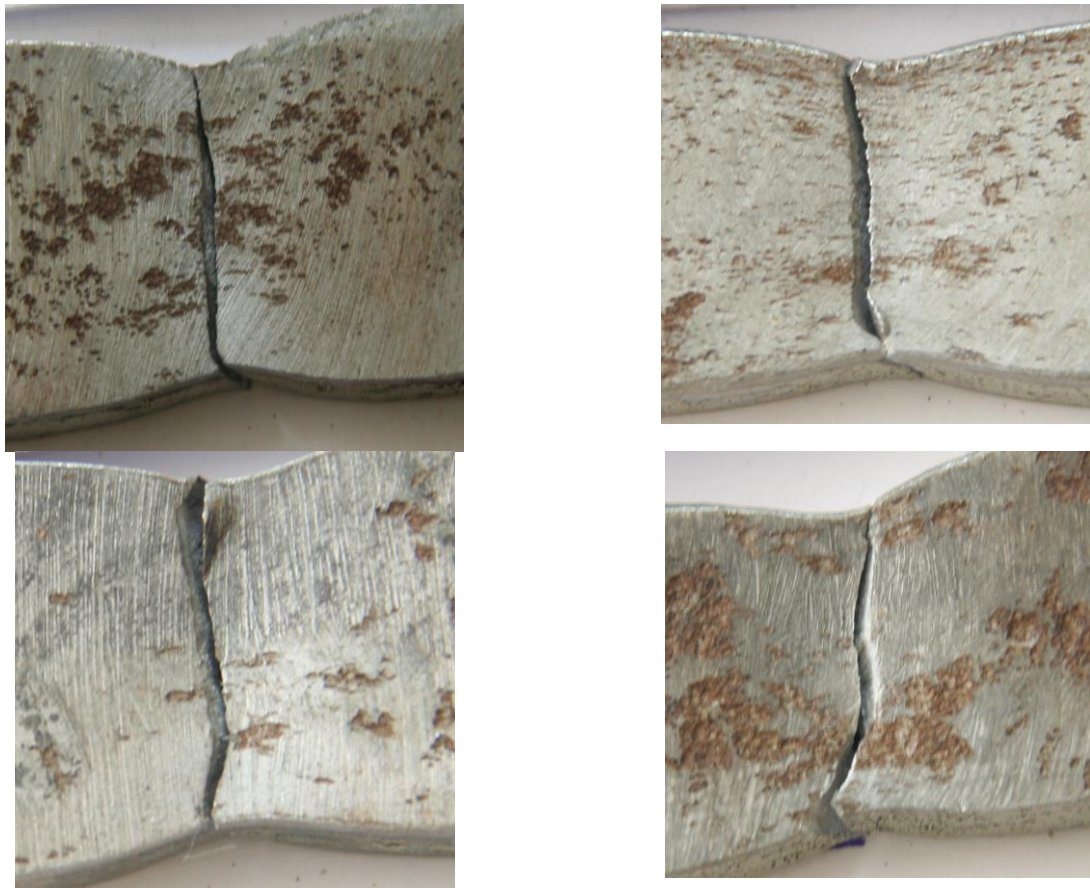


Fig. 4. Several fracture locations of the specimens after the tensile test (No. 6, 9, 18, 25)

Source: Compiled by the author

Examining several sample break points after tensile tests, it can be seen that the character of the break points, i.e. the shape of the crack varies. This means that the mechanical properties of the sample metal are different. Some specimens were more deeply corroded and had lower strength.

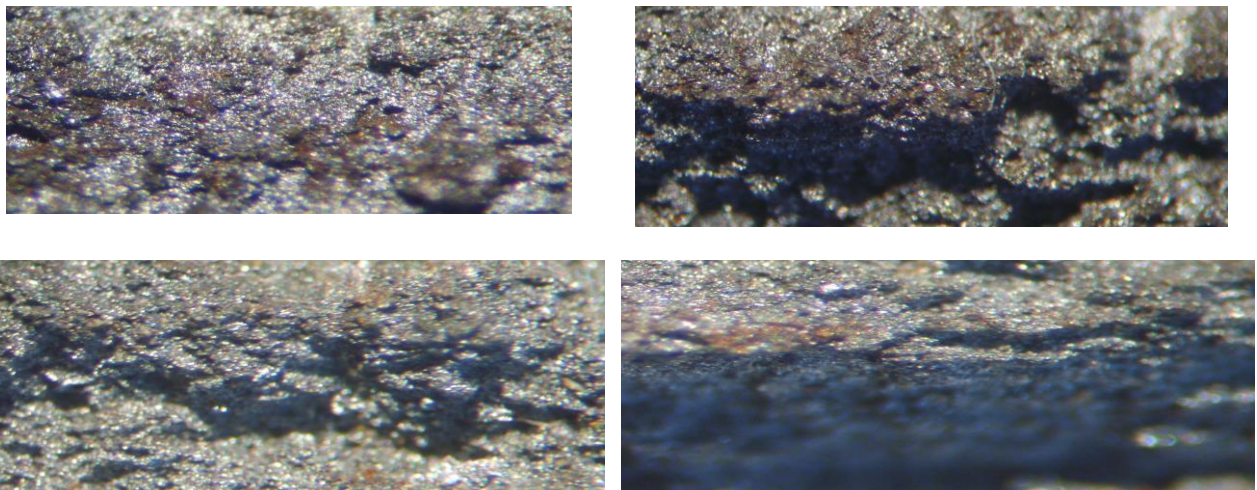


Fig 5. Photographs of the microgrounds were taken after the tensile test (No. 6, 9, 18, 25)

Source: Compiled by the author

The microgrounds photos of the broken areas show the structure of the metal. In the presented microground photos (Fig. 5), the places of corrosive damage are clearly visible. Therefore, the mechanical properties of the metal are weakened.

Research analysis on the state of wear of structures during operation

Exploited metal structures exposed to environmental influences, although maintained, lose their design strength over time.

These circumstances highlight the importance of data on the condition of the structure during its operation. For that purpose, tests were carried out to verify the structural properties of the power transmission line mast - truss after its long-term operation. Steel grade Ct 3. Standard tests were used to determine the strength and yield indicators of the truss element, as well as the breaking force.

Tensile charts are not identical to actual Ct 3 (carbon steel) tensile charts. The actual strength limit of this steel is 380...500 MPa, and the yield limit is 250 MPa.

The tensile diagrams of some specimens do not have a clearly visible yield point. It means that the metal is affected by corrosive processes and its properties are altered. Structures are selected according to the design strength of the steel. When such changes occur in the steel structure during operation, it loses its original mechanical properties. Therefore, the service life of the structure itself may be shortened, as it will not meet the requirements for reliable use.

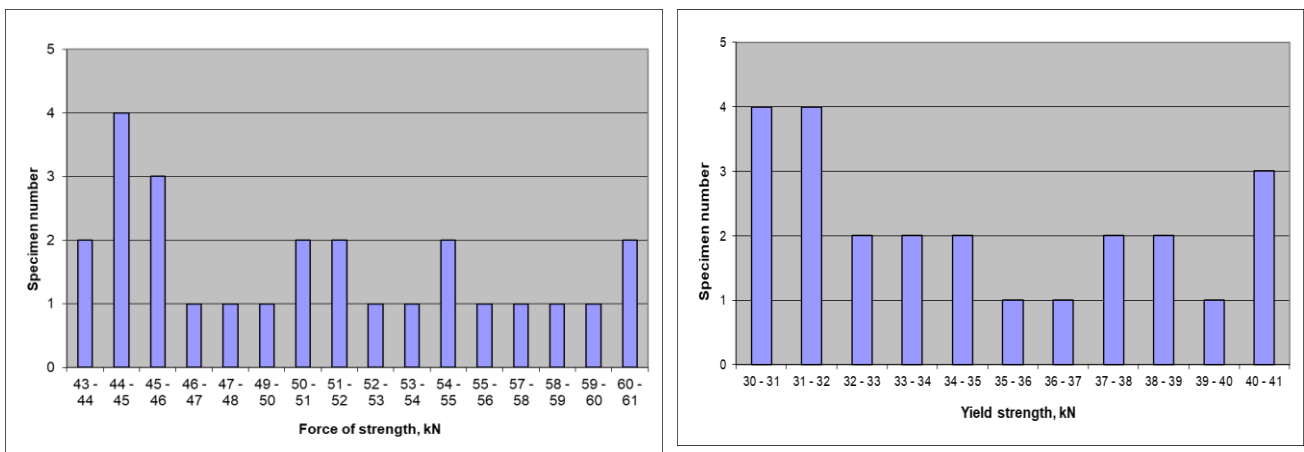


Fig. 6. Statistical distribution of the strength and yield strength values of the samples

Source: Compiled by the author

The specimens were cut from steel bars used in the same structure (electric pole). When examining the values of strength of the specimens achieved during the tensile test, a wide spread of values can be seen. This could be due to uneven corrosion effects. Then the metal structure becomes heterogeneous. However, after long-term operation, the strength limit values fall within the range of the actual strength limit values. This shows that the steel does not lose its strength during exploitation.

After long-term service, the yield strength values are much higher than the actual yield strength of the steel. This indicates that the longer the structures are in operation, the harder the steel becomes.

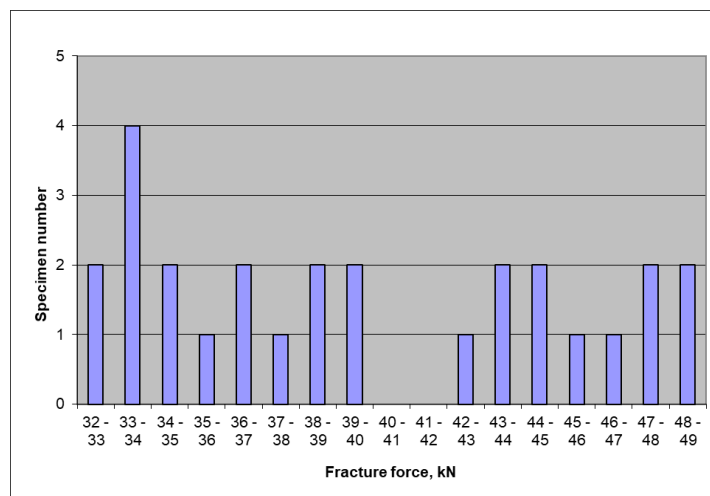


Fig. 7. Statistical distribution of the breaking force values of the samples

Source: Compiled by the author

After long-term operation, the breaking force values are very scattered. This shows that the longer the structures are in use, the harder steel becomes, and less force is needed to break it.

Tests have shown that the indicators of the mechanical properties of the same material are not the same and vary for many reasons. The indicators of the mechanical properties of natural materials depend on the conditions of their formation, while those of artificial ones depend on the peculiarities of their production technology and on the quality of the raw material.

During operation, performing standard strength tests of a particular element, it breaks down. Therefore, it is no longer possible to be exploited. Thus, the information obtained is often no longer meaningful. In this case, indirect tests can provide useful information. However, it is relevant to have data on possible dispersion and practical statistical evaluation of the relationship between indirect test results and direct ones. Hardness according to Brinell (HB) was studied as one of the methods of indirect determination of indicators. The measurement of material hardness is of great importance in technology because the basic mechanical properties of materials can be determined approximately from the hardness data. Hardness tests can be performed without disassembling the structural element at its required location. It can also be used at high altitudes. The designer receives particularly important data from hardness tests when choosing prevention methods.

The hardness test was carried out in accordance with the valid regulations, with certified test devices.

Hardness tests differ from other tests of the mechanical properties of materials as they do not deform the entire volume of the sample, but only a small part of it. Hardness is determined by pressing a tip of the appropriate shape against the surface of the test metal with a constant force and speed. When measuring hardness according to Brinell, a hardened steel ball is pressed into the tested material. The hardness of the material can be judged from the dimensions of the imprint made by the indenture. The harder the metal, the smaller indentation the indenture will make under the same force, and vice versa, the softer the metal, the larger the diameter or depth of the indentation on the surface of the specimen.

After the tensile test, the hardness HB was determined for the broken parts of the specimens.

The aim was to determine the influence of long-term operation in the open air under the impact of various environmental effects on the mechanical properties of metal (Fig. 8).

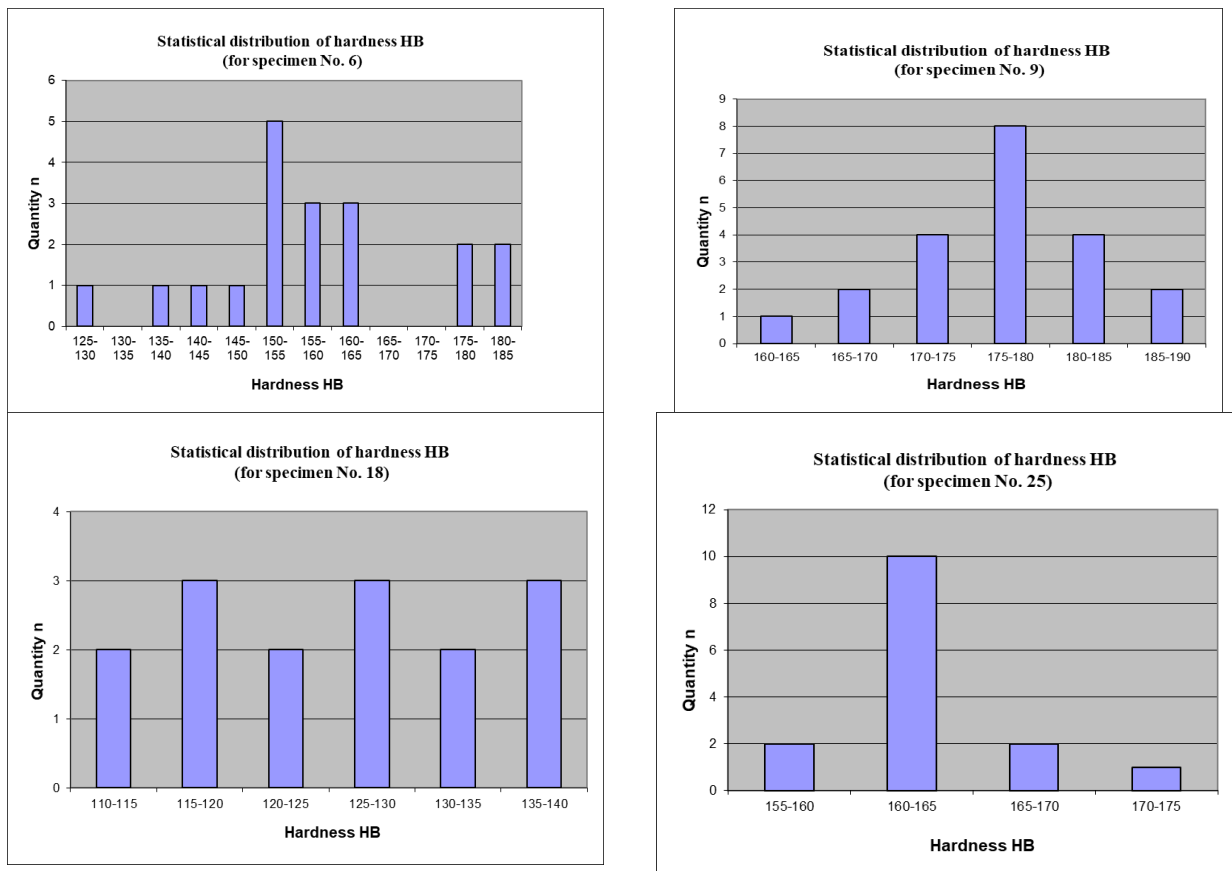


Fig. 8. Statistical distribution of hardness HB (for samples No. 6; No. 9; No. 18, and No. 25)

Source: Compiled by the author

As it can be seen from the diagrams, after long-term operation of structures, the hardness of steel increases.

The importance and capitalisation of buildings and structures and the significance of consequences due to the occurrence of boundary conditions, when necessary, are evaluated by the building reliability coefficient γ_n . This coefficient can be used in the calculation even when the real working conditions and boundary conditions of individual structures have not been sufficiently examined. From γ_n , it is necessary to divide the limit values of bearing capacity, limit deformations, and crack opening width or multiply the values of notches and other effects of calculated loads.

The structure behavior also depends on many circumstances that were not taken into account when determining the calculated characteristics of the material and creating calculation schemes. The coefficient of working conditions γ_c is applied to assess the influence of such circumstances.

Considering the circumstances mentioned earlier in this way, there is still a possibility that the element may disintegrate or weaken (V. Korolov et al, 2013; M. Fenker et al, 2014).

Conclusions

Research shows that when aggressive natural or technical environments are formed, various electromagnetic fields and stray currents can stimulate electrochemical or electrolytic corrosion mechanisms in the elements of metal constructions. Electrochemical corrosion processes turned out to be worthy of greater attention. There are data on the intensification of electrochemical processes of atmospheric corrosion due to the formation of a moisture film invisible to the eye (when the relative air humidity does not reach 100%). Such corrosion depends on humidity, temperature, level of atmospheric pollution, chemical composition of pollutants, etc. For example, the presence of sulphureous gases - coal or oil combustion products in the atmosphere enhances the mentioned atmospheric corrosion significantly.

The quality of steel structures is determined not only by their strength, stiffness, resistance to various effects. The indicators of probabilistic reliability can more objectively assess the safety, durability, adaptation to changes in steel resistance and sustainability of structures.

Building structures and their elements rarely disintegrate suddenly. Almost all building materials can sustain a significantly higher impact per unit area if there are adjacent non-stressed areas of the structure. Therefore, it is appropriate to analyse the decay of metal truss rods.

When constructing structural elements, one should try not to weaken the cross-section because the highest stresses in those places can harden the metal and increase its brittleness. When manufacturing trusses from a box profile, only its surface is covered with an anti-corrosion coating, so the welding seams must be hermetic to prevent moisture and air from entering the inside of the bars.

References

1. Di Sarno, L., Majidian, A., Karagiannakis, G. The Effect of Atmospheric Corrosion on Steel Structures: A State-of-the-Art and Case-Study. *Buildings*, 2021, 11(12), 571,
2. Zhang, H., Ha, L., Li, Q., Beer, M. Imprecise probability analysis of steel structures subject to atmospheric corrosion. *Structural Safety*, 2017, 67: 62-69.
3. Bhandari, J., Khan, F., Abbassi, R., Garaniya, V., Ojeda, R. Modelling of pitting corrosion in marine and offshore steel structures - A technical review. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 2015, 37: 39-62.
4. Zhao, Zh., Liu, H., Liang, B. Probability distribution of the compression capacity of welded hollow spherical joints with randomly located corrosion. *Thin-Walled Structures*, 2019, 137: 167-176.
5. Makhlof, A.S.H., Herrera, V., Muñoz, E. Chapter 6 - Corrosion and protection of the metallic structures in the petroleum industry due to corrosion and the techniques for protection. *Handbook of materials Failure Analysis. With Case Studies from the Construction Industries*, 2018, 107-122.
6. Talbot, D.E.J., Talbot, J.D.R. *Corrosion science and technology*. 3rd Edition, 2018, Boca Raton, CRC Press, 596p.
7. Zhang, H., Xu, Sh., Nie, B., Wen, Y. Effect of corrosion on the fracture properties of steel plates. *Construction and Building Materials*, 2019, 225: 1202-1213.
8. Ayyagari, A., Hasannaemi, V., Grewal, H.S., Arora, H., Mukherjee, S. Corrosion, Erosion and Wear Behavior of Complex Concentrated Alloys: A Review. *Metals*, 2018, 8(8), 603.
9. Korolov, V., Filatov, Y., Magunova, N., Korolov, P. Management of the quality of corrosion protection structural steel based on corrosion risk level. *Journal of Materials Science and Engineering*, 2013, 3(11): 740-747.
10. Fenker, M., Balzer, M., Kappl, H. Corrosion protection with hard coatings on steel: Past approaches and current research efforts. *Surface and Coatings Technology*, 2014, 257: 182-205.

KONSTRUKCIJŲ NUSIDĖVĖJIMO AGRESYVIOJE APLINKOJE ANALIZĖ

Anotacija

Tradicinis požiūris, kuris numatytas projektavimo normose, nepilnai įvertina konstrukcijų pirmalaikio senėjimo galimybę, agresyvios aplinkos įtaką konstrukcijų racionalumui. A.Čyras, V.Maciulevičius, K.Antanavičius ir kiti mokslininkai sprenddami optimizavimo uždavinius neatkreipė dėmesio į nusidėvėjimo įtaką konstrukcijų optimalumui, kaip ilgalaikio konstrukcijų nusidėvėjimo įtaka yra reikšminga paspartėjusio (pirmalaikio) nusidėvėjimo procesams šiuolaikinėje modernioje aplinkoje. Todėl buvo atkreiptas ypatingas dėmesys ir atlikti eksperimentai, siekiant papildyti duomenis apie konstrukcijų pirmalaikį susidėvėjimą, eksploatuojant jas šiuolaikinėmis sąlygomis, kuomet neišvengiama oro užterštumo. Agresyvioje atmosferoje dirbančių konstrukcijų korozijos produktai yra santykinai mažiau rišli medžiaga. Jie pasiduoda erozijai stiprių liūčių, vėjo gūsių ir kitų veiksnių sąlygomis. Tuo būdu toliau didėja medžiagos paviršiaus korėtumas bei jos paviršiaus sueižėjimas. Susidaro įvairūs susilpnėjimai – įtempių mikro- ir mezo- koncentratoriai. Jungdamiesi jie sudaro pažaidų sistemas ir susilpnėjimus, reikšmingus įtempių – deformacijų koncentracijoms ir numatytam konstrukcinių elementų darbui.

Reikšminiai žodžiai: agresyvi aplinka, konstrukcijos susidėvėjimas, plieno stiprumas, kietumas.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa, lektorė

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68227397, jurate.mockiene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Loreta Inokaitytė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: Statybos konjunkštūra

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 60715057, loreta.inokaityte@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė Mockienė

Science degree and name: master's degree, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lecturer of Construction Engineering Study Program

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

Telephone and e-mail address: 8 68227397, jurate.mockiene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Loreta Inokaitytė

Science degree and name: master's degree, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lecturer of Construction Engineering Study Program.

Author's research interests: Construction conjuncture

Telephone and e-mail address: 8 60715057, loreta.inokaityte@edu.ktk.lt

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF WOODEN ELEMENT CONNECTIONS ON THE FIRE RESISTANCE OF STRUCTURES

Jūratė Mockienė

Kaunas University of Applied Engineering Science

Summary

Wood, as a material for construction, exhibits a significant drawback - its high flammability. The ignition of wood requires a specific temperature of its surface and the presence of atmospheric air. The process of wood decay is contingent upon several factors, including the duration of exposure to high temperatures and the properties of the wood. The connection points between wooden elements play a crucial role in determining the fire resistance of wooden structures. As connections are generally less fire-resistant than linear elements, they can negatively impact the overall fire resistance of the structure. In order to construct safe and durable wooden buildings, it is essential to minimize the flammability of wooden structures. This article explores how the joints of wooden elements influence the fire resistance of structures and provides suggestions for enhancing the fire resistance of wooden structures.

Key words: wooden structures, connections, fire resistance, design, protection

Introduction

Understanding the fire resistance of timber construction joints is crucial. When constructing joints, it's important to consider the potential for decomposition. The primary disadvantage of wooden joints, except for glue joints, is their high mobility. Therefore, when calculating statically unsolvable systems, it's important to take into account the deformations at the joints and the mobility of the nodes. Different means of connection give rise to different displacements of elements in the joints, which means several types of joints cannot be used to transmit the acting force in the same joint since they cannot work in harmony (Maraveas et al., 2007; Gerarad et al., 2013; Moss et al., 2008; Erchinger et al., 2010; Audebert et al., 2021).

When connecting wooden elements, it's important to consider their specific properties and the working conditions required for each method. For instance, mortises and diagonal pins can only transmit forces in one direction and are, therefore, suitable for constructions made of logs or logs only. Ring and toothed clips are mostly used in rod constructions made of boards, whereas glue is preferred in continuous cross-section board constructions. Ring clips, toothed pins and glued joints are primarily used in structures manufactured in factories or on well-equipped construction sites. Grooves and joints connected with needles are mostly used in construction, and their connections are installed on the construction site (Fornather et al., 2001; Hietaniemi et al., 2004; Laplanche et al., 2004; Peng et al., 2011).

The impact of wooden components that connect different parts of a structure on its ability to resist fire

The application of means for connecting wooden elements requires coordination with element work conditions.

When it comes to connections of wooden structures, they can be categorized based on different criteria. The categories include the nature of work, the type of flange, and the purpose of the connection. According to the nature of work, connections can be divided into the following types (STR 2.05.07:2005):

- Joints, snap connections (such as toothed and barbed plate and ring shear plate connectors), and cut-outs are used for local compression and splitting.
- All spigot flanges, such as nails, hooks, dowels, bolts, and screws, are used for bending.
- Nails, screws, and glued bars are used for extraction.
- Glued joints are used for shear and bending.

When calculating constructions, glued joints are considered rigid and non-displaceable. If thermo-reactive glue is used for fully glued wooden element joints, their fire behaviour is very similar to that of solid wood. This means that the carburizing rate of the outer surfaces can be precalculated.

The calculation of the needle resistance of needle joints depends on the type of needle used, including nails, steel dowels, aluminum alloy dowels, fiberglass dowels, dowels made of laminated wood plastic, and oak dowels. (STR 2.05.07:2005)

When using pivot joints with steel liners or inserts, it is important to use steel screws, blind pins or wood screws that fit tightly into the drilled holes. Blind metal dowels and wood screws should be sunk into the wood by at least 5 times their diameter. This will ensure a secure and stable connection between the joint and the surrounding material.

The wood acts as a protective barrier for the nails against sudden fires. The deeper a nail or screw is embedded in the wood, the better it is shielded from fire and the longer the joint will last. Screws have the added advantage of having threads that offer superior adhesion to wood compared to nails, but they are less flexible.

Wood screw connections are commonly used in wood structures due to their strength and ductility. These connections provide excellent structural results; however, they have poor fire resistance at high temperatures. This is because the large surface area of the screw heads is exposed to fire. It can be argued that wood screw and nail joints work similarly, and the fire resistance of such joints can vary from 0 to 20 minutes.

During a real building fire, the wood-bolted joint can disintegrate near the fire zone. This is caused by the local failure of bolts. However, if the structural element has a greater number of bolts, then it can be expected that they will compensate for individual bolts that have failed due to the fire conditions.

The anchoring strength of pivot joints is the compressive strength at the junction of the wooden specimen and the rigid connecting element when the latter's axis is perpendicular to the surface of the specimen, and it bears the maximum load. This strength is not only dependent on the wood alone but also on the diameter of the needles and the friction between the wood and the reinforcement. The anchoring strength is a decisive factor that determines the maximum load the connection can bear.

The anchorage strength of wood decreases as the temperature increases from 50°C to 110°C. This is because the lignin in the walls of wood cells softens. Similarly, as the temperature increases from 110°C to 180°C, the wood dries out, causing the bound moisture in the wood cells to evaporate.

When wood is exposed to a temperature of 300°C, it chars and loses all its strength. It would, therefore, make sense to assume that the anchorage strength value also reduces to zero at this temperature. However, the screws in the joint that bear the load continue to heat the wood in contact with them, causing the screw to create a longitudinal hole in the wood member. This can cause some displacement in the joint, but not necessarily disintegration. As the screws move, they diverge their way into slightly cooler wood, which results in some cooling of the screws. This allows the joint to continue to withstand the load. (Moss et al., 2008; Laplanche et al., 2004; Fornather et al., 2001; Peng et al., 2011)

The design principles for the fire behavior of connections in wooden structures.

The behavior of wooden joints when exposed to fire is a complex phenomenon that is influenced by several factors, such as the type of reinforcements used, the geometry of the joint, the type of decay, and the varying thermal conductivity properties of steel, wood, and the charred layer.

The rules outlined in EN 1995-1-2 are designed for creating connections between structural members subjected to standard fire exposure. These rules are applicable to fire resistances of up to 60 minutes, unless otherwise specified. The section provides guidance on how to create connections using different methods such as nails, bolts, dowels, screws, split ring connectors, shear plate connectors, and toothed-plate connectors. It is important to note that the rules do not evaluate the temperature rise phase, which can affect the anchorage strength parameter.

Connections with wooden side members.

Connections with wooden overlays can be calculated using two methods: 1) simplified rules; 2) reduced load method. Each method also distinguishes calculation methods depending on whether the connections are protected or unprotected.

Simplified rules. Unprotected connections

The minimum requirements for fire resistance of unprotected wood-to-wood connections, including spacing, edge and end distances, and side member dimensions, are provided in the table in EN 1995-1-1 (LST EN 1995-1-1:2005).

To achieve fire resistance periods $t_{d,fi}$ greater than those specified in table EN 1995-1-1, but not exceeding 30 minutes, for connections made with dowels, nails, or screws with non-projecting heads, the following dimensions should be increased by a_{fi} : the thickness and width of the side members, and the end and edge distance to fasteners.

$$a_{fi} = \beta_n k_{flux} (t_{req} - t_{d,fi}); \quad (1)$$

where: β_n - represents the charring rate; k_{flux} - is a coefficient accounting for increased heat flux through the fastener ($k_{flux} = 1,5$); t_{req} - represents the required standard fire resistance period; $t_{d,fi}$ - represents the fire resistance period of the unprotected connection.

It is important to note that according to EN 1995-1-2, wooden beams cannot resist fire for more than 30 minutes without protection, regardless of how much we increase the size of the wooden element. This is

because steel reinforcements that are directly exposed to fire can absorb heat much better than wooden elements, which slowly char when exposed to hot metal. Metallic reinforcements absorb heat and distribute it to deeper layers of the wood, which is why unprotected joints are considered to be less resistant to fire. The joint's resistance to fire will increase by inserting the bolts deeper into the wood and covering their heads with wooden plugs. It is also advisable to use a greater number of bolts but with a smaller diameter.

Simplified rules. Protected connections

When the connection is protected with wood panelling, wood-based panels or gypsum plasterboard type A or H, the time until the start of charring should be satisfied:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 0,5t_{d,fi}; \quad (2)$$

where: t_{ch} - is the time until start of charring.

When adding gypsum plasterboard type F to protect the connection, the time until charring should meet certain requirements:

$$t_{ch} \geq t_{req} - 1,2t_{d,fi}; \quad (3)$$

For connections where fasteners are protected using glued-in timber plugs, the length of the plugs should be determined based on expression (1).

Fixings for additional protection must be strong enough to prevent premature failure. If wood-based panels or gypsum plasterboard are used for additional protection, they should remain in place until the member starts to char ($t = t_{ch}$).

When it comes to bolted connections, it's important to protect the bolt heads with a layer of material that's at least as thick as a_{fi} .

If you need to fix additional protection using nails or screws, there are some rules you need to follow. The distance between fasteners should be no more than 100 mm along the board edges, and no more than 300 mm for internal fastenings. Also, the edge distance of fasteners should be equal to or greater than a_{fi} , which can be calculated using expression (1).

If you're fixing additional protection made of wood, wood-based panels, or gypsum plasterboard type A or H, the penetration depth of the fasteners should be at least $6d$, where d is the diameter of the fastener.

Additional rules for connections with internal steel plates

For joints with internal steel plates that are at least 2 mm thick, and don't project beyond the timber surface, there are some additional rules to follow. The width b_{st} of the steel plates should also observe certain conditions.

In bolted connections the bolt heads should be protected by a protection of thickness a_{fi} .

The following rules apply for the fixing of additional protection by nails or screws: the distance between fasteners should be not more than 100 mm along the board edges and not more than 300 mm for internal fastenings; the edge distance of fasteners should be equal or greater than a_{fi} calculated using expression (1).

The penetration depth of fasteners fixing of the additional protection made of wood, wood-based panels or gypsum plasterboard type A or H should be at least $6d$, where d is the diameter of the fastener.

Additional rules for connections with internal steel plates

For joints with internal steel plates of a thickness equal or greater than 2 mm, and which do not project beyond the timber surface, the width b_{st} of the steel plates should observe the conditions.

Steel plates that are narrower than the timber member may be considered protected in certain cases. Plates with a thickness of 3mm or less are considered protected where the gap depth d_g is greater than 20mm for a fire resistance period of 30 minutes and greater than 60mm for a fire resistance period of 60 minutes. For joints with glued-in strips d_g or protective wood-based boards, they are considered protected where the depth of the glued-in strip or the panel thickness h_p , is greater than 10mm for a fire resistance period of 30 minutes and greater than 30mm for a fire resistance period of 60 minutes.

Reduced load method. Unprotected connections

The rules for bolts and dowels apply when the side plate thickness is greater than or equal to t_1 mm.

$$t_1 = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25(d - 12) \end{cases}; \quad (4)$$

Where d is the diameter of bolt or dowel, in mm.

When designing for standard fire exposure, it is necessary to calculate the characteristic load-carrying capacity of a connection with fasteners in shear.

$$F_{V,Rk,fi} = \eta F_{V,Rk}; \quad (5)$$

Where: $\eta = e^{-kt_{d,fi}}$; $F_{V,Rk}$ - is the characteristic lateral load-carrying capacity of a connection with fasteners in shear at normal temperature (as defined in EN 1995-1-1); η - is a conversion factor; k - is a parameter given in table EN 1995-1-2; $t_{d,fi}$ - is the design fire resistance of the unprotected connection, in minutes.

The design fire resistance of the connection under fire should be:

$$t_{d,fi} = -\frac{1}{k} \ln \frac{\eta_{fi} \gamma_{M,fi}}{\gamma_M k_{fi}}; \quad (6)$$

The parameter 'k' can be found in table EN 1995-1-2. η_{fi} - is the reduction factor for the design load in the fire situation; γ_M - is the partial factor for the connection (EN 1995-1-1); k_{fi} - is a value according to EN 1995-1-2; $\gamma_{M,fi}$ - is the partial safety factor to timber in fire.

For dowels projecting more than 5 mm, use the same k values as for bolts.

When constructing connections with both bolts and dowels, the load-bearing capacity should be the sum of their individual capacities.

To achieve fire resistances greater than that provided by expression (6) but not exceeding 30 minutes, when using nails or screws with non-projecting heads, it is necessary to increase the thickness of the side member and the end and edge distances by a_{fi} . The value of a_{fi} should be determined according to the following formula:

$$a_{fi} = \beta_n (t_{req} - t_{d,fi}); \quad (7)$$

Where: β_n - is the notional charring rate; t_{req} - is the required standard fire resistance; $t_{d,fi}$ - is the fire resistance of the unprotected connection loaded by the design effect of actions in the fire situation.

Reduced load method. Protected connections

The methodology employed for the computation of protected connections of simplified rules remains applicable, with the only exception being that $t_{d,fi}$ is to be evaluated utilizing expression (6).

As an alternative method of protecting end and side surfaces of members, the end and edge distances may be increased by a_{fi} according to expression (1). When the required fire resistance is more than 30 minutes, the end distances should be increased by 2 a_{fi} . This also applies to butted central members in a connection.

Connections with external steel plates

Unprotected connections

To determine the load-bearing capacity of the external steel plates, you should follow the guidelines provided in EN 1993-1-2. When calculating the section factor of the steel plates according to EN 1993-1-2, please note that steel surfaces that are in close contact with wood will not be exposed to fire.

Protected connections

Steel plates used as side members may be considered protected if they are entirely covered, including the edges of the plate, by timber or wood-based panels with a minimum thickness of a_{fi} as per expression (1) with $t_{d,fi} = 5 \text{ min}$. The effect of other fire protections should be calculated according to EN 1993-1-2.

The functioning of this type of joints was demonstrated through experiments carried out by C. Austruy. The tests aimed to determine the strength of glued timber anchoring at different temperatures. The experiments included joints with steel side plates, internal steel plates, and unprotected joints with wooden side plates. The main objective of the tests was to measure the temperature in the bolts and wood during a fire.

There are three types of joints that use steel and wood in their construction. The first type is called SWS, where two wooden parts are covered on both sides with steel plates. The second type is called WSW, which consists of four wooden parts - two on each side of the steel plate. In this joint, a 6 mm thick steel plate is inserted between the wooden parts. To prevent the wood from getting crushed when the screws are tightened, washers are used. The third type is called WWW, which is similar to the SWS joint, except that the upper layers are also made of 45 mm thick wood.

The fire resistance of a joint is the length of time that the joint can withstand the effects of standard fire exposure with a given load.

Based on the test results, it can be concluded that the joints with steel elements, namely SWS and WSW, with one bolt, are slightly more fire-resistant than the same joints with four bolts. On the other hand, when it comes to joints made of wooden elements, the WWW joint with five screws is stronger than the one with a single screw. It is evident that the steel insert connection with four bolts is the least fire-resistant, while the wooden insert connection with five bolts is the most resistant.

Joints with steel liners, according to EN 1995-1-2, must, in practice, be designed according to the rules given in EN 1993-1-2, as if wood does not affect the fire resistance of such a joint. The fire resistance of such joints is strongly influenced by the number of bolts holding the liners: more bolts mean less resistance of the joint under fire conditions. There is not much experimental data on the influence of the thickness of the liners themselves or the thickness of the middle layer of wood on the fire resistance of the joint.

Methods of increasing the fire resistance of wooden structures

The fire resistance of wooden structures can be improved by covering the surface with non-combustible materials or soaking it in flame retardant solutions.

To increase the fire resistance of wooden elements, one can opt for cross-sections that have a larger margin than usual. When designing wooden structures, it is helpful to avoid sharp edges on the elements, aim for a smaller ratio of the surface area to volume of the structure, and provide for surface grinding. These measures help to prolong the period from the start of the fire to the point where the wood ignites (Przystupa et al., 2020; Gerard et al., 2013; Laplanche et al., 2004; Bednarek et al., 2007).

Flame retardants have been proven to be highly effective in protecting wooden structures from fire hazards. Although widely used, it is important to understand the specific cases, conditions, and purposes for which these coatings are necessary, and how to use them effectively. The best source of information for this is the manufacturer's recommendations.

To ensure the protection of structural wood, it is recommended to use one or even two layers of plasterboard to clad linear elements. This cladding method provides the longest time before charring begins, as compared to wooden cladding. In cases where the wooden structure itself, such as a truss or beam, is also meant to serve a decorative purpose, it is important to increase its fire resistance. This can be done by increasing the dimensions of the cross-section until the optimal cross-section is selected using the method of reduced cross-section. Additionally, protective fire-retardant coatings can be used for added protection, if necessary, after checking the bearing capacity.

To enhance the fire resistance of a wooden structure, it is crucial to design the joints of the elements properly. Non-impregnated cut joints of wooden elements, which satisfy the requirements at normal temperature (EN 1995-1-1), endure fire for 15-20 minutes. However, since the structures must endure fire for 30 minutes, the dimensions of the wooden elements should be increased. However, this does not apply to joints with screws as the heads of screws and nails increase the heat flow to the wooden element. Therefore, to increase the fire resistance of joints with wooden linings, they should first be designed using the method of simplified rules by selecting the optimal dimensions of the linings and the diameters of the nails. To increase the fire resistance of the joints up to 60 minutes, the joint should be protected by an F-type plasterboard lining, following the requirements for the distances between the joints and the depth of penetration. It is also recommended to use a larger number of needles with a smaller diameter. The fire resistance of the joint will increase if the needles penetrate deeper into the wood and their heads are protected with glued wooden plugs (Peng et al., 2011; Laplanche et al., 2004; Erchinger et al., 2010; Audebert et al., 2021).

Connections with internal steel sheets should use the thinnest steel elements possible, and also use as few pins as possible. However, these parameters also depend on the duration of the fire: if the fire exposure is up to 30 minutes, they may not have any effect, in contrast to the fire exposure lasting 90 minutes and more (Moss et al., 2008; Austruy, 2007; Fornather et al., 2001).

It is important to choose the most optimal option for increasing the fire resistance of wooden structures, whether it is through chemical or structural protection methods.

Conclusion

Wood is a popular building material, but it has a significant downside - it can easily catch fire. The flammability of wood products depends on factors like the density of the wood and the size of the element. To reduce the risk of fire, flame retardants can be used to slow down the combustion reaction and decrease the rate of heat release. However, while deep impregnation of wood has some benefits, such as increased resistance to fire, it also has some drawbacks, such as reduced strength, impact continuity, and brittleness.

It was discovered that the joints connecting wooden elements have lower fire resistance than linear elements, which negatively impacts the overall fire resistance of the structure.

The fire resistance of wooden structures can be increased by using structural and chemical protective coatings, increasing the cross-sections of elements, or combining these measures, depending on the expected operating conditions.

References

1. Austruy C. Fire resistance of timber connections, New Zealand, 2007
2. Audebert M., Dhima D., Bouchair A., Pinoteau N. Simplified design method for fire resistance of timber connections. Journal of struct, Eng, 2021, 147(12): 04021221.
3. Bednarek Z., Kaliszuk-Wietecha A.. Analysis of the fire-protection impregnation influence on wood strength. Journal of Civil Engineering and Management, 2007, vol. XIII, No 2, p. 79-85.
4. Erchinger C., Frangi A., Fontana M. Fire design of steel-to-timber dowelled connections. Engineering Structures 32 (2010): 580-589.
5. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-1. General. Common rules and rules for buildings. LST EN 1995-1-1:2005.
6. Eurocode 5. Design of timber structures. Part 1-2. General. Structural fire design. LST EN 1995-1-2:2005.
7. Fornather J., Bergmeister K., Hatl H., Fire behaviour of steel fasteners in wood composites – experimental analyses, RILEM Proceedings: Joints in Timber Structures. 2001, p. 619-628.
8. Gerard R., Barber D. Fire safety challenges of tall wood buildings. Final report, ARUP, 2013
9. Hietaniemi J., Korhonen T. A case study of performance of load-bearing wooden structures in natural fire. Proceedings of the 8th world conference on timber engineering. Finland, 2004, p. 329-334.
10. Laplanche K., Dhima D., Racher P. Predicting the behaviour of dowelled connections in fire: Fire test results and heat transfer modelling. Proceedings of the 8th world conference on timber engineering. Finland, 2004, p. 335-340.
11. Maraveas C., Miamis K., Matthaiou Ch.E. Performance of timber connections exposed to fire: a review. Fire Technology, 51, 2015: 1401-1432.
12. Mikkola E. Review of reaction to fire performance of wood-based products. Proceedings of the 8th world conference on timber engineering. Finland, 2004, p. 313-318.
13. Moss P., Fragiaco M., Austruy C., Buchanan A., On the design of timber bolted connections subjected to fire. New Zealand, 2008.
14. Peng L., Hadjisophocleus G., Mehaffey J., Mohammad M. Predicting the fire resistance of wood-steel-wood timber connections. Fire Technology, 47, 2011: 1011-1119.
15. Przystupa K., Pieniak D., Samociuk W., Walczak A., Bartnik G., Kamocka-Bronisz R., Sutula M. Mechanical properties and strength reliability of impregnated wood after high-temperature conditions. Materials, 2020, 13(23), 5521.
16. STR 2.05.07:2005 Design of timber structures.

MEDINIŲ ELEMENTŲ SUJUNGIMO MAZGŲ ĮTAKOS KONSTRUKCIJŲ ATSPARUMUI UGNIAI ANALIZĖ

Summary

Mediena, kaip statybinė medžiaga, turi trūkumą – degumą. Kad prasidėtų degimas būtina, kad medienos paviršius būtų įkaitęs iki tam tikros temperatūros ir medieną suptų atmosferos oras. Medienos suardymo procesas priklauso nuo padidintos temperatūros veikimo periodo, medienos savybių ir kitų faktorių. Labai didelę įtaką medinių elementų atsparumui ugniai turi medinių elementų sujungimo mazgai. Jungtys yra mažiau atsparios ugniai nei tiesiniai elementai ir tai neigiamai įtakoja visos konstrukcijos atsparumą ugniai. Medinių konstrukcijų degumo sumažinimas yra būtina sąlyga statant gyvenamuosius, visuomeninės paskirties, ūkinius statinius. Straipsnyje aptarta medinių elementų sujungimo mazgų įtakos konstrukcijų atsparumui ugniai įvertinimas bei pateikti pasiūlymai medinių konstrukcijų atsparumo ugniai padidinimui.

Reikšminiai žodžiai: medinės konstrukcijos, jungtys, ugniai atsparumas, projektavimas, apsauga.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Jūratė Mockienė

Mokslo laipsnis ir vardas:

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Statybos inžinerijos studijų programa, lektorė

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

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68227397, jurate.mockiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jūratė Mockienė

Science degree and name:

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Lecturer of Construction Engineering Study Program

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

Telephone and e-mail address: 8 68227397, jurate.mockiene@edu.ktk.lt

LIETUVOS MIŠKŲ IR JUOSE SAUGOMŲ AUGALŲ BEI GYVŪNŲ RŪŠIŲ APSAUGOS IŠŠŪKIAI

Kęstutis Vitkauskas
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Miškas yra vienas pagrindinių Lietuvos gamtos turtų, tenkinantis ekologines, ekonomines ir socialines visuomenės reikmes. Miškai su savo išskirtine gamtine sistema ir juose esančia biologine įvairove sudaro daugelio skirtingų sausumoje randamų augalų ir gyvūnų buveines. Tam, kad šios buveinės ir jose esanti biologinė įvairovė būtų išsaugota ateities kartoms, būtina veiksminga valstybės politika miškų apsaugos srityje.

Straipsnyje siekiama įvertinti, kaip Lietuvoje užtikrinama natūraliuose miškuose esančių Europos Bendrijos reikšmės gamtinių vertybių apsauga.

Straipsnyje apžvelgiamas saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsaugos teisinis reglamentavimas ES ir Lietuvoje, įvertinama, ar nagrinėjami teisės aktai yra efektyviai įgyvendinami praktikoje. Darbe remiamasi teisės aktų analize, gamtos apsaugos specialistų vertinimais bei valstybės audito išvadomis.

Tyrimo daroma išvada, kad Lietuvos miškuose esančių retų, nykstančių ar pažeidžiamų buveinių, augalų ir gyvūnų apsaugos užtikrinimas nėra pakankamas.

Reikšminiai žodžiai: saugomos augalų ir gyvūnų rūšys, saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsaugos teisinis reglamentavimas.

Įvadas

Miškas yra vienas pagrindinių gamtos turtų, tenkinantis ekologines, ekonomines ir socialines visuomenės reikmes. Jis saugo kraštovaizdžio stabilumą, stabdo dirvos eroziją, absorbuoja anglies dvideginį ir grynina orą, saugo gruntinius ir paviršinius vandenis, teikia visuomenei reikalingus produktus, naudojamas kaip poilsio vieta.

Valstybės požiūris į miškus ir jų svarbą bei paskirtį atsispindi valstybių teisės aktuose ir jų įgyvendinimo priemonėse. Keičiantis žmonių poreikiams, keičiasi ir požiūris į mišką, miško funkcijas bei miško valdymo sampratą. Nuo XX a. pradžios nestabdomai didėjanti žmogaus ūkinė veikla padarė didžiulę žalą miškams ir prie išnykimo ribos privedė daugybę juose esančių augalų ir gyvūnų rūšių. Pasak biologinę aplinką tyrinėjančių mokslininkų, gamtoje egzistuojančių rūšių (augalų ir gyvūnų) įvairovė prisideda prie technologinės ir medicininės pažangos, apsaugo nuo globalinio atšilimo, padeda išsaugoti žmogaus sveikatą ir t.t., todėl jų išsaugojimas nuo išnykimo, yra ypatingai svarbus visos žmonijos uždavinys (Bartkowski, 2015; Pereira, 2010; Perrings, 2011).

Miškų išteklių, nykstančių augalų ir gyvūnų rūšių apsauga XX amžiaus pabaigoje išaugo nacionalinių valstybių teisinio reguliavimo rėmus ir tapo tarptautinės teisės reguliavimo objektu: daugelis gamtos apsaugos užtikrinimo sričių reguliuojamos tarptautinių susitarimų ar direktyvų normomis, kurios atitinkamai formuoja atskirų valstybių nacionalinę teisę.

Europos Sąjungoje aplinkos politika yra neatsiejama Europos Bendrijos politikos dalis. ES strateginiai biologinės įvairovės išsaugojimo planai, apimantys ir retų bei saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsaugą, pradėti įgyvendinti dar 1998 m. Tuo tikslu sudarinėjami biologinės įvairovės apsaugos veiksmų planai, inicijuojamos įvairios gamtos vertybių apsaugos priemonės, galinčios apsaugoti nykstančias faunos ir floros rūšis bei jų buveines ES teritorijoje. Įgyvendinant šias priemones 1992 metais sukurtas ir plėtojamas saugomų teritorijų tinklas „Natura 2000“, kuris apima tam tikrų retų ir nykstančių augalų ir gyvūnų rūšių paplitimo teritorijas bei buveines. ES direktyvomis valstybės narės įpareigojamos užtikrinti ir pagerinti saugomų augalų ir gyvūnų rūšių bei jų natūralių buveinių apsaugos būklę, įtraukti saugotinas teritorijas į ekologinį „Natura 2000“ tinklą.

Lietuva, pasirašiusi eilę gamtines vertybes saugančių tarptautinių sutarčių bei įstojusi į Europos Bendriją, įsipareigojo į nacionalinę teisę perkelti visus ES aplinkosauginius reikalavimus ir jais vadovaudamasi formuoti ilgalaikę miško ūkio politiką, užtikrinančia miškų ir juose esančių retų gamtinių įvairovės rūšių apsaugą.

Tačiau viešosiose diskusijose, žiniasklaidoje aplinkosaugininkų, visuomeninių organizacijų ar atskirų mokslininkų keliamas susirūpinimas dėl miškų ir juose esančios biologinės įvairovės pažeidžiamumo arba pastaruoju metu dažnėjantys visuomenės protestai dėl šalyje vykdomos miškų apsaugos politikos įgyvendinimo (pvz., medžių kirtimas Labanoro girioje, parkų medžių naikinimas miestų teritorijose ir kt.) verčia atidžiau įvertinti miškų ir jų bioįvairovės apsaugos užtikrinimą.

Lietuvoje miškų ir jų gamtinių įvairovės apsaugą Lietuvos autoriai daugiausiai nagrinėjo viešojo administravimo kontekste: V. Domarkas, ir A. Varapnickas tyrė Lietuvos miškų valdymo aktualijas Europos Sąjungos kontekste (Domarkas, Varapnickas, 2006), A. Juknevičiūtė atliko saugomų teritorijų ir miškų ūkio

valdymo analizę, didžiausią dėmesį skirdama bendroms teritorijoms ir jose esančioms gamtos paveldo vertybėms (Juknevičiūtė, 2012), D. Stončius nagrinėjo kai kurias Lietuvos miškų buveines (Stončius, 2011). Tačiau darbų, atskleidžiančių miškų ir juose esančių augalų bei gyvūnų nykstančių rūšių apsaugos teisinio reguliavimo ES teisės aktų kontekste nepavyko rasti.

Tyrimo tikslas – įvertinti miškų ir juose saugomų augalų bei gyvūnų rūšių apsaugos teisinius ir praktinius aspektus Lietuvoje.

Tyrimo uždaviniai: 1) apžvelgti tarptautinius ir nacionalinius teisės aktus, susijusius su miškų ir juose saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsauga Lietuvoje; 2) atskleisti esamą priešpriešą tarp teisinio reglamentavimo ir jo realizavimo praktikoje; 3) įvertinti aplinkos ministerijos ir aplinkosaugininkų atstovų požiūrių į miškų apsaugą skirtumus.

Tyrimo naudoti metodai: ES ir nacionalinių teisės aktų analizė, mokslinių darbų apžvalga, aplinkosaugos, visuomeninių organizacijų, kitų šios srities specialistų įžvalgų vertinimas bei 2022 m. atlikto Valstybės audito rezultatų analizė.

Miške saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsaugos užtikrinimas tarptautinėje ir nacionalinėje teisėje

Valstybės požiūris į miškus ir jų svarbą atsispindi jos nacionalinės teisės aktuose bei pasirengimu laikytis tarptautinės teisės normų. Keičiantis žmonių poreikiams, keičiasi ir požiūris į mišką, miško funkcijas bei saugomų teritorijų ir jos faunos valdymo sampratą. Miškų išteklių, nykstančių augalų ir gyvūnų rūšių apsauga XX amžiaus pabaigoje išaugo nacionalinių valstybių teisinio reguliavimo rėmus ir iš esmės tapo tarptautinės teisės reguliavimo objektu: daugelis gamtos apsaugos užtikrinimo sričių imta reguliuoti tarptautinių susitarimų ar direktyvų normomis, kurios atitinkamai formuoja atskirų valstybių nacionalinę teisę. Dėl to, nagrinėjant Lietuvoje saugomų nykstančių augalų ir gyvūnų apsaugos teisinį reglamentavimą, tikslinga atlikti glaustą tarptautinės ir ES teisės aktų apžvalgą.

Jau pirmaisiais po Nepriklausomybės atkūrimo metais Lietuva gana aktyviai siekė prisijungti prie gamtos išteklių, augalų ir gyvūnų rūšių apsaugą reglamentuojančių tarptautinių Konvencijų – kelių valstybių (tarptautinių organizacijų) susitarimų, nustatančių jų ir jų atitinkamų nacionalinių subjektų santykius reglamentuojančią teisę (Kvietkauskas, 1985). Straipsnyje nagrinėjamos temos kontekste aptarsime tarptautines sutartis, prie kurių yra prisijungusi Lietuva tuo įsipareigodama įgyvendinti pagrindinius jų principus.

1992 m. kovo 31 d. Lietuvoje ratifikuota *Pasaulio kultūros ir gamtos paveldo apsaugos konvencija* (World Heritage Convention, 1973), prie kurios iš viso prisijungusios 193 valstybės. Konvencijoje kultūros paveldo samprata buvo išplėsta įtraukiant gamtos paveldo objektus. Pagal konvencijos nuostatas, ją ratifikavusios valstybės įsipareigoja, pagal savo galimybes, užtikrinti pasaulio paveldo apsaugą savo teritorijose, sudaryti paveldo objektų sąrašus, o objektų apsaugos siekti bendradarbiaudamos tarpusavyje.

1993 m. birželio 10 d. Lietuvoje įsigaliojo *Konvencija dėl tarptautinės reikšmės šlapžemių, ypač vandens paukščių buveinių* (Convention on Wetlands, 1971). Ji skirta išsaugoti pelkes, ežerynus, upių deltas, lagūnas, ir kt. žemės šlapynes, kuriose yra retų augalų ir gyvūnų buveinės ir daro didelę įtaką vietovės ekosistemai, klimatui, gyvenamosioms sąlygoms. Konvencijos nuostatomis valstybė įpareigojamos prisidėti prie šlapžemių ir jų faunos bei floros išsaugojimo tam tikslui taikant mokslinius tyrimus, saugomų teritorijų steigimą ir kt. priemones.

1995 m. liepos 3 d. Lietuva prisijungė prie *Biologinės įvairovės konvencijos* (V.Ž., 1995-07-08, Nr. 56-1392), kuri laikoma pagrindine tarptautine priemone, siekiančia išsaugoti biologinę įvairovę, tausiai ją naudoti ir sąžiningai bei teisingai pasidalyti gaunamą naudą iš genetinių išteklių naudojimo. Prie konvencijos yra prisijungusios 193 šalys, tai yra didžioji pasaulio valstybių dalis. ES ir visos jos valstybės narės yra konvencijos šalys. Konvencijos 15 straipsnyje yra pripažįstama valstybių teisė nacionaliniais teisės aktais apibrėžti naudojamąsi savo teritorijose genetiniais ištekliais. Tuo pačiu valstybės įpareigojamos imtis priemonių, kad būtų sudarytos palankios sąlygos naudotis jų genetiniais ištekliais. Visos šalys taip pat įpareigojamos imtis reikalingų teisinių, administracinių ar politinių priemonių, kad su genetinius išteklius teikiančia šalimi būtų sąžiningai ir teisingai dalijamasi genetinių išteklių mokslinių tyrimų ir plėtros rezultatais bei tuos išteklius naudojant komerciniais bei kitais tikslais gaunama nauda (Convention on Biological Diversity, 1992).

1996 m. birželio 11 d. šalyje pradėjo galioti *Europos laukinės gamtos ir gamtinės aplinkos apsaugos konvencija* (Convention, entered into force 1 June 1982). Šios konvencijos tikslas - išsaugoti laukinės augalijos ir gyvūnijos gamtinę gyvenamąją aplinką, ypač tais atvejais, kai reikalingas kelių šalių bendradarbiavimas. Konvencija nustato ypatingą reikšmę būtinybei saugoti nykstančią gamtinę gyvenamąją aplinką ir pažeidžiamas rūšis, įskaitant migruojančias rūšis. Ją pasirašiusios valstybės turi: 1) skatinti nacionalinę gamtinės gyvenamosios aplinkos apsaugos politiką; 2) valstybės plėtros programose numatant kovos su tarša

priemonės atsižvelgti į laukinės gyvūnijos ir augalijos apsaugą; 3) skatinti švietimą ir platinti bendrą informaciją apie gamtos apsaugos būtinybę; 4) skatinti ir koordinuoti tyrimus, susijusius su šios konvencijos tikslais.

1999 m. lapkričio 23 d. mūsų šalis ratifikavo *Tarptautinę augalų apsaugos konvenciją* (V.Ž., 1999-12-17, Nr. 107-3095), reglamentuojančią pasaulinius standartus ir procedūras fitosanitarijos srityje ir ji yra itin svarbus dokumentas įgyvendinant tarptautinę prekybą augalais ir augaliniais produktais. Konvenciją yra ratifikavusios 177 šalys. Ši konvencija rengia tarptautinius fitosanitarinių priemonių standartus, pagal kuriuos šalys turi įgyvendinti būtinas fitosanitarines priemones, skirtas suvienodinti tarptautinės prekybos augalais ir jų produktais sąlygas.

2001 m. gegužės 22 d. Lietuva prisijungė prie kitų 173 pasaulio valstybių ratifikuodama *Nykstančių laukinės faunos ir floros rūšių tarptautinės prekybos konvenciją (CITES)*, priimtą 1973 metais (V.Ž., 2001-06-13, Nr. 50-1739). Šia Konvencija siekiama užtikrinti, kad tarptautinė prekyba maždaug 35 000 saugomų gyvūnų ir augalų rūšių nekeltų grėsmės jų išlikimui, todėl dokumentas reguliuoja prekybą tarptautiniu mastu, tačiau jos nuostatos netaikomos laukinių gyvūnų ar augalų prekybai atskiros valstybės teritorijoje. Valstybėms, pasirašiusioms konvenciją, palikta teisė nuspręsti ar vidaus prekyboje jos taikys šios konvencijos nuostatas. Konvencijoje įtvirtintas augalų ir gyvūnų rūšių, kurioms reikia apsaugos, sąrašas, kuriame saugomos rūšys suskirstytos į tris grupes: 1) rūšys, kurioms gresia didžiausia išnykimo grėsmė. Į šią grupę patekusių faunos ir floros rūšių prekyba, su tam tikromis išimtimis, yra griežtai draudžiama; 2) rūšys, kurių išnykimui gali kilti pavojus, jei jų prekyba nebus reguliuojama ir stebima; 3) rūšys, kurias atskirai kiekviena valstybė reguliuoja jos jurisdikcijai priklausančioje teritorijoje. Konvencijoje įgyvendinimo tikslais kiekviena valstybė įpareigota paskirti: 1) vieną ar daugiau valdymo institucijų, kompetentingų savo šalies vardu suteikti minėtai prekybai leidimus ir sertifikatus, 2) vieną ar kelias mokslo institucijas, kurių tikslas būtų stebėti ir rūpintis nykstančiomis laukinės floros ir faunos apsauga (Convention on International Trade). 2013 m. kovo mėn. CITES šalys susitarė dėl konkrečių veiksmų visumos prieš brakonieriavimą ir neteisėtą prekybą daugeliu nykstančių rūšių (pvz., dramblių, raganosių, tigrų, atogrąžų medienos). ES yra viena pagrindinių konvencijos rėmėjų, pavyzdžiui, *Direktyvoje 2008/99/EB dėl aplinkos apsaugos pagal baudžiamąją teisę* visos valstybės narės įpareigos užtikrinti, kad neteisėta prekyba laukiniais augalais ir gyvūnais būtų kriminalizuota pagal nacionalinę teisę ir kad valstybės narės numatytų veiksmingas baudžiamąsias priemones. Tačiau pradinis jos perkėlimo į nacionalinę teisę vertinimas parodė, kad kai kuriose valstybėse šis reikalavimas kol kas neįgyvendintas.

Lietuva 2001 m. gegužės 22 d. taip pat ratifikavo ir *Migruojančių laukinių gyvūnų rūšių išsaugojimo konvenciją*, kuri skirta apsaugoti nykstančių rūšių gyvūnus, kurie dėl migracijos kerta valstybių sienas. Ją ratifikavusios valstybės įpareigojamos „imti veiksmų ir neleisti, kad migruojančios rūšys taptų nykstančiomis rūšimis“ (CMS, 1979).

2002 m. spalio 10 d. Lietuva prisijungė prie *Tarptautinės konvencijos dėl naujų augalų veislių apsaugos* (V.Ž. 2002-11-13, Nr. 109-4805). Pagrindinis konvencijos veiklos objektas – tarptautinio bendradarbiavimo ir derinimo skatinimas, priimant augalų veislių apsaugos įstatymus. Šis dokumentas nustatė išsamius bendruosius augalų veislių tyrimo principus, kurie taip pat taikomi, sudarant nacionalinius sąrašus ir sertifikuojant sėklas.

Patepėtina, jog valstybėms, pasirašius Konvencija ir ją atitinkamoms valdžios institucijoms ratifikavus, ji gali būti tiesiogiai taikoma vidaus teisinėje sistemoje arba gali įsigaliooti po to, kai ji, pavyzdžiui, įstatymų forma, yra perkeliama į nacionalinę teisę. Tarptautinėje viešojoje teisėje nėra bendros ir veiksmingos teismų, galinčių bausti valstybę, nesilaikančią savo įsipareigojimų pagal kokį nors tarptautinį susitarimą, sistemos. Tuo tarpu Europos Bendrijos teisėje Teisingumo Teismas turi įgaliojimus paskelbti, kad buvo padarytas pažeidimas ir priteisti baudas.

2003 m. Lietuva, tapusi pilnateise ES nare, įsipareigojo saugoti aplinką ir gerinti aplinkos kokybę, laikantis ES aplinkosauginių reikalavimų, įtvirtintų Europos Bendrijos *reglamentuose* ir *direktyvose*.

Aplinkos apsauga yra viena iš sudėtingiausių ir daugiausia lėšų reikalaujančių Bendrijos veiklos sričių, reglamentuoja apie tris šimtus ES teisės aktų. Pagrindiniai ES reglamentai ir direktyvos, susijusios su saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsauga pateikti 1 lentelėje.

Paukščių direktyvą 79/409/EEB yra pirmasis ES teisės aktas, reglamentuojantis ilgalaikę visų laukinių paukščių rūšių apsaugą Europos Bendrijoje. Ši direktyva 1979 m. buvo priimta, kadangi dauguma laukinių paukščių yra migruojantys, ir veiksminga jų apsauga yra susijusi su bendra tarpvalstybine atsakomybe. Įgyvendindamos šią direktyvą valstybės narės nustato ir saugo vietas, kurios yra ypač svarbios laukiniams paukščiams.

1992 m. priimta *Buveinių direktyvą 92/43/EEB* yra pagrindinis visos Europos gyvosios gamtos apsaugos instrumentas. Tai įrankis, įpareigojantis ES valstybes nars saugoti nykstančių rūšių augalus, gyvūnus ir

nykstančias buveines. Šios direktyvos tikslas – palaikyti biologinę įvairovę, atsižvelgiant į ekonominius, socialinius, kultūrinius ir regioninius reikalavimus, prisidėti prie bendros subalansuotos plėtros, o tam tikrais atvejais palaikyti ar netgi skatinti žmogaus veiklą. Pagal šias dvi direktyvas 1992 m. EUROPOS Bendrijos narės įsteigė vieningą Europos specialiųjų saugomų teritorijų ekologinį tinklą „Natura 2000“, kuris laikomas visų laikų ambicingiausia ir didžiausio masto iniciatyva, skirta išsaugoti Europos gamtos paveldą. Šis ekologinis tinklas, vienijantis visas 27 Europos Sąjungos šalis, yra kertinis Europos gamtos išsaugojimo politikos susitarimas, privalomas visoms jos narėms. Siekiant užtikrinti ES svarbos buveinių apsaugą, valstybėms narėms numatyta pareiga identifikuoti ir atrinkti vietas, kuriose aptinkamos *Buveinių direktyvoje* nurodytos rūšys, suderinti jas su Europos Komisija ir užtikrinti jų apsaugą. Siekiant apsaugoti miškų buveinėse esančias gamtines vertybes, 1997 m. *ES Buveinių komiteto* sprendimu valstybės narės įpareigosios į „Natura 2000“ įtraukti ir apsaugoti ne mažiau kaip 60 proc. prioritetinių ir 20 proc. neprioritetinių miško buveinių.

Šiuo metu Europoje įsteigta beveik 28 tūkstančiai tokių teritorijų, kurios sudaro apie 18 proc. Bendrijos sausumos ir 10 proc. jūrų ploto.

ES biologinės įvairovės strategijos vizijoje numatyta iki 2050 metų tinkamai atkurti Europos teritorijos bioįvairovę ir jos teikiamas ekosistemų funkcijas. Iki 2020 metų buvo planuota sustabdyti bioįvairovės nykimą bei atkurti jas kiek tai įmanoma. Šiems strateginiams tikslams įgyvendinti Europos Bendrija išsikėlė 6 uždavinius: 1) gerinti gamtos teisės aktų įgyvendinimą, 2) atkurti ekosistemas ir sukurti žaliąją infrastruktūrą, 3) plėtoti tvarų žemės ūkį, miškininkystę ir žuvininkystę, 4) kovoti su svetimomis invazinėmis rūšimis, 5) prisidėti užkertant kelią bioįvairovės nykimui pasaulyje.

Taigi, apibendrintai galima teigti, jog tarptautinių susitarimų (Konvencijų) bei ES teisės aktų nuostatos sudaro pagrindą nacionalinės teisės aplinkosaugos srityje formavimui ir įpareigoja valstybes imtis atitinkamų priemonių šių teisių įgyvendinimui šalių teritorijose.

Miškų apsaugos įstatyminė bazė ir institucinė sistema.

Miškų išteklių bei juose esančių gamtinių buveinių apsaugos politiką Lietuvoje savo kompetencijos rėmuose įgyvendina Seimas, Vyriausybė, Aplinkos ministerija ir kitos įgaliotos institucijos (1 pav.).



1 pav. Miškų ir saugomų teritorijos politikos formavimo ir įgyvendinimo schema

Šaltinis: sudaryta pagal Lietuvos teisės aktus

Valstybės miškų ūkį formuoja ir programas rengia Aplinkos ministerija (jai priklauso Miškų politikos grupė). Miškų būklę, jų naudojimą, atkūrimą ir apsaugą kontroliuoja *Aplinkos apsaugos departamentas* prie Aplinkos ministerijos. Nuo 2018 miškų ūkinę veiklą priežiūri Valstybinių miškų urėdija prie Aplinkos ministerijos (įkurta įgyvendinus valstybinių miškų ūkio pertvarką ir sujungus 42 valstybines miškų urėdijas). 2020 buvo 26 regioniniai padaliniai ir 338 girininkijos; regioninio padalinio vidutinis plotas 41,1 tūkst. ha, girininkijos – 3,2 tūkst. hektaro. Iš apie 1 mln. ha valstybinės reikšmės miškų apie 200 tūkst. ha buvo

draustiniai ir kiti saugomi miškai. Miškų valstybės kadastrą ir informacinę sistemą sudarančias duomenų bazes tvarko Valstybinė miškų tarnyba. Miškotyros problemos tiriamos Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro Miškų institute ir Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos Miškų ir ekologijos fakultete.

Valstybinės miškų tarnybos duomenimis, 2019 metais valstybinės reikšmės miškų buvo 1 105 tūkst. ha (50,3 %), privačių – 891 tūkst. ha (40,6 %), rezervuotų nuosavybės teisėms atkurti – 201 tūkst. ha (9,2 %).

Saugomų miško augalų ir gyvūnų rūšių apsauga reglamentuojama įstatymais, Vyriausybės, Aplinkos ministerijos bei Aplinkos apsaugos departamento prie Aplinkos ministerijos išleista poįstatyminiais teisės aktais.

LR Konstitucijoje įtvirtinta valstybės pareiga rūpintis natūralios gamtinės aplinkos, gyvūnijos ir augalijos, atskirų gamtos objektų ir ypač vertingų vietovių apsauga, prižiūri, kad su saiku būtų naudojami, taip pat atkuriami ir gausinami gamtos ištekliai. Taip pat pagrindiniame šalies įstatyme draudžiama įstatymų leidėjams sukurti tokį teisinį reguliavimą, kuris galėtų pakenkti aplinkai bei augalų arba gyvūnų rūšims (LRK, 54 str.). Iš Lietuvos įstatymų, kurių normomis valstybė siekia įgyvendinti konstitucinę pareigą rūpintis miškų ir gyvūnų apsauga, paminėtini šie teisės aktai.

Vienas pagrindinių įstatymų, reglamentuojančių miškų atkūrimą, apsaugą bei racionalų jų išteklių naudojimą, – 1994 m. priimtas *LR Miškų įstatymas*, kurio paskirtis – reglamentuoti miškų atkūrimą, apsaugą bei naudojimą ir sudaryti teisinis prielaidas, kad visų nuosavybės formų miškai būtų tvarkomi pagal vienodus tvaraus ir subalansuoto miškų ūkio principus, užtikrinant racionalų miškų išteklių naudojimą ir siekiant aprūpinti šalies pramonę žaliava, suteikti šaliai didžiausią socialinę ir ekonominę naudą, užtikrinant biologinės įvairovės išsaugojimą, miškų produktyvumo didinimą, kraštovaizdžio stabilumą ir aplinkos kokybę, galimybę dabar ir ateityje atlikti ekologines, ekonomines ir socialines funkcijas nedarant žalos kitoms ekosistemoms (Miškų įstatymas, 1994: 1 str.).

Kiti įstatymai, įtvirtinantys miškuose saugomų augalų ir gyvūnų rūšių naudojimo ir apsaugos reikalavimus, pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė

Lietuvos įstatymai, susiję su miško išteklių bei saugomų augalų ir gyvūnų rūšių apsauga

Teisės aktas	Teisės akto paskirtis
LR Konstitucijos 54 straipsnis	<i>Numato, kad Valstybė rūpinasi natūralios gyvūnijos ir augalijos apsauga, jų saikingu naudojimu, atkūrimu ir gausinimu.</i>
LR Miškų įstatymas	<i>Reglamentuoja miškų atkūrimą, apsaugą bei racionalų jų išteklių naudojimą.</i>
LR Saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrijų įstatymas	<i>Reglamentuoja saugomų gyvūnų, augalų, grybų rūšių ir bendrijų bei jų buveinių, radaviečių ir augimviečių apsaugą, pagrindinius šių rūšių ir bendrijų išsaugojimo bei gausinimo reikalavimus.</i>
LR Saugomų teritorijų įstatymas	<i>Nustato saugomų teritorijų nustatymo, ribų keitimo, apsaugos, tvarkymo ir kontrolės teisinius pagrindus, taip pat nustato tinklo „Natura 2000“ teritorijų kūrimą ir veiklos reglamentavimą.</i>
LR Augalų apsaugos įstatymas	<i>Nustato fizinių ir juridinių asmenų, LR įsteigtų užsienio įmonių ir kitų organizacijų veiklą, susijusią su augalų apsaugos ir jų produktų registracija, įvežimu, sandėliavimu, prekyba, naudojimu ir kontrole.</i>
LR Medžioklės įstatymas	<i>Nustatytomis medžioklės taisyklėmis saugomos kai kurios laukinių gyvūnų rūšys, reguliuojami jų populiacijų dydžiai.</i>
LR Žuvininkystės įstatymas	<i>Tikslas - užtikrinti tautišką žvejybą valstybės teritoriniuose vandenyse, žuvų populiacijų ir rūšių išsaugojimą ir atkūrimą.</i>
LR Mėgėjiškos žūklės įstatymas.	<i>Įstatyme nustatytais žvejybos būdais, apsaugomos tam tikros žuvų rūšys, reguliuojami žuvų populiacijų dydžiai</i>
LR Augalų nacionalinių genetinių išteklių įstatymas	<i>Tikslas – užtikrinti tausojantį augalų nacionalinių genetinių išteklių naudojimą, apsaugoti juos nuo niokojimo, nykimo ar visiško sunaikinimo, išsaugoti biologinę įvairovę.</i>
LR Želdynų įstatymas	<i>Įstatymas reglamentuoja ir mokslinės paskirties želdynus, dėl to yra susijęs su nykstančių ir retų augalų apsauga bei veisimu.</i>

Šaltinis: sudarė autorius pagal LR teisės aktus

Lietuva, vykdydama tarptautiniais įsipareigojimus, sudarinėja biologinės įvairovės išsaugojimo planus, kuria atitinkamos veiklos strategijas. 1998 m. buvo patvirtintas *Augalų bendrijų raudonosios knygos sąrašas*, į kurį buvo įrašytos 53 augalų bendrijos, 2003 m. Aplinkos ministro įsakymu buvo patvirtintas *LR saugomų gyvūnų, augalų ir grybų rūšių sąrašas*, į kurį buvo įtrauktos 767 įvairios gyvūnijos ir augmenijos saugotinos rūšys (V.Ž., 2003-10-24, Nr. 100-4506).

Lietuvos miško išteklių, saugomų gyvūnų bei augalų apsaugos užtikrinimo probleminiai aspektai

Biologinės įvairovės stabilumui užtikrinti būtina išlaikyti ir, esant galimybei, didinti šalies miškingumą, tobulinti miško priežiūros užtikrinimo sistemą bei sudaryti tinkamas miškuose esančių retų ir nykstančių buveinių, augalų ir gyvūnų apsaugos sąlygas.

Miškingumo didinimo ir miškų priežiūros užtikrinimas. LR Miškų įstatyme įtvirtinta miško samprata, pagal kurią mišku laikomas „ne mažesnis kaip 0,1 hektaro žemės plotas, apaugęs medžiais, kurių skalsumas ne mažesnis kaip 0,3 ir kurių aukštis natūralioje augavietėje brandos amžiuje siekia ne mažiau kaip 5 metrus, ir kita miško augalija, taip pat ne mažesnis kaip 0,1 hektaro žemės plotas, kuriame medynas išretėjęs ar dėl žmonių veiklos ar gamtinių veiksnių jame laikinai medžių nėra (želdintinos miško aikštės, kirtavietės, žuvę medynai“ (Miškų įstatymas, 2str. 9 p.). Taigi, suvokiant įstatymo normą jos tekstinės išraiškos prasme, šalies miškų plotai apima ne tik medžiais apaugusias teritorijas, bet ir tas, kuriose jų nėra ir galbūt neaišku, kada bus. Pastebėtina, kad miškingumo nustatymo klausimas yra nuolatiniu diskusijų tarp valdžios ir aplinkosaugos atstovų objektu. Aplinkos ministerijos atstovų teigimu, Lietuvoje miškingumas skaičiuojamas laikantis JT maisto ir žemės ūkio organizacijos nustatytų principų, pagal kuriuos į statistiką įtraukiami medynai (medžiais apaugusi miško žemė), kirtavietės, miško aikštės, miškui auginti skirti plotai ir miško infrastruktūra (Juozapaitis, 2021:1). Kai kurių aplinkosaugininkų ir nevyriausybinių organizacijų atstovų nuomone, šiuo metu taikoma miškingumo skaičiavimo metodika nėra teisinga, nes, pavyzdžiui, nukirtus brandų mišką, likęs plynas kirtimas juridškai vis tiek lieka prie miško ploto statistikos, nors faktiškai ten miško gali dar nebūti dešimtmetį ir ilgiau. Asociacijos „Gyvo Žalio“ vadovės teigimu, palydovinės nuotraukos rodo, kad realiai miškai, įskaitant ir jaunuolynus, dengia tik 24 proc. Lietuvos teritorijos Aplinkosaugininkės M. Peldavičiūtės nuomone, „miško žemė turėtų būti išbraukta iš statistikos, jeigu mes norim realiai matyti, kiek turime miškų, reikia pakeisti patį miško apibrėžimą, kad miškas būtų laikomas bent jau septynerių ar kelerių metų jaunuolynas, bet ne plynas laukas ir ne ką tik pasodinti medeliai“ (Juozapaitis, 2021:2).

Prieš Antrąjį pasaulinį karą Lietuvoje miško žemė užėmė 18–20 proc. šalies ploto (prieškario Lietuvoje miškingumo skaičiavimo sistema skyrėsi nuo dabartinės), 2012 metais – 33,3 proc. 2023 metais – 33,7 proc. tai reiškia, kad nuo laiko Lietuvos miškų plotai padidėjo 700–800 tūkst. hektarų Tiesa, dėl galiojančių teisinių apribojimų derlingesnes žemes apželdinti mišku, Lietuvoje išlieka gana netolygus teritorinis miškų išsidėstymas (pavyzdžiui, Varėnos rajono miškingumas yra didesnis kaip 66 proc., o Vilkaviškio rajono miškingumas – 9,1 proc.).

Nors bendras Lietuvos miškingumas ir viršija Europos vidurkį, didesnam ekosistemų stabilumui užtikrinti jis turėtų būti ne mažesnis kaip 35 proc. Todėl, siekiant užtikrinti šalies ekologinę pusiausvyrą, apsaugoti miškų gyvūnijos ir augmenijos rūšių buveines stabdyti dirvos eroziją, gryninti orą, 2015 m. Seimo patvirtintoje Nacionalinėje aplinkos apsaugos strategijoje (toliau – Strategija) iškeltas tikslas iki 2030 metų šalies miškingumą padidinti o iki 35 proc. (šalies teritorijos (Strategija, 2015: 20 -21 punktai). Tais pačiais metais Vyriausybė priimtoje Nacionalinėje miškų ūkio sektoriaus plėtros 2012–2020 m. programoje įsipareigojo „Didinti šalies miškingumą – įvesti mišką nenaudojamoje ir žemės ūkiui netinkamoje žemėse, taip pat finansiškai skatinti įvesti miškus privačioje ir valstybinėje žemėje“ (Vyriausybės 2012-05-23 nutarimas Nr. 569). Taip pat šioje Programoje buvo numatyta iki 2020 m. padidinti miškingumą iki 34,2 proc. Tačiau norint įgyvendinti šį uždavinį 2016–2020 m. į Miškų valstybės kadastrą turėjo būti įtraukta 46,3 tūkst. ha, arba 0,7 proc. punkto miško žemės, bet realiai per tą laikotarpį miško žemės plotas padidėjo tik 15,4 tūkst. ha arba 0,2 proc. Valstybės institucijų negebėjimo objektyviai vertinti ir planuoti situacijos pavyzdžiu gali būti 2021 m. kovo 10 d. LR Vyriausybė priimtas ambicingas iššūkis - Strategijoje numatytą 35 proc. šalies miškingumo lygį pasiekti 6 metais anksčiau, t.y. iki 2024 m. Tai reiškia, kad norint pasiekti išsikeltus tikslus iki 2024 metų kasmet į Miškų kadastrą reikėjo įtraukti apie 21,0 tūkst. ha miško žemės plotų, nors praktiškai 2016 -2021 metais šalies miško plotai kasmet vidutiniškai didėjo 3,1 tūkst. ha arba 0,2 proc. (Valstybės auditas, 2022:18). Taigi, esant tokiai šalies miškingumo didinimo tendencijai, akivaizdu, kad Vyriausybės užsibrėžti tikslai pasiekti planuotą miškingumo lygį greičiausiai nebus įgyvendinti.

Aplinkos ministerija miškingumo didinimo tikslų neapsiekimą aiškino mažesniu miško ūkio, lyginant su žemės ūkiu, ekonominiu efektyvumu, žemės įtraukimo į miško plotų apskaitą sudėtinga biurokratine procedūra bei nuolat didėjančia administracine našta ir finansinėmis išlaidomis asmenims, norintiems veisti mišką ne miško žemėje. Tačiau, mūsų požiūriu, šios ministerijos nurodytos priežastys yra tiesiogiai susijusios su viešojo administravimo subjektų priimamais sprendimais aplinkosaugos srityje, nes būtent nuo jų priklauso sėkmingas minėtų priežasčių pašalinimas, todėl, manytina, kad toks ministerijos požiūris, greičiau, atskleidžia institucijų neveiklumą, nei padeda apginti jų poziciją. Tiesa, Vyriausybė, siekdama pagreitinti šį procesą ir mažinti administracinę naštą bei kaštus žemės savininkams, veisiantiems miškus, 2021 - 2022 metais priėmė kai kurių teisės aktų pakeitimus: nekilnojamojo turto kadastro nuostatų, pagrindinės žemės naudojimo

paskirties ir būdo nustatymo ir keitimo tvarkos bei sąlygų aprašo, miško įveisimo privačioje ne miško žemėje tvarkos aprašo ir kt.

Taigi, apibendrintai galima teigti, jog šalies miškingumo didinimui būtina skirti daugiau dėmesio, nes nepasiekus užsibrėžtų tikslų gali būti neužtikrinta ekologinė pusiausvyra ir padidėti rizika saugomų ir nykstančių augalų ar gyvūnų rūšims.

Tinkamos miškų priežiūros įgyvendinimui reikia visus miško plotus suskirstyti į atitinkamas grupes ir aiškiai apibrėžti ūkininkavimo jose tikslus bei ribas. Pagal ūkininkavimo tikslus, režimą ir funkcinę paskirtį Lietuvos miškai skirstomi į 4 grupes: 1) *rezervatinius* miškus (1,2 proc. visų miškų), kuriems priklauso valstybinių gamtinių rezervatų, valstybinių parkų ir biosferos stebėsenos teritorijose esantys miškai. Juose kirsti medžius galima tik teisės aktuose numatytais išimtiniais atvejais, o ūkininkavimas leidžiamas siekiant sudaryti sąlygas miškams natūraliai augti; 2) *specialios* paskirties miškus (11,4 proc. visų miškų), kurie skirstomi į *ekosistemų apsaugos* ir *rekreacinius miškus*. Tai kraštovaizdžio, botaninių, zoologinių ir kitų draustinių miškai ar jų dalys, taip pat miško parkai, miestų miškai, rekreaciniai miško sklypai ir kiti poilsiui skirti miškai, kuriuose ūkinė veikla leidžiama tikslu - išsaugoti arba atkurti miško ekosistemas, formuoti ir išsaugoti rekreacinę miško aplinką. Šios grupės miškuose draudžiami plynieji pagrindiniai miško kirtimai, o gamtinės brandos nepasiekusiuose medynuose - *atvejiniai* pagrindiniai miško kirtimai; 3) *apsauginius* miškus (12,5 proc. visų miškų), apimančius genetinių, geologinių ir kitų kultūrinių draustinių ar rezervatų miškus, taip pat atkuriamųjų ir genetinių sklypų, miško sėklinių medynų, laukų apsaugos zonų miškus. Juose plynųjų pagrindinių miško kirtimų biržės plotas negali būti didesnis kaip 5 hektarai. Galima ūkininkauti, siekiant formuoti medynus, galinčius atlikti aplinkos apsaugos funkcijas; 4) *ūkinius* miškus (75 proc. visų miškų), kuriuos sudaro normalaus kirtimo amžiaus ūkiniai miškai ir trumpo kirtimo amžiaus plantaciniai miškai. Ūkininkavimo juose tikslas – greičiau išauginti kuo daugiau medienos, laikantis aplinkosaugos reikalavimų formuoti produktyvius medynus ir nepertraukiamai tiekti medieną rinkai (Miškų įstatymas, 1994: 3 str.).

LR Vyriausybės 2001 m. rugsėjo 26 d. nutarimu Nr. 1171 miškai miškų grupėms yra priskiriami aplinkos ministro įsakymu pagal Valstybinės miškų tarnybos parengtus miškų priskyrimo miškų grupėms planus (Vyriausybės nutarimas, 2001: Nr 84-2931). Reikšminga tai, kad miškų ploto nepriskyrus jų statusą atitinkančiai grupei, skaitoma, jog jie priklauso ūkinių miškų grupei, t.y mažiausiai teisiniu reguliavimu apsaugotai grupei. Taigi, saugomų gamtos buveinių ir jose esančių gyvūnų ar augalų rūšių apsaugos kontekste labai svarbiu veiksmu tampa savalaikis ir tikslus miškų plotų priskyrimas atitinkamoms grupėms. Tačiau, Valstybės kontrolės atlikto audito metu buvo nustatyta, kad 2021 m. pabaigoje nei vienai miškų grupei nebuvo priskirta iš viso 28, 4 tūkst. ha miško žemės (1,3 proc. visų miškų), nors apie penktadalis šių miškų plotų į Miškų kadastrą buvo įtraukta prieš 9 ar daugiau metų, taip pat nepriskirtų miškų net 21 proc. buvo vyresni nei 9 metų amžiaus. Atsakingos institucijos nebuvo parengę ir miško tvarkymo schemų, kurios šiuo atveju yra būtinos (Valstybinio audito ataskaita, 2022:18). *Valstybinės miškų tarnybos* aiškinimu, miškų grupėms priskyrimo procesas užtrunka, kadangi miškų tvarkymo schemų rengimas pagal aplinkos ministro patvirtintą planą organizuojamas eilės tvarka apskrityse tam tikru periodiškumu, todėl, parengus tokią schemą vienoje apskrityje, pakartotinai kitas planas joje gali būti rengiamas ir po dešimtmečio. Toks planavimo procedūrų inspiruotas delsimas suteikti miško plotams grupes yra kritikuojamas gamtos apsaugos specialistų, įžvelgiančių šioje situacijoje atsakingų tarnybų neveiklumą.

Tokia miškų suskirstymo į grupes metodika įtvirtina šalies ūkiniams poreikiams tenkinti didžiausią Lietuvos miškų dalį, kuriai (išskyrus atvejus, kai jie patenka į saugomas teritorijas) yra nustatyti mažiausi miškų ir juose esančių augalų bei gyvūnų apsaugos reikalavimai. Gamtosaugininkų teigimu, dabartinis miškų skirstymas į keturias grupes yra pasenęs ir neatitinka visuomenės pasikeitusio į miško paskirtį požiūrio: tai, kad 3 grupės apsauginiai ir 4 grupės ūkiniai miškai, kuriuose leidžiami plynieji kirtimai kartu sudaro 87,5 proc. pažeidžia balansą su rekreacijai ir biologinės įvairovės išsaugojimui skirtoms miškų grupėms (Juozapaitis, 2021:3). Pasak aplinkosaugininkų, ekosistemų apsaugai ir rekreacijai skirtų miškų mažėja, daugėja ūkinių miškų. Įtampą kelia prie pat gyvenviečių vykdomi plynieji kirtimai, neatliepiami visuomenės ir bendruomenių dvasiniai bei kultūriniai poreikiai. Vertinant šią situaciją bioįvairovės apsaugos požiūriu, reikia pripažinti, kad miškų plotams ilgą laiką nenustačius atitinkamos grupės, jie gali būti tinkamai neprižiūrimi, juose miško kirtimai gali būti vykdomi kur kas intensyviau, kas neigiamai gali paveikti saugomų ar nykstančių rūšių išlikimą.

Valstybės vykdoma politika miškingumo didinimo ir veiklų nustatymo miškuose srityje neatsiejama nuo miškų kirtimo proceso intensyvumo ir masto. Pastebėtina, kad Vyriausybės ar aplinkos ministerijos priimami sprendimai dėl miško kirtimų normų nustatymo paprastai gamtosaugininkų, visuomeninių organizacijų ar mokslininkų susilaukia kritikos. Pavyzdžiui, 2008 m. aplinkos ministro patvirtinta *Pagrindinių miško kirtimų normos nustatymo metodika* (V.Ž.2008-07-12, Nr.79-135) buvo kritikuojama už tai, kad joje buvo įtvirtintas leidimas valstybiniuose miškuose neribotai kirsti visus kertamąją brandą pasiekusius ir

viršijusius medžius, kas, pasak aplinkosaugininkų, kėlė grėsmę šimtamečių ir senesnių medžių išlikimui. 2018 metais Vyriausybei be atitinkamo svarstymo ir aplinkos ministro pritarimo padidinus 6 proc. valstybinių miškų kirtimo normą 2019 - 2023 metams, visuomenėje kilo nepasitenkinimas Lietuvos valstybės vykdoma miškų politika. O kai plynuosius miško kirtimus pradėta vykdyti Labanoro nacionaliniame parke esančioje girioje, buvo organizuojamos protesto akcijos Vilniaus gatvėse. Tuometinis aplinkos viceministras tokį sprendimą grindė siekimu pagaminti daugiau biokuro ir išvengti šilumos kainų augimo vartotojams. Beje, nepaisant protestų, padidinta kirtimų norma nebuvo sumažinta. 2023 m. rugpjūčio mėn. Vyriausybė paskelbė apie valstybinių miškų pagrindinių kirtimų normos 2024 -2028 metams didinimo projektą, kuriame siūlyta kirtimo normą didinti apie 3 proc. Toks Aplinkos ministerijos planas sulaukė nevyriausybinų organizacijų kritikos, jam, nepritarė ir Seimo Aplinkos apsaugos komiteto atskiri nariai. Pasak Aplinkosaugos koalicijos pirmininkės L.Paškevičiūtės, kirtimų normos skaičiavimai atlikti naudojant pasenusią 2008 metų metodiką, ignoruojant per 15 metų įvykusius didelius pokyčius, todėl kelia nepasitikėjimą miškų politikos formuotojais ir įgyvendintojais. Aplinkos ministerijos teigimu, didesnė pagrindinių kirtimų norma apskaičiuota remiantis tuo, kad Lietuvoje didėja brandžių miškų plotas. Tačiau miškininkystės praktikoje brandžiais miškais laikomi ne gamtinę brandą pasiekę miškai, bet sulaukę ūkinės brandos, kuri ženkliai yra mažesnė už gamtinę.

VšĮ „Sengirės fondas“ atstovo dr. M. Lapelės nuomone, kertant medžius, jiems sulaukus ūkinės brandos, užkertamas kelias bent daliai miškų pasiekti gamtinę brandą, kuri yra svarbiausia biologinės įvairovės išsaugojimo požiūriu ir tinkamai Europos Bendrijos saugomų miško buveinių būklei užtikrinti ar klimato kaitos poveikiui švelninti. Pasak jo, tokia ūkininkavimo praktika lemtų tolimesnę biologinės įvairovės nykimą ir miškų nuskrudimą (Ancevičiūtė, 2023). 2023 m. spalio mėnesį atsižvelgus į Seimo Aplinkos apsaugos komiteto ir nevyriausybinų organizacijų sambūrio „Girių spiečius“ argumentus Aplinkos ministerija sutiko penkerius metus nebedidinti miškų kirtimo normos. 2020 m. VDU Miško biologijos ir miškininkystės instituto mokslininkai, remdamiesi palydoviniais duomenimis bei kirtimų intensyvumo matavimais, nustatė Lietuvos miškuose mažėjantį miško lapijos lygį ir tai, kad vidutinis medžio gyvavimo amžius nuo pasodinimo iki nukirtimo nesiekia net kertamosios brandos. Mokslininkų nuomone, miškų kertama daugiau, negu spėja ataugti, todėl brandžius miškus pakeičia mažiau vertingi jaunuolynai (Juozapaitis, 2021:2).

Nykstančių ir pažeidžiamų rūšių apsauga. Viena svarbiausių ES gamtos paveldui išsaugoti skirtų priemonių – plėtojimas bendro Europos ekologinio tinklo „Natura 2000“, kuriame steigiamos specialios valstybių saugomos teritorijos buveinėms ir nykstančioms ar pažeidžiamoms rūšims saugoti. Norint tinkamai įgyvendinti Bendrijos ekologinio tinklo plėtrai keliamus uždavinius, valstybės narės skatinamos kurti efektyvią teisinę bazę, nustatančią aiškius buveinių steigimo kriterijus ir taisykles bei reguliariai atlikti teisės aktų įgyvendinimo stebėseną.

Pagal LR Saugomų teritorijų įstatymą Lietuvoje buveinių ir paukščių apsaugai svarbias teritorijas Vyriausybės nustatyta tvarka formuoja Valstybinė saugomų teritorijų tarnyba. Teritorijos nustatomos patvirtinant jų sąrašą, ribas ir nurodant apsaugos prioritetus, atsižvelgiant Bendrijos svarbos rūšių apsaugos būklę, „Natura 2000“ tinklo vientisumą bei toms vietovėms gresiantį degradavimą ar sunaikinimą (5 str.). Buveinių ir paukščių apsaugai svarbiose teritorijose saugomų rūšių būklė ir jos pokyčiai stebimi pagal aplinkos ministro 2002 metais patvirtintą planą, kuriame numatyta miškų, pelkių, viržynų, krūmynų ir kitų rūšių buveinių stebėseną periodiškai atlikti ne rečiau kaip kas 3 metus (V.Ž., 2003-01-15, Nr. 4-161)

Lietuvoje Europos Bendrijos svarbos natūralių buveinių bendras plotas yra 434 925 ha, arba 6,7 proc. šalies teritorijos. Iš jo miškų buveinės sudaro 61,3 proc. (266 650 iš 434 925 ha) ir užima 12,6 proc. visų miškų. Pagal svarbą jos skirstomos į: 1) šešias *prioritetines*, kurių bendras plotas 212, 8 tūkst. ha (79,8 proc. visų buveinių ploto) ir 2) septynias *neprioritetines* buveines, užimančias 53,8 tūkst. ha arba 21,2 proc. nuo bendro miško buveinių ploto (Valstybės auditas, 2022: 25)

Siekiant apsaugoti šiose miškų buveinėse esančias gamtines vertybes, 1997 m. ES Buveinių komitetas yra įpareigojęs valstybes nares į „Natura 2000“ tinklą įtraukti ne mažiau kaip 60 proc. *prioritetinių* ir 20 proc. *neprioritetinių* miško buveinių, todėl Lietuva, kad įgyvendintų šį reikalavimą, turėjo būti įsteigusi ne mažiau kaip 127,7 tūkst. ha (iš 212,8 tūkst. ha) *prioritetinių* ir 10,8 tūkst. ha (iš 53,8 tūkst. ha) *neprioritetinių* miškų buveinių apsaugai svarbių teritorijų (Valstybės auditas, 2022: 26). Tačiau Lietuva iki 2021 m. pabaigos reikiamų teritorijų, kurios galėtų būti įtrauktos į „Natura 2000“ tinklą, skaičiaus nepateikė ir tokiu būdu neįvykdė užduoties, reikalaujančios tinkamai suformuoti ekologinį tinklą „Natura 2000“ (Valstybės auditas, 2022: 26).

LR Saugomų teritorijų įstatyme numatytas ne ilgesnis kaip 6 metų terminas (po to kai EK Lietuvos pasiūlytą vietovę patvirtina Bendrijai svarbia teritorija), per kurį turi būti nustatyta buveinių apsaugai svarbi teritorija, nurodant jos apsaugos prioritetus, svarbumo dydį ir kitus įstatyme nustatytus kriterijus (4 str. 5 p).

Europos Komisija 2009 - 2021 metais iš viso Lietuvoje patvirtino 338 Bendrijos svarbos teritorijas, tačiau iš jų Lietuvoje miškų buveinių apsaugai svarbių teritorijų buvo nustatyta tik 210 teritorijų, ir tik 43 iš jų (20,5 proc.) - neviršijus 6 metų termino po Europos Komisijos priimto sprendimo. (TAR, 2018-04-20, Nr. 6323).

Taigi, konstatuotina, kad Lietuvoje buveinių apsaugai didelė dalis svarbių teritorijų nustatoma per ilgesnį laikotarpį nei tai numatyta įstatyme arba šios teritorijos iš viso lieka nenustatytos. Pavyzdžiui, EK sprendimą patvirtinti Punios šilą (2702 ha) Bendrijai svarbia teritorija priėmė 2007 m. lapkričio mėn., tačiau šio objekto teritorija, kaip svarbi buveinių apsaugai, Lietuvoje buvo nustatyta tik 2020 m. rugpjūčio mėnesį (Valstybės auditas, 2022: 27). Aplinkos ministerija tokį procesinių veikslių delsimą aiškino finansinių ir žmogiškųjų išteklių trūkumu, tačiau, dėl *ES Buveinių komiteto* įpareigojimų nevykdymo Europos Komisija 2020 metais prieš Lietuvą pradėjo pažeidimo procedūrą.

Siekiant išsaugoti gamtines vertybes vien tik nustatyti buveinių apsaugai svarbias teritorijas nepakanka, dar reikia aiškiai reglamentuoti jų apsaugos tikslus, užtikrinti teritorijų apsaugą ir nuolatinę priežiūrą. Šiuo tikslu *LR Saugomų teritorijų įstatymas* įpareigoja „*Natura 2000*“ tinklui priskirtas teritorijas „*palaikyti, o kur reikia – atkurti iki palankios apsaugos būklės*“ (2 str.15d.). Ši pareiga įtvirtinta ir *Valstybinės saugomų teritorijų tarnybos*, kuriai pavesta organizuoti šių teritorijų apsaugą ir priežiūrą, nuostatuose (Nuostatai, 2023: 10.2. 13 p).

Nustatyti minėtų teritorijų apsaugos tikslus įstatymu pavesta aplinkos ministerijai, tačiau Europos Komisijos vertinimu, ministerijos nustatytuose apsaugos tiksluose neapibrėžta įsteigtose teritorijose kiekvienos saugomos buveinės ir rūšies planuojama apsaugos būklė, formuluojami tikslai dėl jų abstraktumo sunkiai išmatuojami, todėl neaiškus atsiskaitymas už jų įgyvendinimą, taip pat nesudarytos stebėsenos sąlygos. Pavyzdžiui, 61 buveinės apsaugai svarbi teritorija buvo nustatyta 2018 m., tačiau stebėseną iki 2022 m. sausio 1 d. nebuvo vykdyta. Dėl to Komisija konstatavo, kad Lietuva iš esmės nesilaikė įpareigojimo nustatyti pakankamai išsamius konkrečių teritorijų apsaugos tikslus ir pradėjo prieš Lietuvą dar vieną pažeidimo procedūrą. (Valstybės auditas, 2022: 29). Pastebėtina, kad 2021 metais rugsėjo mėnesį aplinkos ministerija atnaujino apsaugos tikslų formatą, juose nustatydamas konkretesnius saugomų objektų geros apsaugos būklės kriterijus, tačiau iki 2022 m. gegužės mėnesio naujo formato tikslai buvo nustatyti tik 13 iš 210 miškų buveinių. Taigi, tikėtina, kad laiku nenustatčius buveinių apsaugai svarbių teritorijų bei nesukonkrečius buveinių apsaugos tikslų ir neatliekant būklės stebėsenos, gali būti neapsaugotos nykstančios ar pažeidžiamos retos, nykstančios ar pažeidžiamos paukščių, gyvūnų, augalų ar buveinių rūšys.

Du požūriai: miškas gamtos išteklius ar savaiminė vertybė?

Viešojoje erdvėje vykstančios diskusijos tarp aplinkosaugos atstovų, mokslininkų, nevyriausybinių organizacijų iš vienos pusės ir aplinkos ministerijos atstovų – iš kitos, atskleidžia požūrių skirtumus ne tik į atskirus miškų apsaugos politikos įgyvendinimo aspektus, bet ir į miško, kaip nacionalinės vertybės, paskirtį apskritai.

Aplinkos ministerijos požūriu, miškingumas stabiliai auga, nes vykdoma tausojanti miškų naudojimo politika, pagal kurią miško užauga daugiau, nei iškertama (kasmet iškertama apie 70 proc. viso medienos prieaugio, pavyzdžiui, įveisus 100 ha miško, iškertami tik 70 ha). Įžvelgti miškingumo didėjimą leidžia nuostata, kad miško plotą sudaro ne tik brandūs miškai, bet ir miško aikštės, jaunuolynai, kirtavietė ir kt. Šio požūrio oponentai – gamtos sergėtojai ir dalis mokslininkų - laikosi nuomonės, kad vertinant miškų prieaugį, svarbiausiu kriterijumi turėtų būti jų kokybė, kurią lemia brandūs miškai. Šiuo metu Miško kirtimo taisyklėse numatytas pušų, eglių ir ąžuolų kertamosios brandos amžius ūkiniuose miškuose 50 -80 metų mažesnis už jų minimalų natūralios brandos amžių. Dėl to Lietuvoje sparčiai daugėja atsodintų jaunuolynų ir atitinkamai mažėja brandžių miškų. Aplinkosaugininkų prognozėmis, esant dabartiniam požūriui į ūkininkavimą miškuose (augantis medienos poreikis neleidžia miškams reikiamai subręsti) ilgainiui nebeliks brandaus miško ekosistemos. Valstybinės miškų tarnybos duomenimis, 2019 metais vidutinis miškų amžius buvo 54 metai, kuris yra gerokai miškui per mažas ir iliustruoja, kad dėl vykdomų kirtimų medžiams neleidžiama sulaukti gamtinės brandos. Tiesa, aplinkos ministerijos Miškų politikos grupės vadovas N. Kupstaitis taip pat pripažįsta, kad Lietuvoje yra labai mažai brandžių miškų, kuriuose auga seni medžiai ir klesti biologinė įvairovė: „*mes turime daug neseniai kertamąją brandą pasiekusių miškų, tačiau gamtinės brandos sulaukusių ar ją viršijančių medžių Lietuvoje beveik nelikę*“ (Juozapaitis, 2021:1).

Aplinkosaugininkų kritikuojamas ir miško atsodinimo būdas, kai iškirstas miškas neretai atsodinamas viena, kirtimui patogia medžių rūšimi, kadangi miško pramonei labiau apsimoka sodinti vieną rūšį ir vieno amžiaus, kad jie pasiektų kertamąją brandą panašiu laiku. Dzūkijos nacionalinio parko ir Čepkelių gamtinio rezervato biologinės įvairovės skyriaus vedėjo M. Lapelės įsitikinimu, ūkiniams tikslams eilėmis sodinamas vienos rūšies miškas nėra labai vertingas, kadangi jame nespėja susiformuoti klestinti biologinė įvairovė,

atsirasti buveinių ar, pavyzdžiui, erelių lizdams tinkamų senų pušų. Taip pat mažėjant brandiems miškams, kyla pavojus ir vertingoms augalų bei gyvūnų rūšims, jų buveinėms.

Apibendrinant ministerijos ir aplinkosaugininkų bei biologų požiūrius, galima sakyti, kad dabartinis miškingumas atrodo pozityvus vertinant miškų politikos įgyvendinimą ekonominiu požiūriu, pagal kurį didelės brandos miškas nelaikomas labai vertingu, nes mažiau tinka medienai. Toks požiūris steigiant Lietuvoje saugomų teritorijų sistemą, suformavo nuostatą, kad įprasta ūkinė veikla, įskaitant medžių kirtimą, nedarko kraštovaizdžio, todėl į steigiamas saugomas teritorijas buvo įtraukti didžiuliai masyvai ūkinių miškų plotai, tirtinant, kad kraštovaizdis nuo to juose nepasikeis. Kita vertus, žiūrint į mišką kaip į gamtos duotą žmogui vertybę, kuri yra savaimė turtas – nepriklausomai nuo gaunamos praktinės naudos, miškų apsaugos politikos įgyvendinimas gali pasirodyti ne toks patrauklus.

Taigi Lietuvoje egzistuoja du skirtingi požiūriai į gamtą ir miškus, ir reikia pripažinti, kad šiandien visgi dominuoja ekonominis požiūris, miško teikiamą naudą matuojantis gaunamu iš jo pelnu bei indėliu į valstybės kuriamą bendrą vidaus produktą. Tačiau įvairios apklausos atskleidžia ir visuomenės sąmonėje įsitvirtinanti kitą požiūrį, jog miškas ir jo biologinė įvairovė yra savaiminė vertybė, kurią būtina saugoti nelaukiant tik pinigais išreikštos naudos. Todėl labai svarbu, kad valstybės institucijos, įgyvendinančios miškų apsaugos politiką, laiku ir tinkamai reaguotų į besikeičiančius visuomenės lūkesčius.

Išvados

1. Miškų išteklių, nykstančių augalų ir gyvūnų rūšių apsauga, dėl jos svarbos tapusi tarptautinės teisės reguliavimo objektu: daugelis gamtos apsaugos užtikrinimo sričių reguliuojama tarptautinių sutarčių ar Europos Bendrijos teisės aktų normomis, kurios atitinkamai formuoja atskirų valstybių nacionalinę teisę. Lietuva yra prisijungusi prie daugelio aplinkosaugą reglamentuojančių tarptautinių konvencijų, todėl šalyje galioja šių konvencijų principai bei nuostatos.

2. LR įstatymų turinys ne visada užtikrina Lietuvoje galiojančių tarptautinių teisės aktų įgyvendinimą, todėl šių įstatymų nuostatas tikslinga peržiūrėti įvertinant naujus augalijos ir gyvūnijos apsaugos, atkūrimo, naudojimo poreikius, prisiimtus ES ir kitus tarptautinius įsipareigojimus. Kai kuriuos Europos Bendrijos įpareigojimus užtikrinti ekologinio tinklo „Natura 2000“ plėtrą Lietuva vykdo, pažeisdama jų principus: laiku nenustato miškų buveinių apsaugai svarbių teritorijų, nevykdo saugomų teritorijų būsenos stebėsenos, atsakingų institucijų keliami aplinkos apsaugos tikslai abstraktūs, todėl sunkiai išmatuojami ir kt. Dėl šių pažeidimų Europos Komisija yra pradėjusi prieš Lietuvą pažeidimų procedūras;

3. Teisės aktų, literatūros, aplinkosaugos atstovų argumentų bei Valstybės kontrolės atlikto audito rezultatų analizės pagrindu nustatyta, kad Lietuvoje tinkamai neužtikrinama miškų ir juose esančių gamtinių vertybių apsauga: nepasiekti strateginiuose planavimo dokumentuose numatyti miškingumo tikslai, nevisiems plotams priskirtos miškų grupės; ekosistemų apsaugai ir rekreacijai skirtų miškų mažėja, daugėja ūkinių miškų; reikiamai neužtikrinama miškuose esančių retų, nykstančių ar pažeidžiamų buveinių, augalų ir gyvūnų apsauga ir nevykdomi kai kurie Europos Bendrijos nurodymai plėtoti „Natura 2000“ ekologinį tinklą;

4. Aplinkos ministerijos formuojama miškų ir juose esančių gamtinių vertybių apsaugos politika labiau orientuota į šalies ekonominių poreikių tenkinimą, o ne į siekį išsaugoti biologinę miškų įvairovę, miškų buveines ir jose esančias nykstančias ar pažeidžiamas gyvūnų ir augalų rūšis

Literatūra

1. Ancevičiūtė J. Tomilinas apie Aplinkos ministerijos užmojį didinti miškų kirtimo normą: ministras ir valdantieji lipa ant to paties greblio. ELTA2023.08.18 11:52. Prieiga per internetą:
2. Bartkowski, B.; Lienhoop, N.; Hansjürgens, B. Capturing the complexity of biodiversity: A critical review of economic valuation studies of biological diversity. *Ecological Economics*. 2015, (113): 1–14
3. <https://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/2058114/tomilinas-apie-aplinkos-ministerijos-uzmoji-didinti-misku-kirtimo-norma-ministras-ir-valdantieji-lipa-ant-to-paties-greblio>
4. Convention on Wetlands (popularly known as the Ramsar Convention) (adopted 2 February 1971, entered into force 21 December 1975). 996 UNTS 245; TIAS 11084; 11 ILM 963 (1972).
5. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (adopted 3 May 1973, entered into force 1 July 1975). 27 UST 1087; TIAS 8249; 993 UNTS 243
6. Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals (adopted 23 June 1979, entered into force 1 November 1983). 1651 UNTS 333; 19 ILM 15 (1980); ATS 1991/32; BTS 87 (1990), Cm. 1332.
7. Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitat Animals (Bern Convention) (adopted 19 September 1979, entered into force 1 June 1982). 1284 U.N.T.S. 209; Eur. T.S. No. 104 (1982); 1982 Gr. Brit. T.S. No. 56 (Cmd. 8738).
8. Convention on Biological Diversity (adopted 5 June 1992, entered into force 29 December 1993). 1760 UNTS 79; 31 ILM 818 (1992).
9. Domarkas, V., Varapnickas, A. (2006) Miškininkystės vystymo Europos Sąjungoje tendencijos ir Lietuvos miškų ūkio valdymo aktualijos. *Viešoji politika ir administravimas*, Nr. 16.

10. Juozapaitis L. Nerimas dėl Lietuvos miškų – senųjų beveik nebeturime (2021.07.24). 15 minučių. Prieiga per internetą: https://www.15min.lt/naujiena/aktualu/lietuva/nerimas-del-lietuvos-misku-ateities-senuju-misku-beveik-nebeturime-56-1537432?utm_medium=copied
11. Juknevičiūtė A., Saugomų teritorijų miškuose valdymo ypatumai. Darna vystymosi strategija ir praktika/ Mokslo darbai. 2012, t. 1, Nr. 6, p. 93-101
12. Kvietkauskas, V. Tarptautinių žodžių žodynas. Vilnius: VER, 1985
13. Lietuvos Respublikos saugomų teritorijų įstatymas. Valstybės žinios, 1993-11-24, Nr. 63-1188
14. Lietuvos Respublikos įstatymas Dėl 1961 gruodžio 2 d. *Dėl Tarptautinė konvencija dėl naujų augalų veislių apsaugos*. Valstybės žinios, 2002-11-13, Nr. 109-4805 (UPOV)
15. Lietuvos Respublikos Miškų įstatymas, 1994 m. lapkričio 22 d. Nr. I-671. Valstybės žinios, 1994-12-14, Nr. 96-1872
16. Lietuvos Respublikos 2001 m. gegužės 22 d. įstatymas Nr. IX-337 Dėl *Nykstančių laukinės faunos ir floros rūšių tarptautinės prekybos konvencijos ratifikavimo*. Valstybės žinios, 2001-06-13, Nr. 50-1739
17. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2002 m. gruodžio 31 d. įsakymas Nr. 695 Dėl Buveinių ir paukščių apsaugai svarbių teritorijų monitoringo programos patvirtinimo. Valstybės žinios, 2003-01-15, Nr. 4-161
18. Lietuvos Respublikos aplinkos ministro 2003 m. spalio 13 d. įsakymu Nr. 504 „Dėl Lietuvos Respublikos saugomų gyvūnų, augalų ir grybų rūšių sąrašo patvirtinimo“. Valstybės žinios, 2003-10-24, Nr. 100-4506
19. Lietuvos Respublikos Vyriausybės 2001 m. rugsėjo 26 d. nutarimas Nr. 1171 Dėl Miškų priskyrimo miškų grupėms tvarkos ir miškų priskyrimo miškų grupėms normatyvų patvirtinimo. Valstybės žinios, 2001-10-03, Nr. 84-2931
20. LR Vyriausybės 2021-03-10 d. nutarimas Nr. 155 Dėl *Aštuonioliktosios Lietuvos Respublikos Vyriausybės programos nuostatų įgyvendinimo plano patvirtinimo*. TAR, 2021-03-17, Nr. 5318
21. Nacionalinė miškų ūkio sektoriaus plėtros 2012–2020 m. programa, patvirtinta LR Vyriausybės 2012-05-23 nutarimu Nr. 569. *Valstybės žinios*, 2012-05-30, Nr. 61-3058
22. Nacionalinė aplinkos apsaugos strategija. Patvirtinta Seimo 2015-04-16 nutarimu Nr. XII-1626. TAR, 2015-04-24, Nr. 6178
23. Pereira, H. M., et al. Scenarios for global biodiversity in the 21st century. *Science*. 2010, 330(6010): 1496–1501.
24. Perrings, C., et al. The biodiversity and ecosystem services science-policy interface. *Science*. 2011, 331(6021): 1139–1140
25. Stončius, D. 2011. Kertinės miško buveinės. Vilnius. Lietuvos gamtos fondas. 72 p
26. Valstybinio audito 2022 m. gegužės 31 d. ataskaita Nr. VAE-3 *Lietuvos miškų išteklių apsauga*.
27. Valstybinės saugomų teritorijų tarnybos prie Aplinkos ministerijos nuostatai, patvirtinti LR aplinkos ministro 2023 m. liepos 10 d. įsakymo Nr. D1-228 redakcija
28. World Heritage Convention (entered into force 16 November 1973). 1037 UNTS 151.

CHALLENGES OF THE PROTECTION OF LITHUANIAN FORESTS, ENDANGERED PLANT AND ANIMAL SPECIES

Summary

The forest is one of the main natural assets of Lithuania, meeting the ecological, economic and social needs of society. Forests, with their unique natural systems and the biodiversity they contain, provide habitat for many different plants and animals found on land. In order to preserve these habitats and their biodiversity for future generations, an effective national policy in the field of forest protection is necessary. The article aims to evaluate how the protection of natural values of European Community importance located in natural forests is ensured in Lithuania. The article reviews the legal regulation of the protection of protected plant and animal species in the EU and Lithuania and assesses whether the considered legal acts are effectively implemented in practice. The work is based on the analysis of legal acts, the assessments of nature protection specialists and the conclusions of the state audit. The study concludes that the protection of rare, endangered or vulnerable habitats, plants and animals in Lithuanian forests is not sufficient.

Key words: protected plants' and animals' species, legal regulation of protected plant and animal species protection

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Kelių inžinerijos studijų programa, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 687 53779, kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associate Professor of Road Engineering study programme.

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: 8-687 53779, kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

NEARDOMOSIOS KONTROLĖS METODŲ, TAIKOMŲ ORLAIVIO RATLANKIO PATIKRAI, PARINKIMAS

Julius Stanionis, Valdas Speičys
DAT LT, Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje pateikiami atlikto tyrimo rezultatai, nustatant orlaivio ratlankyje pavojingas zonas bei parenkant jų patikrai tinkamą neardomosios kontrolės (NDT) metodą. Naudojantis baigtinių elementų metodu nustatytos ratlankio zonos, kuriose apkrovimo metu susiformuoja didžiausios įtempių koncentracijos. Taikant NDT metodų kompiuterinę analizę, pavojingoms ratlankio zonoms buvo parinkti tinkami NDT metodai, kurie po to buvo patikrinti praktiškai, pateikiant patikrų rezultatus bei išvadas.

Reikšminiai žodžiai: neardomoji kontrolė, ratlankio pavojingos zonos, sukurinių srovių metodas, ultragarso metodas, dažančių skverbiklių metodas.

Įvadas

Siekiant užtikrinti skrydžių saugos reikalavimus aviacijoje, defektų aptikimui yra kuriami ir naudojami įvairūs NDT metodai. Atliekant orlaivių techninės priežiūros darbus yra naudojami įvairūs NDT metodai, kad būtų galima sumažinti nelaimingų įvykių tikimybę iki minimumo. Orlaivio ratlankio patikrai gali būti naudojami keli NDT metodai. Istorijoje yra buvę atvejų, kai orlaivių ratai suyra dėl metalo nuovargio ar kitų priežasčių. Tai dažniausiai įvykdavo todėl, kad buvo naudoti neteisingi NDT metodai, nepajėgūs aptikti defektų, neteisingo surinkimo ar panašių priežasčių.

Šio tyrimo tikslas – nustatyti pavojingas orlaivio ratlankio zonas ir jų patikrai parinkti tinkamus NDT metodus. Pagrindiniai tyrimo uždaviniai:

- nustatyti ratlankio zonas, kuriose didžiausia įtrūkimo tikimybė;
- atlikti NDT metodų kompiuterinę analizę, parenkant tinkamus kontrolės metodus;
- patikrinti parinktus NDT metodus praktiškai ir įvertinti rezultatus.

Neardomosios kontrolės metodų, tinkamų orlaivio ratlankio patikrai, apžvalga

Sukurinių srovių metodas (Eddy Current Testing) naudojamas inspektuojant elektrai laidžias medžiagas. Tai aukšto tikslumo ir patikimumo metodas. Viena iš pagrindinių orlaivių konstrukcinių medžiagų yra aliuminio lydiniai. Aliuminis pasižymi geromis elektros laidumo savybėmis, todėl naudojant sukurinių srovių patikros metodą aliuminio komponentams, gaunami patikimi duomenys apie komponente atsiradusius defektus. Sukurinių srovių patikros metodui reikia minimalaus paviršiaus parengimo. Šiam metodui atlikti netrukdo paviršių dengiantys sluoksniai, kaip dažai ar antikorozinės dangos. Naudojant sukurinių srovių patikros metodą, dažniausiai aptinkami paviršiaus defektai: nuovargio įtrūkimai, korozija, mechaniniai pažeidimai. Defekto pobūdis nustatomas pagal indikacijų formą (Buckley, 2015; García-Martín ir kt., 2011).

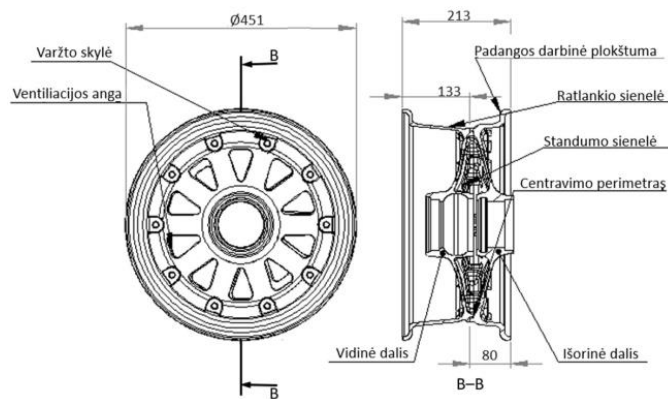
Ultragarso metodas (Ultrasonic Testing) pasižymi didele skvarba – galima aptikti defektus esančius giliai medžiagoje. Šio metodo veikimo principas pagrįstas aukštojo dažnio garso bangų sklidimu medžiagoje. Ultragarso bangos geba skverbtis į metalus ir kitas medžiagas kryptingu srautu ir atsispindėti nuo įvairių defektų paviršiaus, todėl ultragarso metodas puikiai tinka aliuminio lydinių patikrai. Inspektuojant šiuo metodu naudojami dažniai nuo 0,15 MHz iki 15 MHz (Hijazi, 2021; UT handbook, 2021).

Dažančių skverbiklių metodas (Penetrant Testing) yra paprastas, nebrangus ir patikimas patikros būdas, skirtas tikrinamo objekto paviršiniams defektams, kaip paviršiniai įtrūkimai, poros, nesulydymai ir nesuvirinimai, tarpkristalinė korozija ir kt. nustatyti. Šį metodą galima taikyti tiriant metalus arba kitas neaktytas medžiagas, kurių nepaveikė prasiskverbiančios medžiagos (Hijazi, 2021; Stalevičius, 2012).

Orlaivio ratlankio pavojingų zonų nustatymas

Tyrimo objektas yra orlaivio ratlankis. Didžioji dalis aviacijoje naudojamų ratlankių yra panašios konstrukcijos, taigi yra pagrindo manyti, jog rezultatai gauti vieno tipo orlaiviui, bent iš dalies tiks daugumai tokio tipo orlaivių ratlankių. Šis tyrimas remiasi orlaivio ATR 42 ratlankiu.

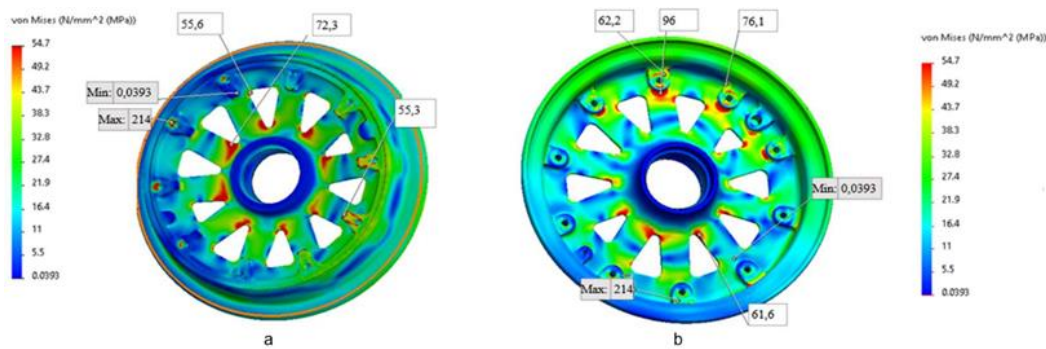
Daugumoje naudojamų aviacijos ratlankių yra sudaryti iš dviejų dalių: išorinės ir vidinės. Šio konkretaus ratlankio medžiaga yra aliuminio lydinys 2014-T6. Kai ratas sumontuojamas, išorinė dalis nukreipiama į orlaivio išorę, o vidinė - į orlaivio vidurio plokštumą. Svarbiausia yra vidinė dalis, kuri turi išlaikyti didžiąją ratlankiui tenkančių apkrovų dalį. Norint, kad abi pusės veiktų kaip vientisas ratlankis, šias dalis sujungia 10 plieninių varžtų. Rato konstrukcija pateikta 1 pav.



1 pav. Ratlankio konstrukcija

Šaltinis: Stanionis, 2022

Pavojingos ratlankio zonos nustatytos naudojantis „Solidworks Solutions“ kompiuterine programa. Sukurtas ratlankio 3D modelis ir atlikta analizė parodanti, kaip pasiskirsto įtempiai, kai ratlankis apkraunamas jėga. Pagal įtempių pasiskirstymo duomenis buvo atlikta ir nuovargio analizė (Stanionis, 2022).

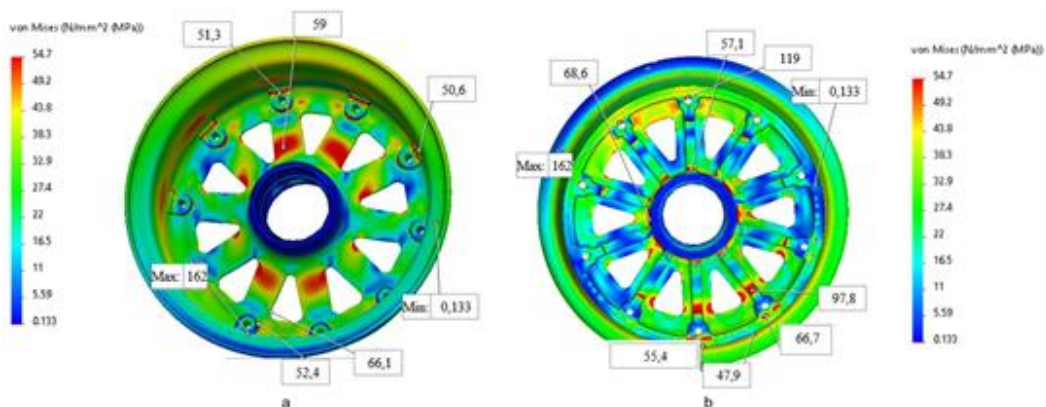


2 pav. Įtempiai labiausiai apkrautose išorinės ratlankio dalies zonose: a) vidinė pusė; b) išorinė pusė

Šaltinis: Stanionis, 2022

Ratlankio didžiausi įtempiai buvo aptikti išorinės dalies varžto skylės krašte, esančiame išorinėje pusėje (2 pav.). Todėl manoma, kad visi ratlankio varžtai patiria šią įtempio ribą. Kitas įtempio židinytis matomas aplink ventiliacijos angas. Labiausiai stresuojami yra angų kampai, esantys arti ratlankio ašies, tačiau pastebimi ir mažesni įtempio židiniai kampuose, esančiuose arti padangos (Stanionis, 2022).

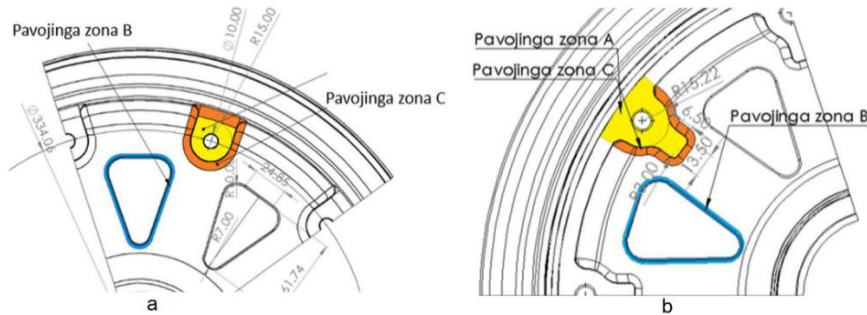
Priešingai, nei išorinėje ratlankio pusėje, vidinėje pusėje susidarė įtempių židiniai ties guoliaviete, abiejose sienelės pusėse (3 pav.). Įtempiai formuojasi ir ratlankio sienelėje, t.y. vietoje, kurią dengia padanga. Gautos koncentracijos ties varžtais ir ant sienelės linkio, kur padangos kraštas remiasi į ratlankį (Stanionis, 2022).



3 pav. Įtempiai labiausiai apkrautose išorinės ratlankio dalies zonose: a) vidinė pusė; b) išorinė pusė

Šaltinis: Stanionis, 2022

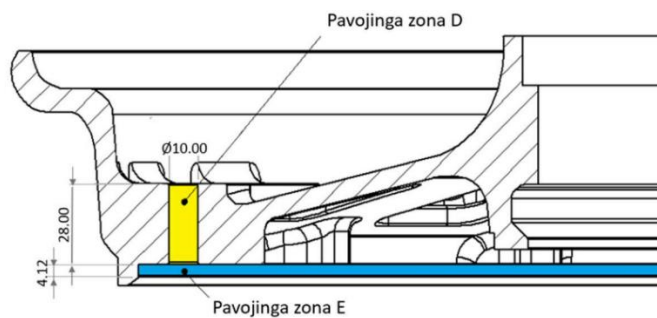
Kai kurie įtempio židiniai susidaro tame pačiame ratlankio regione ir yra labai arti vienas kito. Siekiant paprastesnio patikros kūrimo, šie židiniai buvo sujungti į didesnius plotus, vadinamus pavojingomis zonomis. Kadangi ratlankio dizainas yra simetriškas, patikrai skirtos vietos yra pavaizduotos ratų dalyje, žinant, kad šios zonos kartojasi kas 36°. Abiejose ratlankio pusėse yra panašios geometrijos ir funkcijos zonos. Šios vietos laikomos ekvivalentiškomis ir pažymėtos viena raidė (4 pav.). Šiame paveiksle išskirtos trys pavojingos zonos (Stanionis, 2022).



4 pav. Išorinė ratlankio dalis iš abiejų pusių (72° ratlankio apskritimo): a) išorinė pusė; b) vidinė pusė
Šaltinis: Stanionis, 2022

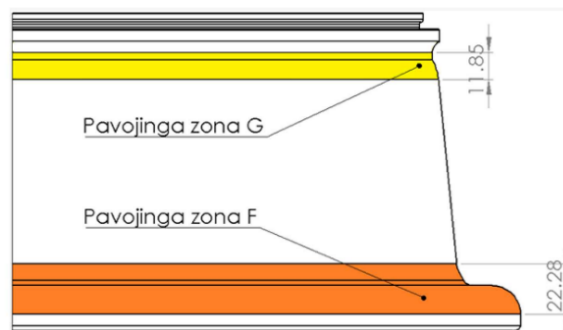
Geltona spalva pavaizduota pavojinga **zona A**, rodanti, kad visa varžto darbinė plokštuma laikoma pavojinga zona. Mėlyna spalva pavaizduota pavojinga **zona B**, susidariusi aplink ventilacijos angą. Ši zona laikoma pavojinga dėl nuovargio židinių, kurie apima ventilacijos angos perimetrą, tačiau didžiausios rizikos zona yra „trikampio“ viršūnės. Oranžine spalva yra žymima pavojinga **zona C**, tai yra pusapvalės geometrijos zona jungianti zoną A su likusia ratlankio konstrukcija (Stanionis, 2022).

5 pav. matomos dvi pavojingos zonos: geltona spalva pažymėta pavojinga **zona D** yra varžto skylės vidinis paviršius, kurio visas plotas laikomas pavojinga zona. Mėlyna spalva pažymėta pavojinga **zona E**, tai yra centravimo zona, kurios pagalba abi rato pusės yra sucentruojamos (Stanionis, 2022).



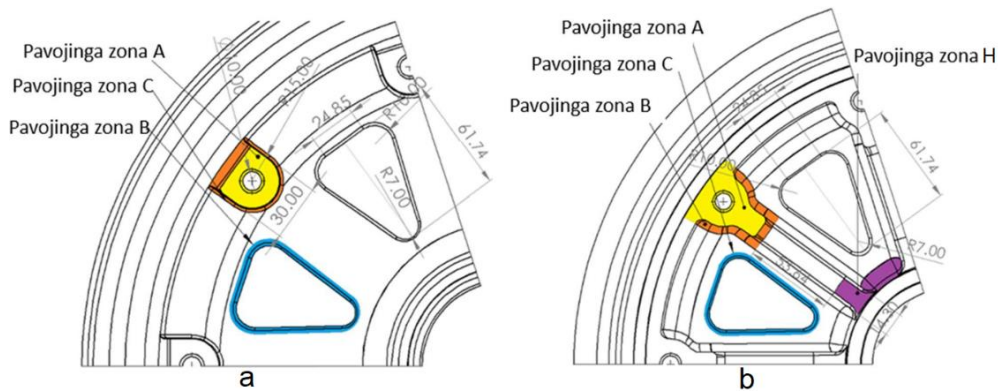
5 pav. Išorinės ratlankio dalies skerspjūvis
Šaltinis: Stanionis, 2022

6 pav. matomoje **zonoje G**, pažymėtoje geltona spalva, yra centrinė ratlankio sienelė, užima 11,85 mm plotį. Oranžine spalva pažymėtoje **F zonoje** dėl padangos ir ratlankio sąveikos formuojasi pavargimo židiny. Ši zona, aprėpianti visą ratlankio perimetrą, yra 22,28 mm pločio (Stanionis, 2022).



6 pav. Išorinės ratlankio dalies skerspjūvis
Šaltinis: Stanionis, 2022

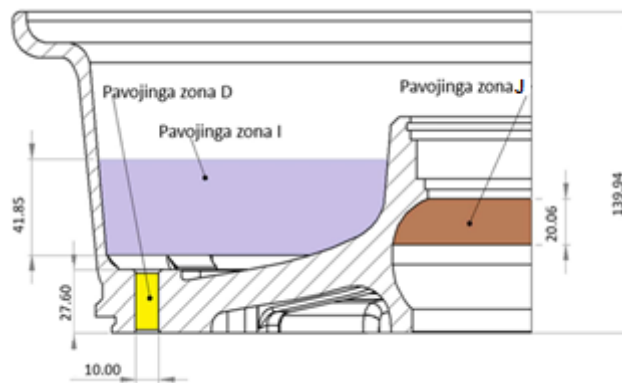
7 pav. matoma vidinės ratlankio dalies apskritimo dalis. Paveikslo a dalyje – varžto darbinė plokštuma ir ventiliacijos anga iš išorinės pusės. Dėl šių zonų panašumo į išorinės rato dalies zonas, jos laikomos ta pačia zona (Stanionis, 2022).



7 pav. Vidinė ratlankio dalis iš abiejų pusių: a) išorinė pusė; b) vidinė pusė
Šaltinis: Stanionis, 2022

Paveikslo b dalyje matomi varžto darbinė plokštuma ir ventiliacijos angos perimetras laikomi ekvivalenčiais išorinės ratlankio dalies zonomis. Violetine spalva pažymėta **zona H** apima suapvalinimus jungiančius ratlankio centrą su didžiąja ratlankio konstrukcija.

8 pav. matomos 3 pavojingos zonos. Geltona spalva pažymėta zona D yra varžto skylės vidinis paviršius, laikomas ekvivalenčiu išorinės ratlankio dalies varžto vidiniam plotui, matomam 5 pav.



8 pav. Vidinė ratlankio dalis iš abiejų pusių: a) išorinė pusė; b) vidinė pusė
Šaltinis: Stanionis, 2022

Šviesiai violetine spalva pažymėta **zona I** apima 41,85 mm vidinės ratlankio sienelės. Ruda spalva pavaizduota pavojinga **zona J**.

Neardomosios kontrolės metodų kompiuterinė analizė

Aptiktos pavojingos ratlankio zonos yra įvairios tiek savo geometrija, tiek plotu bei kitomis savybėmis. Kontrolės metodai, skirti joms tikrinti, nėra vienodi ir universaliai taikomi, todėl būtina atrasti geriausiai pritaikomą metodą kiekvienai iš aptiktų zonų. Šiam tikslui naudota „CIVA“ NDT metodų analizės programinė įranga. Bendra neardomoji kontrolės patirtis leido sukurti taisykles, kuriomis vadovaujantis galima parinkti optimalius metodus kiekvienai konkrečiai zonai. Remiantis šiomis taisyklėmis, buvo atrinkti geriausiai tinkantys metodai kiekvienai zonai (Stanionis, 2022):

Zona A (4 pav.) Remiantis nuovargio analize ir įtrūkimų formavimosi principais, prognozuojama, kad įtrūkimai iš pradžių atsiras vienoje iš zonos kraštų. Šios zonos paviršiai ribojasi su dviem kraštais: varžto skylės anga ir varžto darbinė plokštuma. Kadangi zona A yra vieta, kur susilieja du paviršiai, joje galima tikėtis įtrūkimų visame plote. Tai yra plokščia zona tarp kraštų, kurioje nėra lenktų paviršių. Dėl sudėtingos varžto darbinės plokštumos krašto formos, ultragarso metodas būtų nepakankamai efektyvus, tačiau sūkurinių srovių analizei tinka šios zonos plokštieji paviršiai. Todėl, atsižvelgiant į šiuos faktus, pasirenkamas aukšto dažnio sūkurinių srovių metodas su absoliučios reikšmės keitikliais.

Zona B (4 pav.) Šioje zonoje gali būti nuovargio sukeltų įtrūkimų, kurie pradeda formuotis iš ventiliacijos angos krašto. Zona turi plokščią paviršių, esantį netoli krašto. Dėl tiesios ventiliacijos angos krašto linijos galima efektyviai naudoti ultragarso metodo kampinio spindulio keitiklius. Taip pat ši zona yra tinkama sūkurinių srovių metodui, naudojant absoliučios reikšmės keitiklius.

Zona C (4 pav., 7 pav.). Šioje zonoje įtempiai yra perduodami iš varžto skylės į didesnę ratlankio konstrukciją, todėl gali formuotis įtrūkimai. Dėl sudėtingos geometrijos reikia taikyti sūkurinių srovių metodą naudojant aukšto dažnio absoliutinius keitiklius.

Zona D (5 pav., 8 pav.). Ši zona apima varžto skylės vidinį paviršių, kur dėl didelių įtempių gali formuotis nuovargio įtrūkimai. Naudoti „pieštukinius“ ET keitiklius nepatogu dėl zonos geometrijos. Šiai zonai bandoma pritaikyti besisukančius sūkurinių srovių keitiklius veikiančius diferencialiniu principu. Varžto darbinė plokštuma yra lygi ir statmena varžto skylėi, jai tinka naudoti ultragarso kampinio spindulio keitiklius.

Zona E (5 pav.). Ši zona apima išorinės ratlankio dalies centravimo žiedą. Zonos plotis 4,12 mm. Dėl susidarancio krašto efekto toks zonos plotis gali turėti įtakos sūkurinių srovių metodo su absoliučiais keitikliais naudojimui – būtina atlikti krašto efekto analizę.

Zona F (6 pav.). Šioje zonoje dėl ratlankio sąveikos su padanga susidaro nuovargio įtrūkimų galimybė. Čia galima pritaikyti sūkurinių srovių metodą naudojant absoliutinius keitiklius. Dėl zonos geometrijos būtina atlikti apvalios geometrijos įtaką patikrai.

Zona G (6 pav.). Šioje zonoje geometrija yra apvali, tačiau spindulys yra didelis, taigi, galima pritaikyti ET metodą naudojant absoliutinius keitiklius.

Zona H (7 pav.). Šioje zonoje yra galimas ET metodas naudojant absoliutinius keitiklius. Tačiau zonos geometrija yra labai kreivą, todėl reikia atlikti šios geometrijos įtaką patikrai (Stanionis, 2022).

Zona I (8 pav.). Šioje zonoje geometrija yra apvali, tačiau apvalumo spindulys didelis, taigi, galima pritaikyti ET metodą naudojant absoliutinius keitiklius.

Zona J (8 pav.). Šioje zonoje geometrija yra apvali, tačiau apvalumo spindulys didelis, taigi, galima pritaikyti ET metodą naudojant absoliutinius keitiklius (Stanionis, 2022).

Ratlankio pavojingų zonų rekomenduojamieji patikros metodai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

Rekomenduojamieji NDT metodai ratlankio pavojingų zonų patikrai

NDT metodas	Pavojingos zonos
Sūkurinių srovių metodas naudojant aukšto dažnio absoliutinį keitiklį	A, B, G, I, J
Aukšto dažnio ET absoliutinis keitiklis, apvali geometrija	C, F, H
Aukšto dažnio ET absoliutinis keitiklis, krašto efektas	E
Aukšto dažnio ET besisukantis diferencialinis keitiklis	D
Ultragarsinis aido metodas naudojant kampinį keitiklį	A, B, D
Dažančių skverbiklių metodas	A, B, C, E, F, G, H, I, J

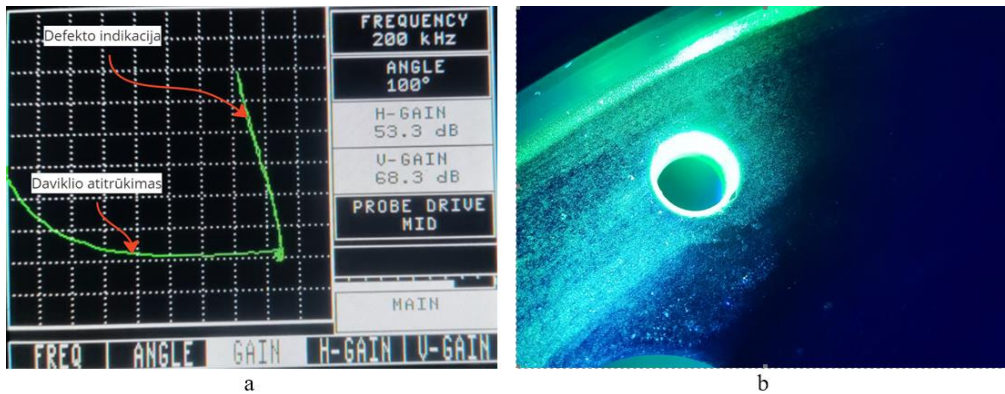
Šaltinis: Stanionis, 2022

Praktinė orlaivio ratlankio pavojingų zonų patikra parinktais NDT metodais

Atliekant praktinę pavojingų zonų patikrą sūkurinių srovių ir ultragarso metodai pasiteisino ir yra tinkami pavojingų ratlankio zonų tikrinimui. Tačiau šie metodai yra sudėtingi ir reikalauja specialios bei brangios įrangos. Dažančių skverbiklių metodas yra paprastesnis ir pigesnis, tačiau, kaip parodė tyrimas, patikimumu gali neprilygti aukščiau minėtiems metodams.

Kaip bandymo objektas buvo paimtas orlaivio ATR 42 vidinės ratlankio dalies segmentas, kuriame orlaivių techninio aptarnavimo įmonėje sūkurinių srovių metodu patvirtintas įtrūkimas pavojingoje zonoje A. Tyrimas buvo atliekamas naudojant 4 jautrumo lygio skverbiklį ir metodą C, kai skverbiklis pašalinamas tirpiklio pagalba (Stalevičius, 2012). Tyrimo metu buvo gauti rezultatai (9 pav., b) kur galima matyti, jog dažančių skverbiklių metodas nesugebėjo aptikti labai gilaus įtrūkimo esančio ratlankio zonoje A. Šiems rezultatams paaiškinti galima rasti keletą priežasčių. Eksploatuojant ratą, dėl orlaivio padangoje esančios anglies, susidaro daug anglies dulkių, kurios yra labai smulkios. Taigi, ratlankis yra užterštas smulkiomis dulkėmis, kurios gali „užkimšti“ įtrūkimą ir neleisti į jį patekti skverbikliui. Kita nepavykusios inspekcijos skverbiklių metodu priežastis gali būti ta, jog įtrūkimas yra labai suspaustas ir jo plotis yra artimas nuliui. Nors buvo naudojamas pats jautriausias skverbiklis, jo savybių neužteko patekti į įtrūkimą. Matyt dėl šių priežasčių įtrūkimas dažančių skverbiklių metodu zonoje A buvo neaptiktas.

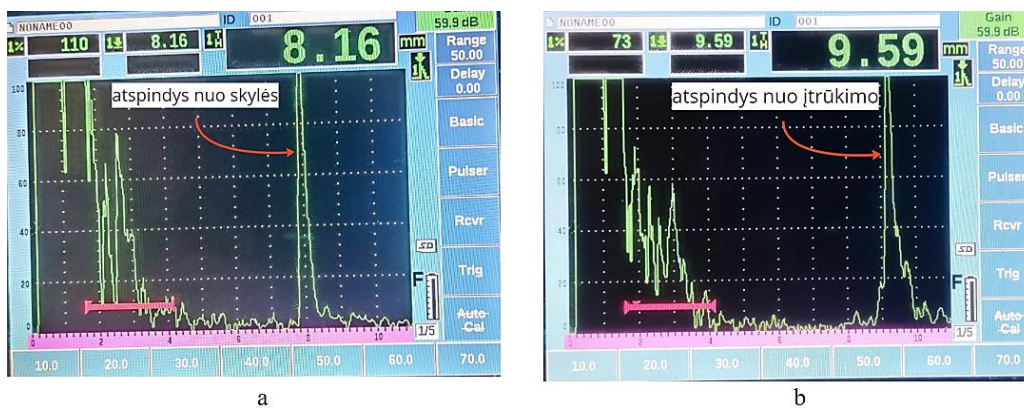
Ta pati zona buvo tikrinta sūkurinių srovių metodu, naudojant sūkurinių srovių defektoskopą Olympus Nortec 2000D ir aukšto dažnio absoliutinį keitiklį. Tikrinant šiuo metodu buvo matoma aiški defekto indikacija (9 pav., a).



9 pav. Patikrų rezultatai gauti sukurinių srovių ir skverbiklių metodais:
a) sukurinis metodas; b) skverbiklių metodas

Šaltinis: sudaryta autorių

Pavojinga zona A buvo tikrinama ir ultragarso metodu, naudojant ultragarsinį defektoskopą Olympus EPOCH 650 ir kampinį (60°) 5MHz keitiklį. Patikros rezultatai pateikti 10 pav.



10 pav. Patikros rezultatai gauti ultragarso metodu

Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus ultragarsinį tyrimą buvo gauta labai aiški indikacija nuo įtrūkimo. Tai leidžia teigti, kad ultragarso metodas taip pat yra pajėgus aptikti tokio tipo defektą.

Pagal gautus pavojingos zonos A patikros rezultatus galima teigti, jog skverbiklių metodas yra mažiau patikimas, nei sukurinių srovių ar ultragarso metodai.

Išvados

1. Naudojantis „Solidworks Solutions“ programa atlikta orlaivio ratlankio atsparumo bei nuovargio analizė ir nustatytos zonos, kuriose yra didžiausia įtrūkimų tikimybė. Pagal gautus duomenis buvo išskirtos 10 zonų, kurių būklę reikia sekti norint išvengti avarijų, kurias gali sukelti susiformavę įtrūkimai.
2. Atliekant kompiuterinį modeliavimą patikrintas 3 NDT metodų tinkamumas orlaivio ratlankio patikrai. Nustatyta, kurie parinkti NDT metodai tinka įvairių pavojingų ratlankio zonų patikrai.
3. Atliekant praktinę patikrą parinktais NDT metodais buvo nustatyta, kad dažančių skverbiklių metodas yra mažiau patikimas, nei sukurinių srovių ir ultragarso metodai.

Literatūra

1. Buckley J. M. An introduction to Eddy Current Testing theory and technology. 2015
2. García-Martín J., Gómez-Gil J., Vázquez-Sánchez E. Non-Destructive Techniques Based on Eddy Current Testing. 2011. [žiūrėta 2023-11-21] Prieiga internete: <<https://www.mdpi.com/1424-8220/11/3/2525>>
3. Hijazi A. Introduction to Non-Destructive Testing Techniques. 2021 [žiūrėta 2023-11-25] Prieiga internete: <<https://sites.google.com/view/alahijazi/classes/non-destructive-testing-ndt>>
4. Stalevičius R. Orlaivių neardomųjų bandymų metodai: mokomoji knyga. Vilnius. Technika, 2012.
5. Stanionis J. Hibridinės neardomosios kontrolės sistemos, skirtos orlaivio ratlankiams tikrinti, sukūrimas. Magistro baigiamasis projektas. Kauno technologijos universitetas, 2022.
6. Ultrasonic testing (UT) handbook. 2021. [žiūrėta 2023-11-25] Prieiga internete: <<https://ndtinspect.com/ultrasonic-testing-ut-handbook/>>

SELECTION OF NON-DESTRUCTIVE INSPECTION METHODS FOR AIRCRAFT RIM

Summary

Employing SolidWorks Simulation and finite element analysis, critical areas prone to cracking within the aircraft rim were pinpointed. Each identified zone underwent an assessment to determine the most suitable non-destructive testing (NDT) methods.

Validation of these chosen methods involved CIVA analysis and practical experimentation involving real-world cracked aircraft rims. Subsequent inspections of the cracked locations were conducted using Eddy Current Testing (ET), Ultrasonic Testing (UT), and Penetrant Testing (PT) methods.

The analysis revealed that both ET and UT methods exhibited superior reliability in detecting fatigue cracks compared to PT inspection, which displayed limitations in detecting certain defects. Despite the higher complexity and cost associated with ET and UT, their ability to effectively identify these critical defects justifies their application.

Key words: non-destructive testing, dangerous areas of the aircraft rim, eddy current testing, ultrasonic testing, dye penetrant testing.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Julius Stanionis.

Mokslo laipsnis ir vardas: Aeronautikos inžinerijos magistras.

Darbo vieta ir pozicija: DAT LT, Neardomosios kontrolės inspektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 62278425, stanionisjul.js@gmail.com

Autoriaus vardas, pavardė: Valdas Speičys.

Mokslo laipsnis ir vardas: mechanikos inžinerijos magistras, lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos komiteto lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 65325543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Julius Stanionis.

Science degree and name: Master of aeronautical engineering.

Workplace and position: DAT LT, NDT inspector.

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

Telephone and e-mail address: +370 62278425 stanionisjul.js@gmail.com

Author name, surname: Valdas Speičys.

Science degree and name: master of mechanical engineering, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Aircraft Maintenance Engineering study programme, lecturer.

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

Telephone and e-mail address: +370 65325543, valdas.speicys@edu.ktk.lt

SAULĖS JĖGAINĖS ENERGETINIO EFEKTYVUMO IR IŠORINIŲ VEIKSNIŲ SĄSAJOS VERTINIMAS

Darius Juodvalkis

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Elektros energija gali būti gaminama įvairiais būdais, bet visame pasaulyje siekiama, kad ji būtų išgaunama kuo ekologiškiau. Būtent saulės jėgainėse gaminama elektros energija yra visiškai „žalia“, t.y. išgaunama nesukeliant jokio neigiamo poveikio aplinkai. Saulės jėgainės gali būti įrengiamos ir privačiuose namų ūkiuose ant jau esančių pastatų stogų. Saulės jėgainėje pagaminamas elektros energijos kiekis priklauso nuo daug faktorių, o jos energetinis efektyvumas didžiąja dalimi priklauso nuo fotovoltinių saulės modulių padėties saulės atžvilgiu. Šiame darbe analizuojamos ir lyginamos dvi saulės jėgainės, kurios įrengtos toje pačioje vietoje, bet skiriasi modulių padėties. Atlikus duomenų analizę, nustatyta, kad saulės jėgainė, kurios fotovoltiniai moduliai įrengti didesniu pasvirimo kampū, veikia efektyviau ir pagamina daugiau elektros energijos. Tiriamuoju laikotarpiu ši jėgainė veikė nuo 2 iki 12 % efektyviau skirtingais mėnesiais, o visame penkių mėnesių laikotarpyje šios jėgainės energetinis efektyvumas buvo geresnis beveik 5 %.

Reikšminiai žodžiai: saulės energetika, saulės jėgainė, fotovoltinis modulis.

Įvadas

Elektros energija viena iš pagrindinių kasdieniniame gyvenime naudojamų energijos rūšių. Prietaisai ar įrenginiai, kurie naudoja elektros energiją, dažniausiai nekenkia gamtai, nes neišmeta teršalų. Pavyzdžiui, važiuojant elektra varomu automobiliu neišmetama jokių kenksmingų teršalų, o automobiliai varomi vidaus degimo varikliais išmeta įvairių teršalų, iš kurių CO₂ yra viena aktualiausių problemų. Tačiau, šiuo atveju yra labai svarbu kaip elektros energija gaminama. Praeito amžiaus viduryje didžioji elektros energijos dalis buvo gaminama deginant įvairių tipų kurą (dujos, anglis). Vėliau elektros energijos gamyba intensyvinata atominėse jėgainėse. Šiai dienai, dėl įvairių priežasčių, atominių jėgainių jau atsisakoma ir vis daugiau elektros energijos gaminama iš atsinaujinančių ir ekologiškai nepavojingų energijos šaltinių. Vieni iš populiariausių atsinaujinančių ir ekologiškų šaltinių yra vėjo ir saulės energija. 2022 metų duomenimis Europos Sąjungos šalyse apie 40 % elektros energijos pagaminta iš atsinaujinančių energijos šaltinių, o apie pusę šio kiekio (20 % nuo viso kiekio) pagaminta saulės jėgainėse, kurios saulės spindulių energiją paverčia į taip reikalingą elektros energiją (Eurostat, 2022). Saulės elektrinių energetika yra viena iš perspektyviausių sričių ir jos diegimui bei plėtimui skiriamas didelis dėmesys visame pasaulyje, tame tarpe ir Europoje. Saulės elektrinėse pagaminta elektros energija, net ir įvertinus visas jėgainėi reikalingas investicijas, yra nebrangi, kas svarbiausia yra visiškai nekenksminga aplinkai. Lietuvoje šiuo būdu elektros energija gaminama saulės elektrinių parkuose arba ant pastatų stogų sumontuotose saulės jėgainėse. Dėl palankių naudojimosi elektros tinklais ir finansavimo sąlygų, pastaruoju metu Lietuvoje ypač populiariu montuoti saulės jėgaines ant privačiuose namų ūkiuose esančių pastatų stogų. Šiuo atveju, įrengus saulės jėgainę privačiame ūkyje, dar gaunama finansinė parama, kuri siekia 323 Eur už 1 kW instaliuotą saulės jėgainės galią (APVA, 2022). Be anksčiau minėtų privalumų, saulės energetika turi ir nemažai problemų, kurių viena didžiausių yra elektros tinklo balansavimas, nes šios jėgainės elektros energiją gamina tik tada kai šviečia saulė, t.y. dienos metu visos jėgainės gamina daug elektros energijos, o nakties metu negamina visiškai. Elektros energijos gamybai taip pat didelę įtaką turi metų laikas – pagrindinį energijos kiekį jėgainės generuoja pavasarį ir vasarą, o žiemos metu gamyba labai nežymi. Saulės jėgainę įrengiant ant namų stogų jos efektyvumui didelę įtaką turi namo stogo padėtis. Geriausia kryptis yra 180° į pietus ir namo stogo nuolydžio kampas 35° ir tada saulės jėgainės efektyvumas bus 100 % Lietuvos sąlygomis. Visi šie parametrai, montuojant elektrinę ant pastato stogo, priklauso nuo jau esančio pastato padėties ir konstrukcijos. Šiame tyrime lyginamas ant skirtingų, bet gretimai esančių pastatų stogų įrengtas saulės jėgaines ir jų efektyvumus prie skirtingų pasvirimo kampų.

Tyrimo tikslas - atlikti fotovoltinių saulės jėgainių charakteristikas lemiančių techninių sprendimų analizę ir įvertinti įrengtų jėgainių energetinį efektyvumą.

Tyrimo uždaviniai:

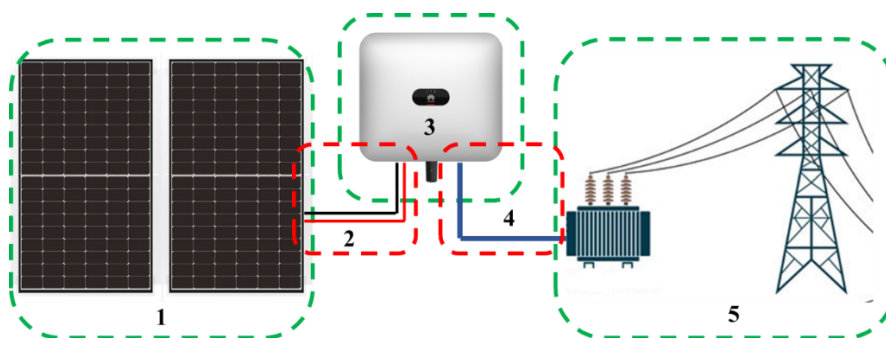
1. Atlikti fotovoltinių saulės jėgainių efektyvumą lemiančių veiksnių analizę.
2. Apžvelgti ir išanalizuoti dviejų saulės jėgainių techninius sprendimus, kurie lemia jų efektyvumą.
3. Palyginti skirtingų saulės jėgainių generuojamą elektros energijos kiekį ir įvertinti jų energetinio efektyvumo ir išorinių veiksnių sąsajas.

Metodai:

- Analizės metodu atliktas techninių sprendimų tyrimas.
- Palyginamosios analizės metodu vertinta saulės jėgainių energetinio efektyvumo ir išorinių veiksnių sąsaja.

1. Saulės jėgainių ir jų efektyvumą lemiančių veiksnių analizė

Saulės jėgainės paskirtis yra gaminti elektros energiją iš saulės skleidžiamų spindulių. Fotovoltinę saulės jėgainę sudaro keletas pagrindinių komponentų (1 pav.).



1 pav. Fotovoltinė saulės jėgainė: 1 – fotovoltiniai saulės moduliai; 2 – DC laidai; 3 – inverteris; 4 – AC laidai; 5 – elektros tinklas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Fotovoltiniai saulės moduliai (1 pav. 1) gamina elektros energiją iš saulės spindulių. Šie elementai gamina nuolatinės srovės elektros energiją. Vieno modulio įtampa gali būti nuo 30 iki 60 V. Paprastai jėgainėse naudojama keletas modulių, priklausomai nuo pageidaujamo jėgainės galingumo. Moduliai jungiami nuosekliuoju jungimu. Jei modulių naudojama daug, juos galima jungti į kelias kilpas, neviršijant inverterio maksimalios leistino įtampos. Dažniausiai rekomenduojama maksimali vienos kilpos įtampa iki 800 V.

Laidai (1 pav. 2 ir 4) naudojami skirtingai. Laidai jungiantys modulius su inverteriu turi būti pritaikyti aukštai įtampai, o skersmuo parenkamas pagal projektinę sistemos DC srovę. AC laidai taip pat parenkami pagal projektinę jėgainės galią.

Inverteris (1 pav. 3) keičia iš nuolatinės srovės į kintamą, ją atiduodą į tinklą (1 pav. 5) ir valdo visos jėgainės darbą. Saulės jėgainės parametrų stebėjimas atliekamas specialiose programose, kurios įdiegiamos išmaniuosiuose įrenginiuose. Inverteris su serveriu ir išmaniuoju įrenginiu palaiko ryšį Wifi tinklu. Priklausomai nuo inverterio gaminto ir modelio, naudojama jam skirta programinė įranga, kuri instaliuojama išmaniajame įrenginyje. Pvz. Huawei saulės jėgainių inverterių parametrų stebėjimui naudojama gamintojo sukurta programa FusionSolar.

Fotovoltinėse jėgainėse pagaminamas elektros energijos kiekis priklauso nuo jų sudarančių komponentų projektinio galingumo ir nuo faktorių, kurie lemia elektrinės efektyvumą. Faktoriai lemiantys įrengtos elektrinės efektyvumą priklauso nuo parinktų komponentų savybių ir didžiausią reikšmę turintis faktorius yra inverterio efektyvumas. Daugelis šiuolaikinių inverterių pasiekia aukštą efektyvumą. Gamintojų deklaruojamas inverterių efektyvumas yra 95-98 %. Nepriklausomai nuo gamintojo, inverterių efektyvumas beveik nesiskiria, nes visi naudoja tas pačias technologijas. Inverterio efektyvumą taip pat lemia saulės modulių tiekiamą įtampa. Pavyzdžiui Huawei deklaruoja, kad esant DC įtampai 600 V inverterio efektyvumas yra 98,5 %, o įtampai esant 470 V arba 850 V efektyvumas siekia 98 % (Huawei, 2020). Inverterio efektyvumas taip pat priklauso nuo apkrovos. Paprastai esant apkrovai iki 40 % inverterio efektyvumas mažesnis, o apkrovai esant virš 40 % jau pasiekiamas didžiausias efektyvumas. Todėl rekomenduojama, kad saulės modulių suminė galia būtų apie 20 % didesnė nei inverterio, nes didžiąją laiko dalį saulės moduliai dirba nesiekdami maksimalaus galingumo.

Kiti faktoriai, nuo kurių priklauso pagaminamas elektros energijos kiekis yra išoriniai veiksniai ir jie priklauso nuo gamtinių sąlygų, t.y. dienos ilgio ir saulės intensyvumo. Saulėtų dienų kiekis skiriasi netgi Lietuvos teritorijoje. Daugiausia saulės yra Šilutėje (1857 val./metuose 2020 metais), o mažiausiai saulės yra Biržuose (1670 val./metuose 2020 metais) (Šildymo sprendimai, 2020). Saulėtų dienų skaičius skiriasi kiekvienais metais ir to prognozuoti neįmanoma.

Trečioji grupė faktorių jau priklauso nuo elektrinės fotovoltinių modulių montavimo padėties, nes nuo to priklauso apšviestumas ir tai yra taip pat išorinis veiksnys. Moderniausios sistemos turi valdomus saulės sekimo mechanizmus, kurie modulius nukreipia geriausiu kampu į saulę. Tokios sistemos ir jų aptarnavimas yra brangūs ir todėl naudojamos retai, nes ekonomiškai nėra efektyvios. Vertinant per metus pagaminamą elektros energijos kiekį, nustatyta, kad Lietuvoje optimalus saulės modulių pastatymo kampas yra į pietus ir 35^o pasvirimas, nes liepos mėn. kada yra ilgiausios dienos saulė pakyla apie 60^o kampu virš horizonto. Saulės elektrinės efektyvumą taip pat lemia šešėliai, krentantys ant saulės modulių. Šešėliai gali būti nuo kaminų, antenų, medžių ar kitų pastatų. Įrengiant saulės elektrinę ant pastato stogo modulių padėtis paprastai ir

gaunama pagal stogo padėtį. Kai stogo padėtis ir kampas yra labai nedėkingi, galima naudoti specialias tvirtinimo sistemas, kurios leidžia modulius paversti tam tikru kampu stogo atžvilgiu, bet dažniausiai moduliai montuojami pagal pastato stogo padėtį. Siekiant išvengti šešėlių sukeliama blogo efekto naudojami modulių optimizatoriai, kurie šešėlių pridengtą modulį atjungia iš sistemos. Montuojant saulės elektrines geriausiai išvengti šešėlių, o nedėkingą stogo padėtį kompensuoti įrengiant daugiau fotovoltinių modulių.

Fotovoltinių saulės modulių efektyvumą taip pat lemia jų temperatūra. Šylant fotovoltiniam elementui jo efektyvumas mažėja (Futura Sun, 2023). Paprastai fotovoltiniai moduliai turi 0,29-0,50 proc./°C temperatūros koeficientą. Tai reiškia, kad modulio temperatūrai padidėjus 10°C, jo galia sumažėja 2,9-5,0 proc. Modulių temperatūra priklauso nuo daugelio veiksnių, tokių kaip: aplinkos oro temperatūra, saulės intensyvumas, vėjo greitis, ventiliavimo efektyvumas. Daugelio šių veiksnių pakeisti nėra galimybės, tik ventiliavimo efektyvumas priklauso nuo tarpo palikto tarp modulių ir stogo dangos dydžio, kurį rekomenduojama daryti apie 10-15 cm. Realiomis sąlygomis, karštą vasaros dieną, modulių temperatūra gali siekti 60-70 °C.

2. Tiriamų saulės jėgainių savybių apžvalga ir analizė

Tiriamos dvi, skirtingų charakteristikų, bet viena šalia kitos įrengtos saulės jėgainės. Saulės jėgainės įrengtos ant privačiame sklype esančių pastatų stogų. Tiriamųjų saulės jėgainių pagrindinės charakteristikos pateiktos lentelėje Nr.1.

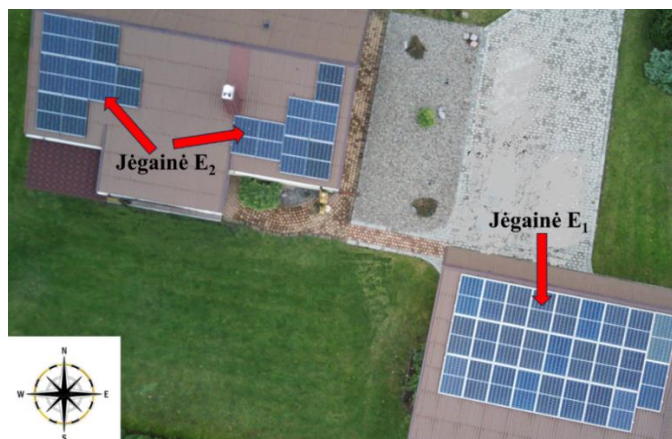
1 lentelė

Tiriamų saulės jėgainių charakteristikos

Parametras	Jėgainė E ₁	Jėgainė E ₂
<i>Inverteris</i>		
Nominali išėjimo galia, W	8000	6000
Rekomenduojama didžiausia įėjimo galia, W	14880	9000
Didžiausias efektyvumas, proc.	98,6	98,3
Didžiausias efektyvumas (EU), proc.	97,7	97,9
<i>Fotovoltiniai moduliai</i>		
Modulis 1. Kiekis * galingumas, vnt.*W	24*365	16*425
Modulis 2. Kiekis * galingumas, vnt.*W	2*450	
Suminė instaliuotų modulių galia, (P_{inst}) W	9660	6800
Temperatūros koeficientas P_{max} , proc./°C	-0,35	-0,3
Modulio veikimo nominali temperatūra, °C	42	45
Instaliuoto galingumo ir inverterio nominalios galios santykis	1,2	1,13

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Pirmoji saulės jėgainė (E₁) jau eksploatuojama nuo 2021 metų pavasario, o antroji jėgainė (E₂) pradėta eksploatuoti 2023 metų balandžio viduryje. Jėgainės įrengtos ant gretimai esančių pastatų stogų. Abu pastatai ir jų stogai orientuoti 210° pietų kryptimi (2 pav.).



2 pav. Tiriamos saulės jėgainės ir jų kryptis

Šaltinis: sudaryta autoriaus

E₁ jėgainėje fotovoltiniai moduliai į dvi grandines. Veikiant šiai jėgainei, atskirose grandinėse įtampa būna nuo 400 iki 450 V, priklausomai nuo apšviestumo ir kitų faktorių. Jėgainėje E₂ fotovoltiniai moduliai sujungti taip pat į dvi grandines. Pastato kairėje pusėje esantys moduliai sudaro pirmąją grandinę, o kairės pusės moduliai sudaro antrąją grandinę. Šiose grandinėse įtampa būna 230-280 V. Tai nėra optimali įtampa

inverterio efektyvumo požiūriu, bet jungti modulius į dvi atskiras grandines sprendimas priimtas dėl anksti ryte ir vakare krentančio šešėlio nuo kamino. Šiuo atveju krentantis šešėlis ant vienos ar kitos grandinės modulių turi žymiai mažesnę įtaką, nei fotovoltiniai moduliai būtų sujungti vienoje grandinėje. Siekiant išvengti šešėlių neigiamo poveikio, yra techniniai sprendimai – į šešėlį patenkančius modulius jungti naudojant optimizatorius. Optimizatorius šešėlyje esantį modulį eliminuoja iš grandinės ir taip saulės jėgainė veikia efektyviau. Šiuo atveju, kadangi šešėlių įtaka pasireiškia neilgai, priimtas techninis sprendimas nenaudoti optimizatorių.

Esminis tiriamųjų saulės jėgainių skirtumas, kuris tikėtina gali lemti jų efektyvumą ir pagamintos elektros energijos kiekį, yra pastatų stogų, ant kurių įrengtos jėgainės, nuolydžio kampai. Pastato, ant kurio įrengta jėgainė E_1 , stogo nuolydis yra 12° , o pastato, ant kurio įrengta jėgainė E_2 , stogo nuolydžio kampas yra 25° . Abu atvejai nėra optimalūs duotuoju atveju, bet jie nulemti jau esančių pastatų stogų savybėmis. Dėl geresnio stogo ant kurio įrengta E_2 saulės jėgainė nuolydžio kampo, ši jėgainė veikia efektyviau. E_2 jėgainėje panaudoti geresnių savybių fotovoltiniai moduliai, kurių temperatūros koeficientas yra mažesnis (1 lentelė). Dėl šių skirtumų (fotovoltinių modulių padėtis ir temperatūros koeficientas) tikėtinas jėgainių energetinio efektyvumo skirtumas yra apie 5 %.

3. Saulės jėgainių efektyvumo realiomis sąlygomis palyginamoji analizė

Saulės jėgainių energetinis efektyvumas ir tuo pačiu pagaminamas elektros energijos kiekis gali priklausyti nuo daugelio faktorių, kurių svarbiausias ir didžiausią reikšmę turintis yra saulės apšviestumas. Saulės šviesos intensyvumas gali skirtis netgi ir labai arti viena nuo kitos esančiose vietose. Tiriamuoju atveju atstumas tarp saulės jėgainių yra apie 10m, tad skirtingo apšviestumo įtakos nėra. Vertinant saulės jėgainės energetinį efektyvumą, vienas informatyviausių rodiklių yra elektros energijos kiekis, kurį pagamina tam tikra saulės jėgainės dalis, o ne visa jėgainė. Tuo tikslu apskaičiuojamas lyginamasis pagamintos elektros energijos kiekis (Q_l) pagal šią priklausomybę:

$$Q_l = \frac{Q_{sum(t)}}{P_{inst}}; \quad (1)$$

čia: $Q_{sum(t)}$ – jėgainės pagamintas elektros energijos kiekis per tam tikrą laikotarpį (kWh); P_{inst} - suminė jėgainėje instaliuotų modulių galia (kW).

Vertinant saulės jėgainių energetinį efektyvumą geriausiai tai daryti naudojant vienu ar daugiau metų laikotarpio duomenis. Tiriamuoju atveju viena iš jėgainių įrengta neseniai, todėl šių jėgainių energetinis efektyvumas vertinamas tik birželio – spalio mėnesiais. Kadangi šiais mėnesiais saulės jėgainės pagamina didžiausią energijos kiekį, tikėtina, kad ir visų metų rezultatai būtų panašaus pobūdžio. Lentelėje Nr. 2 pateikti tiriamųjų saulės jėgainių užfiksuoti ir apskaičiuoti parametrai.

2 lentelė

Tiriamų saulės jėgainių rezultatai

	Jėgainė E_1		Jėgainė E_2			
	Pagamintas el. kiekis (Q_{sum}) kWh	Lyginamasis el. kiekis (Q_l) kWh	Pagamintas el. kiekis (Q_{sum}) kWh	Lyginamasis el. kiekis (Q_l) kWh	Lyginamojo el. kiekio skirtumas kWh	Lyginamojo el. kiekio skirtumas %
Birželis	1501	155,28	1080	158,82	+3,54	+2,23
Liepa	1342	138,72	995	146,32	+7,60	+5,19
Rugpjūtis	1109	114,80	859	126,34	+11,54	+9,13
Rugsėjis	1090	112,84	855	125,74	+12,89	+10,25
Spalis	446	46,20	357	52,53	+6,33	+12,04
Visas laikotarpis	1946	201,48	1437	211,36	+9,87	+4,67

Analizuojant 2 lentelėje pateiktus duomenis, kurie fiksuoti jėgainių inverteriuose ir apskaičiuotus rezultatus, pastebima, kad visais mėnesiais jėgainė E_2 veikė efektyviau nei jėgainė E_1 . Mažiausias efektyvumo skirtumas tarp tiriamųjų jėgainių nustatytas birželio mėn. kai dienos metu saulė pakyla aukščiausiai virš horizonto ir šiuo atveju jėgainės E_2 efektyvumas gautas didesnis tik 2,23 % Kai saulė pakyla virš horizonto vis mažesniu kampu skirtumai didėja ir didžiausias rezultatų skirtumas yra spalio mėn., kai jėgainės E_2 efektyvumas yra didesnis netgi 12 % Vertinant viso tiriamojo laikotarpio rezultatus efektyvumo skirtumas yra 4,67 % ir taip yra todėl, kad birželio mėn. saulės jėgainės pagamina didžiausią elektros energijos kiekį. Spalio mėn. kai jėgainės E_2 efektyvumas yra didesnis netgi 12 % už jėgainės E_1 efektyvumą, abi tiriamosios jėgainės pagamino tik apie 30 % birželio mėn. pagaminto elektros energijos kiekio. Norint tiksliau įvertinti saulės fotovoltinių modulių padėties įtaką jėgainės efektyvumui, geriausiai būtų analizuoti vienu metų rezultatus, bet

ir tokiu atveju gaunami rezultatai gali šiek tiek skirtis skirtingais metais, nes kiekvienais metais saulėtų dienų skaičius metuose nėra vienodas.

Išvados

1. Atlikus fotovoltinių saulės jėgainių energetinį efektyvumą lemiančių veiksnių analizę, pastebėta, kad yra daug veiksnių, kurie turi reikšmę saulės jėgainės energetiniam efektyvumui ir joje pagaminamam elektros energijos kiekiui, o fotovoltinių modulių padėtis yra vienas iš svarbiausių.

2. Tiriamosios saulės jėgainės įrengtos toje pačioje vietoje, tad vienas iš esminių skirtumų tarp jų yra saulės fotovoltinių modulių padėtis saulės atžvilgiu. Jėgainės E_2 fotovoltinių modulių padėtis yra geresnė, nes jie įrengti ant pastato stogo su 25° nuolydžiu.

3. Nustatyta, kad tiriamos saulės jėgainės E_2 energetinis efektyvumas visame tyrimo laikotarpyje yra geresnis apie 5 %, o didžiausias skirtumas tarp jėgainės E_1 ir E_2 efektyvumų gautas spalio mėn. Spalio mėn. jėgainės E_2 efektyvumas yra geresnis 12 %.

Literatūra

1. APVA Elektros energijos iš atsinaujinančių išteklių gamybos įrenginių įrengimas namų ūkiuose 2022-06 Nr. VP-EM-DNRE2. 2022 interaktyvus [žiūrėta 2023.10.05] https://apvis.apva.lt/paskelbti_kvietimai/elektros-energijos-is-atsinaujinanciu-istekliu-gamybos-irenginiu-irengimas-namu-ukiuose-2022-06
2. Eurostat Renewable energy on the rise: 37% of EU's electricity. 2022 interaktyvus [žiūrėta 2023.10.28] <https://ec.europa.eu/eurostat/web/products-eurostat-news/-/ddn-20220126-1>
3. Futura Sun What's the temperature coefficient of a photovoltaic panel. 2023 interaktyvus [žiūrėta 2023.10.29] <https://www.futurasun.com/en/temperature-coefficient>
4. Huawei Smart Energy Controller. 2022 interaktyvus [žiūrėta 2023.11.08] <https://solar.huawei.com/en/professionals/all-products/SUN2000-3-4-5-6KTL-L1>
5. Šildymo sprendimai Saulėtų valandų skaičius Lietuvoje. 2020 interaktyvus [žiūrėta 2023.11.12] <http://www.saulės-baterija.lt/saulės-baterijos/sauletos-dienos-lietuvoje>

THE EVALUATION OF DEPENDENCE BETWEEN SOLAR POWER PLANT ENERGY EFFICIENCY AND EXTERNAL FACTORS

Summary

Electricity can be generated in many different ways, but the world is striving to produce it as environmentally friendly as possible. In particular, the electricity produced by solar power plants is completely "green", i.e. it is produced without any negative impact on the environment. Solar power plants can also be installed on the roofs of existing buildings in private households. The amount of electricity generated by a solar power plant depends on many factors, and its energy efficiency depends largely on the position of the photovoltaic solar modules relative to the sun. In this work, two solar plants are analysed and compared, which are located on the same site but have different module positions. The analysis of the data shows that the solar plant with the higher tilt angle of the PV modules is more efficient and produces more electricity. During the period under investigation, this plant was between 2 and 12 % more efficient in different months, and over the whole five-month period, the energy efficiency of this plant improved by almost 5 %.

Key words: solar energy, solar power plant, photovoltaic module.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Juodvalkis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Juodvalkis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, associated professor.

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

Telephone and e-mail address: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

DEVELOPMENT OF A VEHICLE MODEL FOR DRIVERLESS SYSTEM SIMULATIONS

Tomas Liutkus

Kauno technikos kolegija

Summary

For a driverless system to produce inputs and perform corrections, vehicle handling performance must be evaluated. Accelerating the development of such driverless vehicle systems comes in need of simulation tools, where a vehicle dynamics model is at the top of the list. The work focuses on the parameterization, mathematical evaluation of vehicle's motion and its validation to model a tool, which could be used by an autonomous driving system to simulate vehicle handling using simulation. Results shed light on the models' validity following the vehicle dynamics testing and simulation.

Key words: autonomous integration, vehicle dynamics, vehicle modelling, simulation.

Introduction

Autonomous vehicle development is a rapidly growing part of the automotive industry. According to the US Department of Transportation, 94% of all road accidents are caused by human error (NHTSA, 2018). Without the human factor, autonomous cars have the potential to avoid such accidents and save people from harm. To accelerate the development of the autonomous vehicles, simulation allows to produce more rapid development work, as it is possible to test more systems in short time. But to produce reasonable results it is required to have a very accurate vehicle model which can be simulated with an autonomous driver.

Oxford Brookes Racing Autonomous participates in the new era of Formula Student competition, where the FS-AI challenges universities to build their own autonomous driving systems, research and development of this not-very-far future practice in everyday transport. For the purpose of R&D, a kids' buggy was chosen as the vehicle that should be integrated with an autonomous driving system and was equipped with various sensors needed for the system to gather outside data. This vehicle is an electric kart, powered by 48V 1000W brushless DC motor supplying power to the rear wheels and can reach top speeds of 40 km/h.

The inputs of an autonomous driver are constantly corrected by the system itself, dependent on the reaction of the vehicle for the inputs given. The need for evaluation of the vehicle's performance comes hand in hand with autonomous integration, which prompted the need to develop a vehicle model for the OBRA. OBRA uses Gazebo as the platform for performing autonomous simulations and recently it became possible to link a well-known platform Simulink with Gazebo. Simulink is the primary option for vehicle modelling and systems engineering the choice was made to build the model in Simulink.

In vehicle engineering, the basis for vehicle modelling is the ability to test the adjustments or setup configuration of the car resulting in changes in control and handling without the need to take it to the test track. This relatively cheap, fast, and low risk, controlled environment provides engineers with loads of useful data. The data gathered from vehicle simulation is often limited to the complexity and accuracy of the vehicle model that is being ran. Gathering the data for the vehicle model is a great challenge because mistakes done in measuring will lead to inaccuracies and the inability to validate the system results, inaccurate simulation data.

When developing a vehicle model, it is important to define how complex the model is going to be, a key role plays in the number of degrees of freedom the vehicle operates in. For this project, the vehicle model was decided to have four rotating wheels, longitudinal, lateral and yaw movement, making it a 7DOF model. While a bicycle model (Milliken & Milliken, 1995) is a good approximation, expanding the model to have four tyres makes the project much more complex, with the aim to make it more accurate. Since the real-life vehicle does not have any suspension and it is a rigid chassis, the pitch or roll motions are not considered.

The basis for a representative and accurate vehicle model are precise and correct measurements of a real-life vehicle. The measurements for this project were made in collaboration with Oxford Brookes University Formula Student Autonomous racing team. The number of parameters measured is dependent on the complexity of the vehicle model.

General goal of the study: to investigate autonomous vehicle handling using the means of vehicle modelling in Simulink.

In order to achieve the goal of the study, following tasks were determined:

1. To define the parameters required for a seven degrees-of-freedom vehicle model;
2. To define mathematical representation of the vehicle motion, acting in the seven degrees-of-freedom;
3. To validate the developed vehicle model against experimental results or other means of mathematical evaluation techniques.

Vehicle parameterization

Precise measurements and correct parameters are the basis for a representative vehicle model. Failing to acquire such data could produce unwanted results or incorrect reactions by the vehicle model, which would render the model invalid and unusable.

The dimension of the wheelbase is found by measuring the distance from the front to the rear axle. The track width – measuring the center of the contact patch between the two wheels of the axle. Finding the wheel radius can be done by measuring the circumference of the wheel. The tyres have to be inflated at the operating range of pressure all across. The vehicle is then pushed along forward so the wheels would turn 10 times. Then the mean can be taken as this would be the most accurate way of finding the circumference.

The CG (Centre of gravity) and mass measurements are done by using simple corner weight scales. The longitudinal CG location and the distances from the front and rear axles to the CG can then be calculated.

According to Segers (2014), the way to properly measure the steering ratio is to find the ratio between the turning of the steering wheel and the angle of the outside wheel. This can be done using a simple angle finder, mounted on the steering wheel, and turning plates. The recorded data can later be plotted into MATLAB and using the fitting tool be transformed into a function. The latter is used to determine how much the steered wheels turn dependent on the steering input.

To calculate the yaw moment of inertia about the z axis - I_{zz} , an estimation was used proposed by Brixel et al. (1995) using the equation (1). Even though Brixel's K coefficient value is used from a passenger car estimation, a study of Sandroni et al. (2021) measured a yaw inertia of a go-kart, which proved to be 40kgm^2 , which would be very similar to the modelled vehicle.

$$I_{zz} = \frac{mtl}{K} \quad (1)$$

where: I_{zz} – yaw inertia of the vehicle [kgm^2]; m – mass [kg]; t – track length [m]; l – wheelbase [m]; K – Bixel's approximation constant [-].

For the wheel inertia, an approximation can be used. In Solidworks, using a CAD model of the real-life test kart supplied by OBRA, the shaft, and other rotating parts which join the wheel (brake rotor, etc.) were given the material parameters of carbon steel. Using the mass properties measuring tool, the rotational inertia of the rotating parts was determined to be 0.51kgm^2 . For the tyre and the wheel, a rotating inertia calculative approximation was used (2). Adding them both together, the wheel rotational inertia value was found.

$$I_{yy} = mr^2 \quad (2)$$

where: r – radius of the wheel [m].

To collect data for the drag force, the aerodynamic drag coefficient and frontal area of the vehicle had to be measured. Using the CAD model of the vehicle, a CFD simulation was performed to determine the frontal area and the aerodynamic drag coefficient C_D , which could later be used in equation (3) to find the aerodynamic drag force:

$$D_{Aero} = \frac{1}{2} \rho C_d A v^2 \quad (3)$$

where: ρ – air density [kg/m^3]; C_D – aerodynamic drag coefficient [-]; A – frontal area [m^2]; v – speed of the vehicle [m/s].

Milliken argued that an open-wheeler without wings would have a drag coefficient of around 0.6 (Milliken & Milliken, 1995), while Biancolini's study (Biancolini, 2007) determined a racing kart to be in between 0.8 and 0.9. A coast down method (SAE_J1263, 2010) could also be used to determine the polynomial fit coefficients for C_d , C_r and C_{r0} . A representative number of 0.0125 for the rolling resistance coefficient was used to determine the rolling resistance (4):

$$D_{Rolling} = F_z C_{rr} \quad (4)$$

where: F_z – vertical load [N]; C_{rr} – Rolling resistance coefficient [-].

Table 1

Parameter set		
Description	Unit	Value
Wheelbase	M	1.015
Front track	M	0.711
Rear track	M	0.696
Wheel radius	M	0.17
Front mass	Kg	40.9
Rear mass	Kg	81
Total mass	Kg	121.9
Wheel mass	Kg	2.43
Longitudinal CG position	% from the front	66.4
Front axle to CG	M	0.67

Description	Unit	Value
Rear axle to CG	M	0.34
Wheel inertia	kgm ²	0.58
Yaw inertia	kgm ²	40
Final drive ratio	-	5:1
Aerodynamic drag coefficient	-	0.937
Frontal area	m ²	0.394
Rolling resistance coefficient	-	0.0125

The defined parameter set can be seen in table 1. As mentioned before, some parameters are approximated, such as the yaw and rolling inertias, because of the lack of viable measuring methods or their availability.

Mathematical representation of the vehicle's motion

According to Balkwill (2018), all vehicles obey to the Newton's laws of motion, meaning every single equation of motion is based on Newtonian physics and seen as forces acting in different vectors.

The vehicle dynamics model operates the Newtonian physics equations of motion, calculating the longitudinal (5), lateral (6) and yaw (7) response of the vehicle. The force and moment equations were derived by Blake Siegler (2002) in his thesis and do feature lateral force in longitudinal force calculations and the other way around in lateral force calculations.

$$\begin{aligned} \sum F_x = m(\dot{u} - vr) = \cos\delta_F F_{XFL} + \cos\delta_F F_{XFR} - \sin\delta_F F_{YFL} - \sin\delta_F F_{YFR} + \\ + F_{XRL} + F_{XRR} - D_{aero} - D_{rolling} \end{aligned} \quad (5)$$

$$\sum F_y = m(\dot{v} + ur) = \cos\delta_F F_{YFL} + \cos\delta_F F_{YFR} + \sin\delta_F F_{YFL} + \sin\delta_F F_{YFR} + F_{YRL} + F_{YRR} \quad (6)$$

$$\sum M_z = I_{zz}\dot{r} = (F_{YFL} + F_{YFR})\cos\delta a - (F_{YR} + F_{YR})b \quad (7)$$

where: a – CG distance from front axle [m]; b – CG distance from rear axle [m]; r – yaw rate [rad/s]; u – vehicle velocity in X direction [m/s]; v – vehicle velocity in Y direction [m/s]; δ – steered angle [rad].

The lateral force F_y produced by the tyre is a product of the slip angle. The slip angle calculated for each tyre which is a function of the vehicle longitudinal, lateral, yaw velocities and the steering input. To determine the slip angles, mathematical expressions can be seen in equations (8), (9), (10) and (11) (Pacejka, 2002).

$$\alpha_{FL} = \arctan\left(-\frac{v+ar}{u+t_fr}\right) + \delta \quad (8)$$

$$\alpha_{FR} = \arctan\left(-\frac{v+ar}{u-t_fr}\right) + \delta \quad (9)$$

$$\alpha_{RL} = \arctan\left(-\frac{v-br}{u+t_r}\right) \quad (10)$$

$$\alpha_{RR} = \arctan\left(-\frac{v-br}{u-t_r}\right) \quad (11)$$

where: t – half the value of the track [m].

The longitudinal slip ratio is defined as the ratio of velocity of the given tyre to the velocity of the vehicle (Milliken & Milliken, 1995). The rotational velocity of the wheel is defined by integrating the sum of the propulsion, braking and tyre torques divided by the inertia of the wheel (Siegler, 2002). Since only the rear wheels of the vehicle are used for braking and propulsion, only the rear slip ratios are defined in the equations (12), (13). The rotational velocity of the rear wheels is then used to determine the engine RPM.

$$k_{RL} = \left(r_w \int \frac{T_{eng} - T_{brake} - T_{tyreRL}}{I_w} . dt\right) \left(\frac{1}{u}\right) - 1 \quad (12)$$

$$k_{RR} = \left(r_w \int \frac{T_{eng} - T_{brake} - T_{tyreRR}}{I_w} . dt\right) \left(\frac{1}{u}\right) - 1 \quad (13)$$

where: r_w – radius of the wheel [m]; T_{eng} – torque produced by the engine at the wheel [Nm]; T_{brake} – torque produced by the braking at the wheel [Nm]; T_{tyre} – torque produced by the tyre [Nm].

The tyre model used is a simple constant friction tyre model derived from CALSPAN's 2015 FSAE tyre test, scaled for a constant μ and static load on the tyres, meaning the lateral and longitudinal forces produced by the tyre are unaffected by the vertical load variation. The forces of the tyres are then modelled using the Pacejka96 longitudinal and lateral coefficients using Pacejka's Magic Formula (Pacejka, 2002) (14).

$$F_x = D_x \sin[C_x \arctan\{B_x k_x - E_x (B_x k_x - \arctan(B_x k_x))\}] + S_{vx} \quad (14)$$

where: B – stiffness factor in 'Magic Formula' [-]; C – shape factor in 'Magic Formula' [-]; D – peak factor in 'Magic Formula' [-]; E – curvature factor in 'Magic Formula' [-]; S_v – vertical shift in 'Magic Formula' [-];

With the lateral and longitudinal tyre forces found the total F_y , F_x and M_z acting on the vehicle can be determined. Using the yaw moment M_z , divided by its inertia (15), yaw acceleration is found, which is then integrated to determine the yaw rate and once again integrated to find the yaw angle.

$$\dot{r} = \frac{M_z}{I_{zz}} \quad (15)$$

The powertrain model calculates torque required to accelerate the vehicle forward. Here the motor torque map provided by OBRA is modelled as a lookup table of motor speed against torque delivered, with the gear ratio included. The model uses the rotational speed of the wheels to find the RPM, and the throttle input to determine torque produced by the electrical motor, the physics model then calculates the longitudinal tractive force using the tyre model, which is then looped back to the powertrain model.

The braking model is based on the maximum braking torque approximation. It is established the braking input needs to produce a negative torque to slow down the vehicle. Here, full braking occurs at the limit of adhesion, when the wheel locks, it has been assumed that it happens at 100% braking input. The way the braking sub-system was created is based on the maximum available μ . Using the relation between the vertical load and longitudinal force and coefficient of friction, the available μ values were derived and using the equation (16) the maximum braking torque can be calculated (Gillespie, 2021).

$$T_B = F_z \mu r_w \quad (16)$$

With the negative torque produced then it can be fed into the tyre model, where a slip ratio is defined, longitudinal force produced and deceleration by braking can be found.

The position model determines the vehicle's movement in x and y axis directions. During the simulation vehicle's longitudinal acceleration is used to calculate the linear displacement in respect to time. In addition, the lateral acceleration and yaw angle is used to calculate vehicle's lateral movement and position in the virtual environment.

Validation of the vehicle model

For the vehicle model to be validated, results from vehicle dynamics testing have to be evaluated and compared. Such tests include:

- Straight line acceleration test;
- Step steer maneuver.

Due to unforeseen reasons and because the real-life vehicle could not be operated safely at the time of this study, vehicle dynamics testing could not take place. The straight-line acceleration test and the step steer maneuver had to be validated against other means of mathematical evaluation techniques found in the literature.

To assess the worth of the vehicle model performance, a point mass spreadsheet model was created in MS Excel using the method described in 'Performance Vehicle Dynamics' (Balkwill, 2018).

This point mass spreadsheet model was designed to have a maximum μ value of 0.84, same as the Simulink model. The motor torque, final drive, drag forces and other required data mirrored the data in the Simulink model. The aim of the spreadsheet was to determine the acceleration values, the longitudinal force and the time taken to reach the top speed of 11.1 m/s.

The maximum estimated F_x of the vehicle was determined to be 663N, using the relation (17):

$$\widehat{F}_X = F_z \mu \quad (17)$$

Further, maximum tractive force at the wheels was determined to be 109.6N. Considering the rolling resistance and aerodynamic drag present, acceleration was determined, which peaked at 0.77 m/s². Total time to reach the top speed of 11.1 m/s proved to be 20.1 s. Even though the maximum available μ was 0.84, the spreadsheet determined that even at peak acceleration, the tyres were only 16.5% saturated.

In the Simulink model, a simulation of straight-line acceleration was run, with the throttle position 1 (100%), with no braking or steering input present. The acceleration performance between the Simulink model and the point mass model can be seen table 2 and the acceleration and velocity plots of the Simulink model can be seen in figure 1.

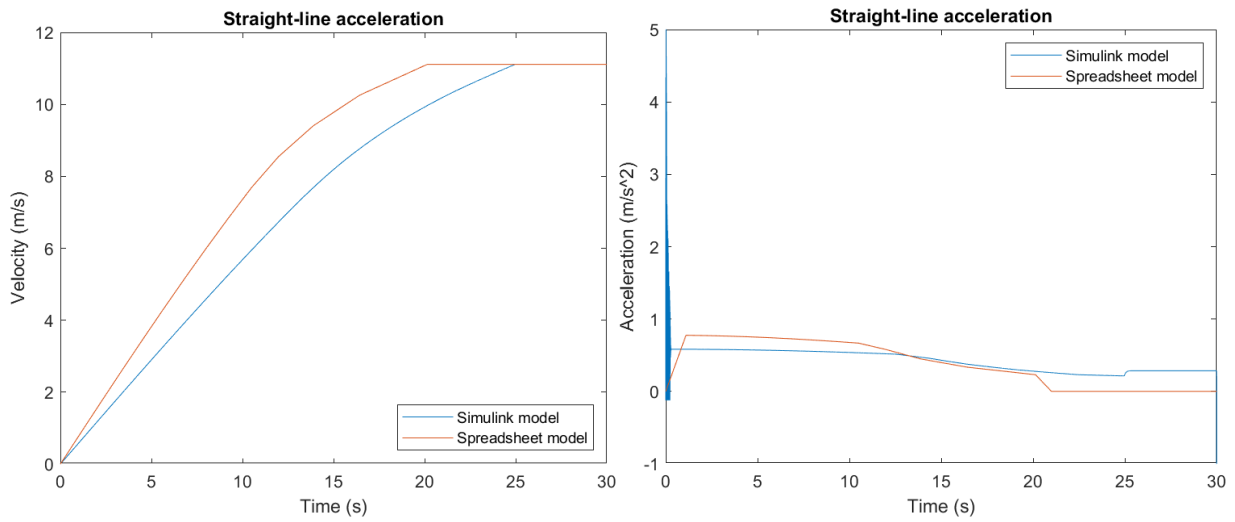


Fig. 1. Predicted velocity and acceleration plots

The error percentage between the Simulink model and the theoretical estimation is quite large. However, it has to be said that the theoretical estimation does not account for the rotational inertia, which would inevitably make it slower. The other main factor in this estimation, is that it does not account for the tyre model, while the Simulink model does. The Simulink model generates longitudinal force dependent on the slip ratio generated, while the point mass model purely depends on the μ . Because of the difference in F_x generated, acceleration also gets affected, meaning the theoretical estimation model accelerates faster. In the end, since it was established that the maximum F_x available, due to μ was 663N, the tyre saturation values are very low, only 16.5 and 13.3%. This proves that both models are motor torque limited, as the tyre could produce much more longitudinal force.

Table 2

Predicted acceleration performance summary

Description		Time to 11.1 m/s	Peak acceleration, m/s ²	Max F_x at the wheels, N	Tyre saturation, %
Simulink model	vehicle	24.98	0.58	88.7	13.3
Point mass spreadsheet model	mass	20.14	0.77	109.6	16.5
Error [%]		-19.4	32.7	23.5	24

To evaluate the step steer response of the vehicle a ‘derivatives analysis’ method was applied (Milliken & Milliken, 1995). A spreadsheet in MS Excel was produced using the following guidelines explained in ‘Performance Vehicle Dynamics’ (Balkwill, 2018). The tyre cornering stiffness range were used the same ones as in the Simulink model but treated as a linear tyre. Using the ‘derivatives analysis’ it was calculated that the damping ratio $\zeta=1$, which meant the critical damping calculation was required for the yaw rate determination (18):

$$r = (A + Bt)e^{-\omega_n t} + \frac{C_2 \delta}{k} \quad (18)$$

where: A – Derivatives analysis constant; B – Derivatives analysis constant; t – time; ω_n – natural frequency [rad/s]; r – rotational velocity about Z axis [rad/s]; C_2 – factor; k – stiffness; δ – steering angle [rad].

For the Simulink model – the step steer maneuver started when the vehicle reached its terminal velocity – 11.1 m/s, the steering input was set to 9 degrees at the wheels. Same velocity and steering inputs were used in the derivatives analysis technique.

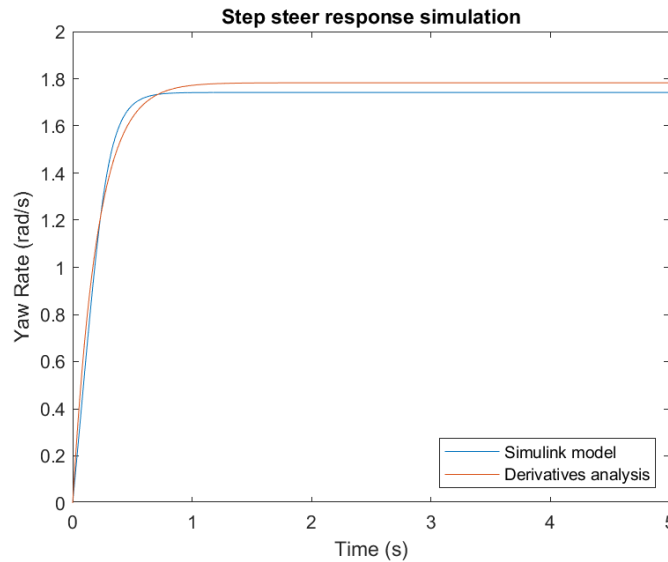


Fig. 2. Yaw rate response of step steer maneuver

Table 3

Predicted yaw rate response performance summary

Description	Yaw rate [rad/s]	Settling time [s]
Simulink vehicle model	1.733	0.71
Derivatives analysis	1.782	1.28
Error [%]	2.8	80.2

It was discovered that both simulations have the accuracy of 2.8% in yaw rate deviation and 80.2% in time (table 3). This proves the way the slip angles and yaw rate were modelled in the Simulink model are correct and the discrepancies in time may vary due to the time step size used in the calculation.

Discussion

Regarding the use of steady state theoretical analysis for the validation of the results, it is familiar that it cannot accurately represent the vehicle, but it was the only alternative approach available to define the expected performance of the vehicle given the limiting circumstances. With the introduction of experimental data this study could be expanded and more points in vehicle handling behaviour could be defined.

Validating a vehicle model requires experimental data, and inability to do so creates a dilemma, which was turned into a solution. In the automotive industry new regulations and new models come up every short while, the engineers have to predict the performance of the vehicle that's being designed. Take an example of 2022 Formula-1 regulation changes. The engineers performed various virtual tests and lap-time simulation without even testing the car itself and many of the parameters supplied to the models are being approximated. They evaluate the performance of the model based on the expected results. And this was the approach this study had to take when it was clear there will not be any data to compare.

Considering the straight-line performance of the vehicle, the simulation resulted in a reasonable time taken to achieve the terminal velocity, which's primary purpose is to be a child driven buggy. Knowing that straight-line acceleration is heavily dependent on the motor torque parameters and the tyre performance, it is safe to say, that with the data used, and considering the limitations of the steady-state theoretical approach, the error margin defined is very reasonable.

The tyre model heavily influences the step steer response of the vehicle model. For such a vehicle, with the longitudinal CG located towards the rear, one would expect poor yawing response, resulting in lots of understeer. Though different approaches predict that there would be a critically damped steering response, it is highly unlikely the real-life vehicle would operate in such a way. Though with an autonomous driver present and not a human driver, who would influence the longitudinal CG location, such results seem possible.

Overall, the goals defined at the start of this project were achieved:

1. The studied vehicle was defined to act in seven degrees-of-freedom. The various parameters were measured or approximated, their values presented.
2. The equations of motion and various sub-models defining the vehicle to act in the seven degrees-of-freedom were determined and presented.
3. Validation had to rely on alternative approaches, but the best possible solutions were presented. Results were compared against other means of theoretical evaluation methods, such as 'point mass' straight-line acceleration model and 'derivatives analysis' for yaw response validation.

References

1. Balkwill, J. (2018). Performance Vehicle Dynamics: Engineering and Applications. Matthew Deans.
2. Biancolini, M. E. (2007). Evaluation of Aerodynamic Drag of Go Kart by means of Coast Down test and CFD Analysis. Rome: Tor Vergata University.
3. Bixel, R. H. (1995). Developments in Vehicle Center of Gravity and Inertial Parameter Estimation and Measurement. SAE950356.
4. Gillespie, T. (2021). Fundamentals of Vehicle Dynamics Revised Edition. SAE International.
5. Milliken, W., & Milliken, D. (1995). Race Car Vehicle Dynamics. SAE.
6. NHTSA, U. D. (2018). Critical reasons for crashes investigated in the national motor vehicle crash causation survey.
7. Pacejka, H. (2002). Tyre and Vehicle Dynamics.
8. SAE_J1263. (2010). Road Load Measurement and Dynamometer Simulation Using Coast Down Techniques. SAE International.
9. Sandroni, C., Neto, M., Barbosa, C., & Oliveira, E. (2021). Measurement of the yaw moment of inertia of a go-kart. Cristiano Sandroni et al 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1826 012017.
10. Segers, J. (2014). Analysis Techniques of Racecar Data Acquisition. SAE.
11. Siegler, B. (2002). Lap Time Simulation for Racing Car Design. The University of Leeds.

AUTOMOBILIO MODELIO KŪRIMAS AUTONOMINIŲ SISTEMŲ SIMULIACIJOMS

Santrauka

Norint autonominio vairavimo sistemai perduoti ir koreguoti valdymo įvestis, būtina įvertinti transporto priemonės valdomumo charakteristiką. Siekiant paspartinti tokių autonominių vairavimo sistemų kūrimą, reikia simuliacijos įrankių, vienas tokių - automobilių dinamikos modelis. Šiame darbe pagrindinis dėmesys skiriamas automobilio parametrizacijai ir matematinio, automobilio modelio kūrimo metodikai, to pasekoje siekiant sumodeliuoti įrankį, kurio pagalba autonominė sistema galėtų vertinti automobilio valdomumo charakteristikas, atliekant simuliacijas. Rezultatai atskleidžia modelio validumą atsižvelgiant į transporto priemonės dinaminis bandymus ir simuliaciją.

Reikšminiai žodžiai: autonominis automobilis, automobilių dinamika, automobilio modelis, simuliacija.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Liutkus

Mokslo laipsnis ir vardas: Automobilių inžinerijos magistras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, lektorius

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +37063156060, tomas.liutkus@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Liutkus

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

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Associated Lecturer

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

Telephone and e-mail address: +37063156060, tomas.liutkus@edu.ktk.lt

ELEKTRINIŲ AUTOMOBILIŲ ĮKROVIMAS GREITO KROVIMO STOTELĖSE: AUTOMOBILIO BMW i3 ATVEJO STUDIJA

Darius Juodvalkis, Marius Mažeika
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Automobilių, varomų vidaus degimo varikliu, pakeitimas elektros energija varomais automobiliais - viena iš strateginių kryptų transporte, siekiant mažinti transporto taršos neigiamą poveikį. Vieni iš didžiausių elektrinių automobilių trūkumų, kurie vis dar riboja jų populiarumą, yra automobilių su viena baterijos įkrova įveikiamas atstumas ir baterijos įkrovimo greitis. Elektrinių automobilių baterijos gali būti įkraunamos kintamąja elektros srove (AC) ir nuolatine elektros srove (DC). Įkrovimas nuolatine elektros srove yra spartesnis, bet įmanomas tik greito įkrovimo stotelėse. Šiame darbe tiriama elektrinio automobilio BMW i3 įkrovimo procesas greito įkrovimo stotelėse ir nustatomas baterijos įkrovimo intensyvumas skirtingomis sąlygomis.

Reikšminiai žodžiai: elektrinis automobilis, įkrovimo stotelė, įkrovimo intensyvumas.

Įvadas

Aplinkos tarša gali turėti rimtų pasekmių gyvybei Žemėje, įskaitant žmogaus sveikatą, ekosistemų pažeidimus ir klimato kaitą. Transportas kasmet išmeta apie 16 % viso pasaulio šiltnamio efektą sukeliančių dujų (ŠESD). Apie 95 % jų gaunama iš naftos degalų, o apie 50 % – iš kelių transporto (Heydari, S, 2020). Išsivysčiusiose šalyse ši dalis yra didesnė, o vien tik lengvasis transportas sudaro apie 15 % viso išmetamo ŠESD kiekio tiek JAV, tiek ES (Senecal, K, 2021).

Automobilių, varomų vidaus degimo varikliu, pakeitimas elektros energija varomais automobiliais yra viena iš strateginių kryptų transporte, siekiant mažinti transporto taršos neigiamą poveikį. Elektromobiliai mažina išmetamų teršalų kiekį, nes jie dažniausiai veikia naudodami elektros energiją, kuri gali būti gaminama iš atsinaujinančių šaltinių. Elektromobiliai gali būti efektyvesni energijos naudotojai, nes jie gali paversti didesnę elektros energijos kiekį judėjimo energija nei tradiciniai vidaus degimo varikliai. Tai padeda sumažinti oro taršą ir klimato kaitą. Vieni iš didžiausių elektrinių automobilių trūkumų, kurie vis dar riboja jų populiarumą, yra automobilių su viena baterijos įkrova įveikiamas atstumas ir baterijos įkrovimo greitis. Elektrinių automobilių baterijos gali būti įkraunamos kintamąja elektros srove (AC) ir nuolatine elektros srove (DC). Įkrovimas nuolatine elektros srove yra spartesnis, bet įmanomas tik greito įkrovimo stotelėse. Šiame tyrime naudojamas automobilis BMW i3 AC krovikliu pilnai įkraunamas per 7 val., o greito įkrovimo stotelėje (DC) užtenka vienos valandos. Šiame darbe tiriama elektrinio automobilio BMW i3 įkrovimo procesas greito įkrovimo stotelėse ir nustatomas baterijos įkrovimo intensyvumas skirtingomis sąlygomis.

Tyrimo tikslas: atlikti elektrinių automobilių įkrovimo proceso greito įkrovimo stotelėse analizę ir nustatyti automobilio BMW i3 baterijos įkrovimo intensyvumą realiomis sąlygomis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atlikti šiuolaikinių elektrinių automobilių baterijų įkrovimo būdų analizę.
2. Atlikti natūrinius BMW i3 elektromobilio įkrovimo ir važiavimo eksperimentus.
3. Nustatyti BMW i3 automobilio baterijos įkrovimo proceso charakteristikas, ją įkraunant nuolatine srove (DC) greito įkrovimo stotelėje.

Metodai:








- Analizės metodu atlikta elektrinių automobilių įkrovimo būdų apžvalga.
- Eksperimentiniu ir vertinimo metodais nustatytos baterijos įkrovimo proceso charakteristikos.

Elektrinių automobilių įkrovimo greito įkrovimo stotelėse analizė

Elektromobilių įkrovimo stotelių skaičius nuolat didėja. Šiuo metu pagrindinai įrenginėjamos yra DC įkrovimo stotelės, kurių galia siekia nuo 150 kW iki 350 kW. Vien Skandinavijos šalyse per antrąjį 2023 metų ketvirtį tokių įkrovimo stotelių buvo įrengta 327 vnt. ir dabar jau yra 1646 vnt. iš visų 4344 vnt. (Recharge, 2023). Tuo metu lėto įkrovimo stotelių (3 kW- 22 kW) sumažėjo 19 vnt. ir šiuo metu yra 1908 vnt. Žvelgiant iš įkrautos elektros energijos kiekio pusės, tik 6 proc. elektros energijos yra įkraunama lėto įkrovimo stotelėse (AC). Likusi dalis (94 proc.) elektros įkraunama per DC įkrovimo stoteles. Viso Skandinavijos šalyse per antrąjį 2023 metų ketvirtį buvo įkrauta 17220683 kWh elektromobilių įkrovimo stotelėse (Recharge, 2023). Greito įkrovimo stotelės naudoja savo pajungimo laidus su jungtimis, kurios apsprendžia, kokiems automobiliams šios stotelės tinkamos. Greito įkrovimo stotelėse DC režimu krauti Lietuvoje dažniausiai naudojamos CCS type 2 ir CHAdeMO jungtys.

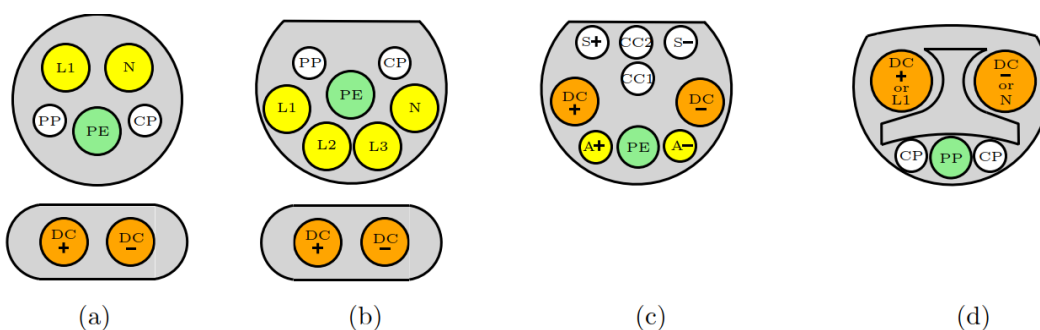
Elektromobilui sujungti su įkrovimo stotele naudojamos jungtys ir jų specifikacijos yra pateiktos 1 lentelėje.

Elektromobilių jungčių tipai ir charakteristikos

Pavadinimas	Jungtis	Krovimo, srovės tipas	Galia, kW (maksimali)	Pasaulio dalys
IEC 62196 Type 2 Mennekes		Lėtas ir greitas krovimas (AC)	22	Europa
IEC 62196-3 CCS Type 2 (Combined Charging System)		Greitas krovimas (DC)	170	
Tesla Type 2		Lėtas ir greitas krovimas (AC) Greitas krovimas (DC)	11 120	
CHAdeMO		Itin greitas krovimas (DC)	62,5	Naudojama visame pasaulyje
Tesla SuperCharger		Lėtas ir greitas krovimas (AC), itin greitas krovimas (DC)	48	
SAE J1772 Type 1		Lėtas krovimas (AC)	19,20	JAV, Japonija
SAE J1772 CCS Type 1 (Combined Charging System)		Lėtas krovimas (AC), greitas krovimas (DC)	125	

Šaltinis: Aplinkos apsaugos institutas (2023). Prieiga per internetą: < <https://elv.lt/ikrovimo-stoteles> >

Jungtis yra naudojama ne vien elektros perdavimui į elektromobilio bateriją, bet ir komunikacijai tarp įkrovimo stotelės ir automobilio bei dėl saugumo užtikrinimo yra naudojamas įžeminimo kontaktas.



	(a)	(b)	(c)	(d)
L1	Vienfazis / trifazis AC		S+	Įkrovimo komunikacija CAN
N	Vienfazis neutralus		S-	
CP	Signalizacija po įdėjimo		CC1	Įkrovimo jungties pajungimo patvirtinimas
PP	Signalizacija prieš įdėjimą		CC2	
PE	Apsauginis įžeminimas		A+	Žemos įtampos papildomas palaikymas
L1 L2-L3	Trifazis AC		A-	

1 pav. Elektromobilių jungčių pavyzdžiai (DC krovimui): a) SAE J1772 (CCS 1 tipas); b) SAE J3068/ES (CCS 2 tipas); c) BB (GB/T 20234.3); d) Tesla jungtis

Šaltinis: Valedsaravi, S.; Aroudi, A.E.; Martínez-Salamero, L. Review of Solid-State Transformer Applications on Electric Vehicle DC Ultra-Fast Charging Station. *Energies* (2022). Prieiga per internetą:

< <https://doi.org/10.3390/en1515560> >

Didėjant elektromobilių baterijų talpoms ir siekiant greitesnio įkrovimo, tenka galvoti ir apie jungčių atnaujinimus. CHAdeMO asociacija 2020 m. pristatė naujausią jungties modifikaciją, kuri DC režimu galės perduoti 500 kW (max 600 A) (CHAdeMO Association, 2023; Shenzhen Mida Cable Group, 2023).

Greito įkrovimo stotelės projektuojamos ir gaminamos pagal elektrinių automobilių tendencijas. Atsirandant automobilių su aukštesnės įtampos baterijomis tenka prie to taikytis ir stotelių gamintojams. Šiuo metu dalis naujų DC įkrovimo stotelių jau gali krauti iki 1000 V įtampa.

Automobilio BMW i3 baterijos įkrovimo eksperimentiniai tyrimai

Tyrimams naudotas 2015 m. laidos elektrinis automobilis BMW i3. Šis automobilis yra vienas iš populiariausių naudotų elektrinių automobilių rinkoje. Automobilis pasižymi šiomis techninėmis savybėmis: sumontuota 60 Ah talpos baterija, kurioje galima saugoti 21,6 kWh elektros energijos kiekį. Siekiant mažesnės žalos akumuliatorių baterijai, gamintojo ribojama leistina naudoti baterijos talpa (BMW Media Information, 2023). Elektriniuose automobiliuose naudojamas akumuliatorių baterijos, kaip beje ir kituose įrenginiuose, degraduoja, t.y. mažėja baterijos talpa. BOSCH diagnostiniu įrenginiu nustatytas šio automobilio baterijos būklės indeksas (SOH_d). Tyrimuose naudoto automobilio pagrindinės charakteristikos pateiktos 2 lentelėje. Automobilis BMW i3 gali būti įkraunamas dviem būdais – naudojant kintamos srovės (AC) elektros energiją arba naudojant pastovios srovės (DC) elektros energiją. Kintamąją elektros srovę automobilis gali būti įkraunamas naudojant su automobiliu gamintojo komplektuojamą įkroviklį, kuris jungiamas į standartinę vienos fazės elektros tinklo lizdą, arba naudojant įkrovimo stotelę, ir šiuo atveju įkrovimas yra greitesnis. Automobilyje sumontuota CCS Combo 2 standarto įkrovimo jungtis (1 b. pav.), kuri pritaikyta automobilių įkrauti tiek kintamąją, tiek nuolatine elektros srove.

Automobilio BMW i3 pagrindinės charakteristikos, kurios reikalingos apskaičiuojant teorines automobilio energijos sąnaudas, pateiktos lentelėje (2 lentelė).

Atliekant natūrinius eksperimentus, automobiliu važiuojama tam tikro ilgio atkarpa. Eksperimentai atlikti 2023 metų balandžio mėn., kai oro temperatūra buvo apie 15° C. Eksperimento metu, atliekant kiekvieną bandymą, nuvažiuojamas atstumas apie 30 km. Eksperimentų atlikimo metu didelio vėjo nefiksuota, o kadangi užsaiduotu maršrutu važiuojama pirmyn ir atgal, t.y. starto ir finišo vieta ta pati, tai vėjo ir kelio aukščių skirtumai vertinti nebuvo. Kiekvieno bandymo pradžioje automobilio kelionės kompiuteris perkraunamas, o bandymo pabaigoje fiksuojami kelionės kompiuterio parodymai. Automobilio kelionės kompiuteris fiksuoja tokius duomenis: starto laiką, kelionės trukmę, nuvažiuotą atstumą, vidutines elektros energijas sąnaudas ir vidutinį kelionės greitį.

2 lentelė

Automobilio BMW i3 pagrindinės charakteristikos

Charakteristikos pavadinimas	Reikšmė	Vienetai	Žymėjimas
Automobilio masė	1315	kg	m
Aerodinaminis pasipriešinimo koeficientas	0,29	-	C_d
Automobilio modelio plotas	2,38	m ²	A_m
Ratų pasipriešinimo riedėjimui koeficientas	0,007	-	-
HV akumuliatorių baterijos talpa (visa)	21,6	kWh	C_p
Naudojama HV akumuliatorių baterijos talpa	18,8	kWh	C_n
Gamintojo deklaruojamos vidutinės sąnaudos	16,3	kWh/100km	q_{vidG}
HV baterijos SOH (diagnostikos prietaisas)	75	%	SOH_d

Šaltinis: BMW Media Information. Technical Specifications BMW i3 60 Ah REX 170ps (2023). Prieiga per internetą: <<https://www.press.bmwgroup.com/global/article/attachment/T0259598EN/358319>>

Kiekvieno bandymo pradžioje fiksuojamas HV akumuliatorių baterijos pradinis įkrovos lygis (SOC_s), o bandymo pabaigoje galutinis įkrovos lygis (SOC_e). Šie duomenys pateikiami automobilio prietaisų skydelyje.

Atlikus kiekvieną bandymą, automobilis išjungiamas ir jo baterija įkraunama iki bandymo pradžioje buvusio įkrovos lygio (SOC_s). Automobilis buvo įkraunamas iš DC tinklo viešai prieinama EFACEC QC45 stotele, kuri įrengta Lietuvoje A6 kelio 156 kilometre (2 pav.).



2 pav. BMW i3 įkrovimas: a – automobilis įkraunamas DC srove; b – greitojo įkrovimo stotelės QC45 ekranas įkrovimo metu
Šaltinis: sudaryta autorių

Greitojo įkrovimo stotelė užtikrina nuolatinį 50 kW įkrovimo galingumą naudojant CCS jungtį. Gamintojo deklaruojamas šios stotelės naudingumo koeficientas esant nominaliai apkrovai yra 93% (Efacec, 2023). Įkrovimo stotelėje įrengtas LCD ekranas, kuriame pateikiami įkrovimo parametrai: įkrovimo intensyvumas, baterijos įkrovos lygis, įkrovimo trukmė ir įkrautos energijos kiekis. Atliekant skaičiavimus ir buvo naudoti kiekvieno bandymo metu pateikti įkrovimo stotelės duomenys.

Atlikus kiekvieną eksperimento bandymą, apskaičiuojamas sunaudotos energijos kiekis:

$$\frac{q_{vidb}}{100} \times l_b = Q_b; \quad (1)$$

čia: q_{vidb} – bandymo metu nustatytos vidutinės elektros energijos sąnaudos (kWh/100km); l_b – bandymo metu nuvažiuotas atstumas (km); Q_b – apskaičiuotos elektros energijos sąnaudos (kWh).

Automobilio vidutinės teorinės elektros energijos sąnaudos apskaičiuojamos:

$$\frac{(F_r + F_{aer}) \times v_{avg}}{\mu_{tr}} \times 0,0036 = q_{avg}; \quad (2)$$

čia: F_r – ratų pasipriešinimo riedėjimui jėga (N); F_{aer} – oro pasipriešinimo jėga (N); v_{avg} – bandymo metu fiksuotas vidutinis kelionės greitis (m/s); μ_{tr} – transmisijos naudingumo koeficientas (priimta 0,9); q_{avg} – apskaičiuotos vidutinės teorinės elektros energijos sąnaudos (kWh/100km).

Įkrovos metu patiriami elektros energijos nuostoliai apskaičiuojami:

$$Q_c - Q_b = Q_n; \quad (3)$$

čia: Q_c – automobilio įkrovimo metu nustatytas elektros energijos kiekis (kWh); Q_n – automobilio įkrovimo metu patiriami absoliutiniai elektros energijos nuostoliai (kWh).

Kadangi kiekvienas iš atliktų bandymų nebuvo identiški, tai automobilio įkrovimo metu patiriamus elektros energijos nuostolius tikslinga pateikti procentine išraiška:

$$\frac{Q_n}{Q_b} \times 100 = q_{\%}; \quad (4)$$

Siekiant tikslesnių rezultatų, natūriniai eksperimentai atlikti tris kartus ir pateikiamos apskaičiuotų reikšmių aritmetinio vidurkio vertės.

Elektromobilio įkrovimo nuolatine srove charakteristikų analizė

Atlikus tris natūrinius važiavimo eksperimentus su automobiliu BMW i3, buvo fiksuojami reikalingi kelionės parametrai. Po kiekvieno bandymo įkraunant automobilio HV bateriją iš DC įkrovimo stotelės užfiksuotas elektros energijos kiekis, o kiti parametrai apskaičiuojami naudojant ankstesniame skyriuje pateiktas formules. Tyrimų rezultatai pateikti 3 lentelėje.

Yra žinoma, kad elektrinių automobilių HV akumuliatorių baterijas įkraunant iš nuolatinės srovės šaltinių (įkrovimo stotelių), įkrovimo metu patiriami nuostoliai yra mažesni, nes nėra nuostolių, kurie patiriami automobilyje įrengtame įtampos ir srovės keitiklyje, bet tuo atveju nuostoliai yra pačioje įkrovimo stotelėje (Go-e, 2022).

3 lentelė

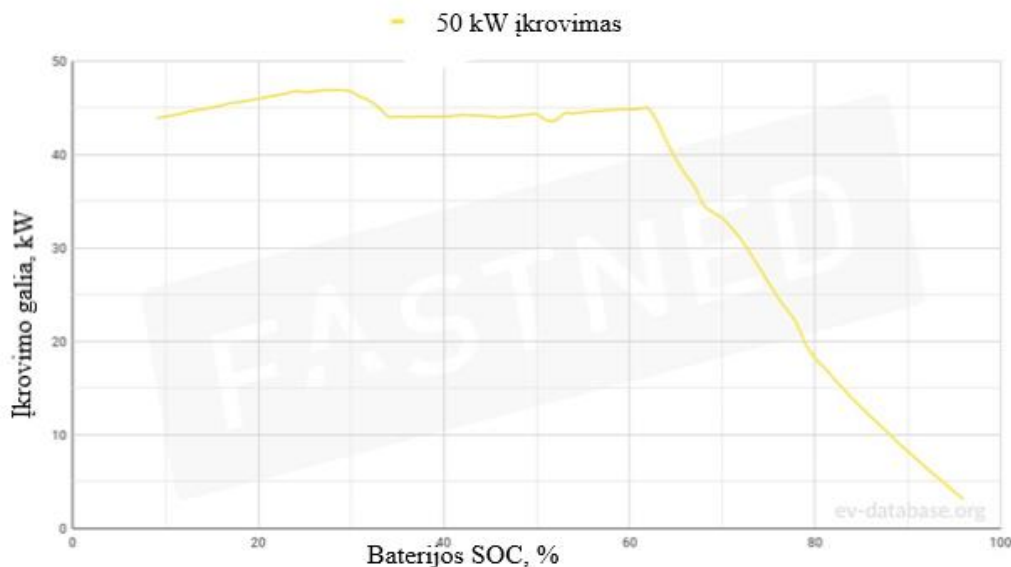
Išmatuoti ir apskaičiuoti tyrimų rezultatai (DC įkrova)

Nr.	atstumas km	Vid. sąnaudos kWh/100km	Vid. greitis km/h	Įkrovimo trukmė min	Įkrovimo greitis kWh/min	Energijos kiekis iš DC kWh	HV baterija SOC _s	HV baterija SOC _e	Energijos nuostoliai %	Suskaičiuotas HV baterijos SOH _c %
1	38,4	14,3	67,2	14:22	0,397	5,68	30	70	3,5	73,02

Nr.	atstumas km	Vid. sąnaudos kWh/100km	Vid. greitis km/h	Krovimo trukmė min	Krovimo greitis kWh/min	Energijos kiekis iš DC kWh	HV baterija SOC _S	HV baterija SOC _E	Energijos nuostoliai %	Suskaičiuotas HV baterijos SOH _C %
2	28,8	15,1	62,9	11:56	0,373	4,48	44	75	3,2	74,62
3	30,4	14,4	63,6	10:58	0,403	4,44	44,5	75	1,5	75,11
Vidutinė reikšmė					0,391				2,7	74,25

Šaltinis: sudaryta autorių

Analizuojant lentelėje 3 pateiktus duomenis tą ir pastebime, gaunama vidutinė visų trijų bandymų įkrovimo nuostolių reikšmė yra 2,7%. Elektrinius automobilius įkraunant iš greito įkrovimo stotelių labai svarbus parametras yra įkrovimo greitis, kuris gali priklausyti nuo įkrovimo stotelės ir automobilio parametrų. Šių bandymų metu gautas vidutinis automobilio baterijos įkrovimo greitis 0,391 kWh/min (23,46 kWh/h).



3 pav. BMW i3 įkrovimo kreivė DC režimu

Electric Vehicle database, BMW i3 60 Ah (2023). Prieiga per internetą: <<https://ev-database.org/car/1004/BMW-i3-60-Ah>>

Žinant automobilio vidutines energijos sąnaudas, baterijos įkrovimo greitį galima išreikšti kitokiais matavimo vienetais – km/h. Naudojant automobilio gamintojo deklaruojamas vidutines energijos sąnaudas, kurios labai artimos realioms, apskaičiuotas BMW i3 baterijos įkrovimo greitis kraunant greito įkrovimo stotelėje yra 144 km/h. Šis parametras aktualus planuojant kelionės maršrutą ir trukmę. Palyginus gautą krovimo greitį su gamintojo deklaruojamu 3 paveiksle, matomas ženkliai lėtesnis krovimas. Tai galima paaiškinti kintančiais baterijos parametrais (Valedsaravi, S. 2022). 3 lentelėje paskutiniame stulpelyje pateiktas apskaičiuotas baterijos būklės indeksas SOH_C. Šis indeksas apskaičiuotas remiantis eksperimentinių tyrimų metu gautais rezultatais, iš kurių nustatyta tikroji HV baterijos talpa ir ji lyginama su automobilio gamintojo deklaruojama naujos baterijos naudinga talpa. Šiuo atveju apskaičiuotas baterijos būklės indeksas 74,25-74,6% ir tai yra labai artimas diagnostiniu įrenginiu nustatytam indeksui, kuris pateiktas 2 lentelėje.

Išvados

1. Atlikus užsienio šalių patirties analizę nustatyta, kad elektriniai automobiliai dažniau yra įkraunami DC režimu greito įkrovimo stotelėse.
2. Natūriniai BMW i3 elektromobilio įkrovimo ir važiavimo eksperimentai atlikti 3 kartus, fiksuojant ir apskaičiuojant tyrimui aktualius duomenis.
3. Analizuojant automobilio BMW i3 baterijos įkrovimo nuolatine srove (DC) greito įkrovimo stotelėje charakteristiką, galima išskirti įkrovimo greitį, kuris yra 23,46 kWh/h ir energijos nuostolius, kurie yra apie 2,7 proc.

Literatūra

1. Aplinkos apsaugos institutas, 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://elv.lt/ikrovimo-stoteles/>
2. BMW Media Information. Technical Specifications BMW i3 60 Ah REX 170ps. 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://www.press.bmwgroup.com/global/article/attachment/T0259598EN/358319>

3. CHAdEMO Association, 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://www.chademo.com/chademo3-0>
4. Efacec. 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://electricmobility.efacec.com/ev-qc45-quick-charger/>
5. Electric Vehicle database, BMW i3 60 Ah, 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://ev-database.org/car/1004/BMW-i3-60-Ah>
6. Go-e, EV Charging Losses: Where Does The Energy Go? 2022 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://go-e.com/en/magazine/ev-charging-losses>.
7. Heydari, S.; Tainio, M.; Woodcock, J.; de Nazelle, A. Estimating traffic contribution to particulate matter concentration in urban areas using a multilevel Bayesian meta-regression approach. Environ. Int. 2020, 141, 105800.
8. Recharge. 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://rechargeinfra.com/>
9. Senecal, K.; Leach, F. Racing Toward Zero: The Untold Story of Driving Green; SAE International: Warrendale, PA, USA, 2021.
10. Shenzhen Mida Cable Group. EV Charger Connectors . 2023 interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://www.midaevse.com/ev-guide-2/>
11. Valedsaravi, S.; Aroudi, A.E.; Martínez-Salamero, L. Review of Solid-State Transformer Applications on Electric Vehicle DC Ultra-Fast Charging Station. Energies 2022, 15, 5602. interaktyvus, [žiūrėta 2023.11.28] <https://doi.org/10.3390/en15155602>

CHARGING ELECTRIC CARS AT FAST CHARGING STATIONS: THE BMW i3 CASE STUDY

Summary

Replacing internal combustion engine driven cars with electricity powered cars is one of the strategic directions in transport in order to reduce the negative impact of transport pollution. One of the biggest disadvantages of electric cars that limit their use is the range covered by a single battery charge and the battery charging speed. Electric car batteries can be charged with alternating current (AC) and direct current (DC). Charging with direct current is faster, but only possible at fast charging stations. This paper investigates the charging process of the BMW i3 electric car at fast charging stations and determines the battery charging intensity under different conditions.

Key words: electric car, charging station, charging intensity.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Juodvalkis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Mažeika.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: technologijų mokslai, transporto inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 608 62765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Juodvalkis.

Science degree and name: doctor, associate professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associate professor

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

Telephone and e-mail address: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Author name, surname: Marius Mažeika.

Science degree and name: doctor, associate professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associate professor.

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

Telephone and e-mail address: +370 608 62765, marius.mazeika@edu.ktk.lt

TARŠOS MAŽINIMO GALIMYBIŲ TYRIMAS VAŽIUOJANT HIBRIDINIŲ AUTOMOBILIŲ MIESTO KELIAIS

Darius Juodvalkis, Andrius Dargužis
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Automobiliai yra vieni iš didžiausių aplinkos teršėjų. Viena iš veiksmingiausių priemonių, sumažinti transporto priemonių išmetamų kenksmingų medžiagų kiekį į aplinką, yra esamų transporto priemonių tobulinimas bei naujų transporto galimybių kūrimas, bei jų prieinamumo visuomenei didinimas. Lyginant hibridinį automobilį su įprastiniu vidaus degimo varikliu varomu automobiliu, galima pastebėti, kad hibridiniai automobiliai naudoja mažiau degalų. Vienas iš didžiausių hibridinio automobilio privalumų - regeneracinis stabdymas. Regeneracinio stabdymo metu dalis automobilio kinetinės energijos regeneruojama į akumuliatorių bateriją. Regeneruota energija naudojama sukurti elektros variklį, kuris per transmisiją perduoda mechaninę energiją ratams.

Reikšminiai žodžiai: hibridinis automobilis, regeneracinis stabdymas, efektyvumas.

Įvadas

Hibridinis automobilis, tai transporto priemonė, kuri naudoja kelis būdus perduodanti energijai, kuri reikalinga automobiliui pajudėti iš vietos. Hibridiniai automobiliai turi vidaus degimo variklį ir pakartotinai įkraunamą energijos saugojimo sistemą - bateriją. Tokia sistema leidžia efektyviai panaudoti degalus ir automobilis nėra visiškai priklausomas nuo įkrovimo kolonėlės, kaip pavyzdžiui elektromobiliai. To pasėkoje hibridinių automobilių vartotojai nesusiduria su didelių atstumų įveikimo problemomis (Adomavičius, 2011).

Hibridiniai automobiliai gali būti dviejų tipų: hibridinis automobilis, be prisijungimo prie elektros tinklo ir įkraunamas hibridinis automobilis. Įkraunamas hibridinis automobilis skiriasi tik tuo, kad akumuliatorius gali pasikrauti ne tik iš vidaus degimo variklio, bet ir iš elektros sistemos tinklo. Hibridiniuose automobiliuose naudojamas vidaus degimo ir elektros variklis. Šiuose automobiliuose elektros variklis padeda vidaus degimo varikliui veikti sunaudojant mažiau degalų. Elektros variklis yra palaikomas mažos talpos, kuri įkrauna elektros baterijos. Jei hibridinis automobilis važiuoja elektriniu režimu, didžiausias atstumas, kuris gali būti įveiktas siekia apie 6 km. Elektros variklio baterija yra įkraunama regeneracinio stabdymo metu, t.y. automobiliui stabdant jo judėjimo kinetinė energija yra paverčiama elektros energija.

Vertinant hibridinių automobilių ekologiškumą, lyginant su benzininiais ar dyzeliniais automobiliais, hibridiniai automobiliai įveikti tam pačiam atstumui sunaudoja kur kas mažiau degalų, dėl ko į aplinką išmetamų kenksmingųjų dalelių ir CO₂ dujų kiekis yra kur kas mažesnis. Važiuojant mieste, kai vairavimo metu yra dažnai stabdoma, hibridinis automobilis elektriniu varikliu gali nuvažiuoti apie 30 – 40 % dienos įveikiamo atstumo (EPA, 2023).

Šio tyrimo tikslas nustatyti hibridinio automobilio optimalų stabdymo pagreitį, kuriuo lėtėjant į HV bateriją regeneruojamas didžiausias energijos kiekis.

Tyrimo uždaviniai:

1. Sudaryti tyrimų metodiką, kuri leistų parinkti optimalų hibridinio automobilio stabdymo režimą;
2. Atlikti natūrinius stabdymo eksperimentus ir nustatyti hibridinio automobilio naudą;
3. Įvertinti hibridinių automobilių naudojimo realiuose miesto maršrutuose efektyvumą ir poveikį aplinkai.

1. Tyrimo metodai ir įranga

Šioje dalyje pateikiama eksperimentų atlikimo metodinė dalis. Atlikti eksperimentiniai tyrimai, kurių metu skirtingais stabdymo greičiais nustatyta regeneruojamos energijos kiekis, kuris perduodamas į hibridinio automobilio bateriją ir sustojimų skaičius pasirinkto maršruto atkarpoje.



1 pav. Bandymams naudotas hibridinis automobilis Toyota Prius (Clifford, 2016)

Eksperimentams atlikti buvo naudojamas hibridinis Toyota Prius E-CVT automobilis, kuris varomas benzinu ir elektros energija (žr. 1 pav. ir 1 lent.).

1 lentelė

Hibridinio automobilio Toyota Prius charakteristikos

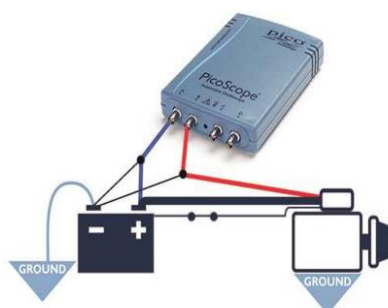
Darbinis tūris	1798 cm ³
Degalų tipas	Benzinas/elektra
Baterijos įtampa	201,6 V
Elektros variklių galia	53 kW
Elektros variklio sukimo momentas	163 Nm
VDV galia	71 Kw/5200 aps/min
VDV sukimo momentas	142 Nm/3600 aps/min
Cilindrų skaičius	4
Suspaudimo laipsnis	13:1
Automobilio masė	1775 kg

Šaltinis: Sudaryta autorių

Bandymų metu naudotas prietaisas „DL1 Data Logger“, kuris leido fiksuoti automobilio greitį ir pagreitį. Šis prietaisas pavaizduotas žemiau esančiame 2 pav.



2 pav. DL1 Data Logger (Wyatt, 2018)

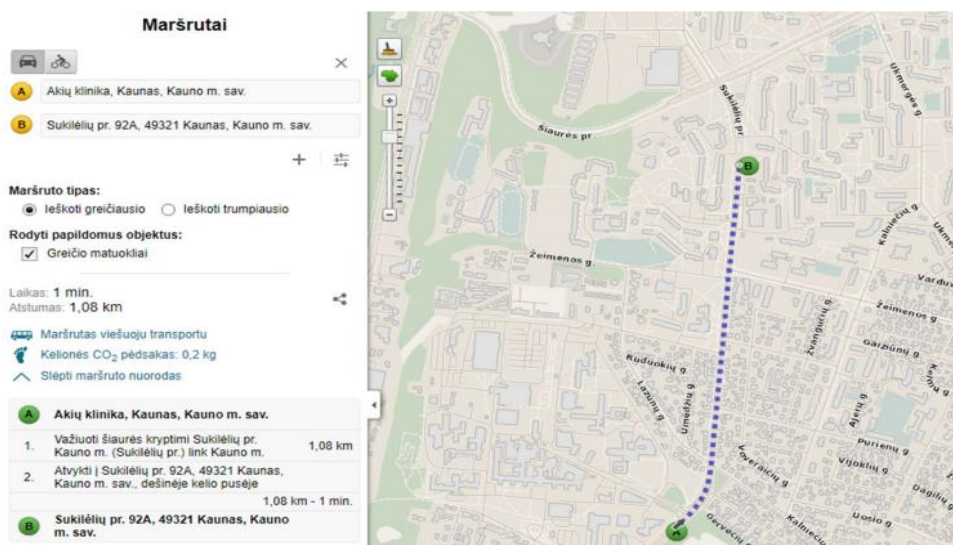


3 pav. Oscilografas „Picoscope 3423“ (Pico, 2007)

Šio prietaiso užfiksuoti duomenys naudoti skaičiavimuose ir tolimesnei duomenų analizei. Prietaisas buvo pastatytas taip, kad jo koordinatinių ašys x, y, z būtų, lygiagrečios automobilio koordinatinių sistemai. Prietaisas prijungtas prie 12 V automobilio maitinimo sistemos, bei GPS antenos. Srovės stiprio matavimui buvo naudojamas oscilografas „Picoscope 3423“ ir kintamą bei nuolatinę srovę matuojančios srovės replės (žr. 3 pav.).

2. Eksperimento atlikimas mieste

Šis eksperimentas yra skirtas imituoti važiavimą mieste, neviršijant 60 km/h greičio, eksperimentas atliktas pagal toliau aprašytą procedūrą. Eksperimentiniai matavimai buvo atliekami kelio ruožo atkarpoje: Sukilėlių pr. 77, Kaunas 49321- Sukilėlių pr. 19-13, Kaunas 50103 (žr. 4 pav.).



4 pav. Sukilėlių pr. 77, Kaunas 49321- Sukilėlių pr. 19-13, Kaunas 50103

Šaltinis: Sudaryta autorių

Pasirinktas didesnio eismo maršrutas su reguliuojamo šviesoforo sankryžomis. Atlikus eksperimentus šiose atkarpose, galima identifikuoti viso miesto, pagrindines vietas, kuriose yra atitinkamo tipo kelio ruožai su sankryžomis ir nustatyti, kuriose sankryžose galima suregeneruoti daugiausiai energijos ir išmesti mažiausia kiekį kenksmingo CO₂. Atsižvelgiant į šiuos rezultatus galima nustatyti, kiek CO₂ sutaupoma stabdant skirtingais intensyvumais.

Eksperimentų atlikimo sąlygos:

- Eksperimento dieną oro temperatūra buvo 7-8°C. Atliekant eksperimentą matuojamas hibridinio automobilio regeneruojamos elektros srovės stipris, bei jo dinaminės charakteristikos;
- Matavimai atliekami kelio kryptimi: Kaune Sukilėlių pr. 77, Sukilėlių pr. 19-13;
- Ruožo ilgis – 1 km;
- Pasirinktame maršrute yra 3 šviesoforai, prie kurių sustoti tikimybė yra 2 kartus iš 3 važiavimų;
- Visais stabdymo režimais, hibridiniu automobiliu įsibėgėjimas iki 60 km/h;

Eksperimentinių stabdymo bandymų režimai:

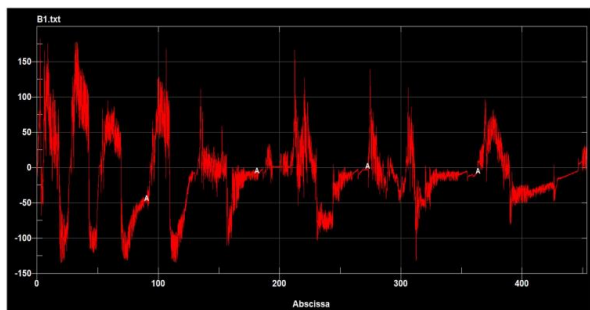
1. Automobilio stabdymas, esant įjungtai pavarai be stabdžių pedalo paspaudimo. Kadangi žinome, jog šis hibridinis automobilis regeneruoja elektros energiją į elektros bateriją esant įjungtai D pavarai, taigi atliekame matavimus šiuo režimu.

2. Automobilio stabdymas, esant įjungtai pavarai, bei stabdant agresyviu stabdymu, kai norima kuo greičiau sustabdyti automobilį ir per kuo trumpesnę laiką. Tokiais atvejais, kai pastebima kliūtis kelyje ar prieš užsidedant raudonam šviesoforo signalui. A₁ – agresyvus stabdymas.

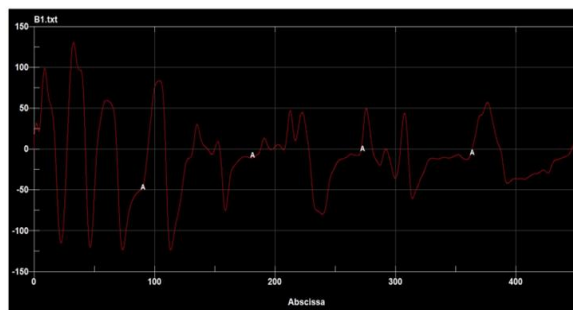
3. Automobilio stabdymas, esant įjungtai pavarai, stabdant pasyviu stabdymu, kai automobilio stabdžio pedalas spaudžiamas palengva. Tokiais atvejais, kai tolumoje jau matoma kliūtis ir turime pakankamai didelę atstumo atkarpą sustojimui. A₂ – pasyvus stabdymas.

4. Automobilio stabdymas, esant įjungtai pavarai, kai transporto priemonė lėtėja pati, vairuotojui nedaug naudojant stabdį. A₃ – lėtas stabdymas.

Regeneruotos energijos kiekio nustatymui naudojami visų eksperimentų rezultatai, kurių dėka nustatyta, kokiais atvejais hibridas regeneruoja daugiausiai energijos į bateriją. Atlikus važiavimus, iš gautų srovės stiprio rezultatų nustatytas energijos kiekis patenkantis į bateriją (žr. 5 pav.). Pasitelkus oscilografą „Picoscope 3423“ ir srovės replėmis, buvo nustatytos srovės stiprio vertės.



5 pav. Pirminiai tyrimo duomenys



6 pav. Filtruotų duomenų grafikas

Gauti duomenys buvo filtruojami pasitelkus programinės įrangos „LS DYNA“ duomenų analizės programą „PrePost“, panaudojus filtrą sae/sfc. Filtravimo dažnis 60 Hz, išsaugant visus duomenis sumažintas jų skaičius iki 2000, kad būtų lengviau analizuoti gautus duomenis (žr. 6 pav.).

Srovės atliktas darbas lygus energijos kiekiui, regeneruotam į bateriją. Srovės atliktas darbas – A apskaičiuojamas pagal formulę:

$$q = \frac{y}{t} 1000 \quad (1)$$

čia q – energijos kiekis (Wh); y – gauti rezultatai bandymo metu; t – laikas.

3. Tiriamoji dalis

3.1 Stabdymo pagreičio ir sustojimų skaičiaus skaičiavimas

Atsižvelgiant į atliktų tyrimų metu gautus rezultatus skaičiuojamas pagreitis, t.y. koks jis yra kiekvieno stabdymo metu. Stabdymo intensyvumas apibūdinamas vidutiniu stabdymo pagreičiu – a_{vid} . Pagreitis apskaičiuojamas pagal formulę:

$$a = \frac{v_1 - v_0}{t} \quad (2)$$

čia a – pagreitis; v_1 – greitis; v_0 – pradinis greitis; t – laikas.

Stabdymo pagreitis atsiranda tuo metu, kai hibridinis automobilis stabdomas tik su įjungta D pavarą, pasirinkus A1 stabdymo būdą. Bandymas atliekamas greičio atkarpoje nuo 60 km/h iki 0 km/h, šio stabdymo trukmė 5,13 s. Atlikus skaičiavimus, gauti šie rezultatai:

- A₁ stabdymo metu vidutinis pagreitis – 3,24m/s²;
- A₂ pasyvaus stabdymo metu vidutinis pagreitis – 1,5 m/s²;
- A₃ lėto stabdymo metu vidutinis pagreitis – 0,45m/s².

Bandomųjų važiavimų metu apskaičiuota, kiek kartų teks sustoti prie šviesoforų. Pagal gautus rezultatus galima suskaičiuoti regeneruotą energijos kiekį važiuojant šiuo maršrutu. Iš viso buvo atlikta 30 važiavimų. Iš atliktų bandomųjų važiavimų vieno kilometro atkarpoje, kurioje yra 3 šviesoforai, nustatyta, kad prie pirmojo šviesoforo buvo sustota 23 kartai, prie antrojo 21 kartas, prie trečiojo – 18 kartų. Iš viso per 30 važiavimų prie visų šviesoforų bendrai buvo sustota 62 kartai, vadinasi, vidutiniškai prie šviesoforų reikės sustoti 2,1 karto.

3.2 Optimalaus lėtėjimo pagreičio ir regeneruoto energijos kiekio nustatymas

Automobilio Toyota Prius kinetinė energija E_k, esant 60 km/h greičiui, yra 241,66 kJ. Siekiant rasti optimalų stabdymo pagreitį, kurio metu regeneruojamos energijos kiekis būtų didžiausias, skaičiuojama energijos kiekio į bateriją priklausomybė nuo vidutinio stabdymo pagreičio priklausomybės procentine reikšme. Konvertavus kJ į Wh (1 kJ – 0,277 Wh), skaičiavimai atlikti pagal formulę:

$$R_{\%} = \frac{A_{1vid} \cdot 100\%}{E_k} \quad (3)$$

čia R_% – regeneruojamos energijos procentinė dalis; A_{1vid} – agresyvaus stabdymo vidutiniai rezultatai (Wh); E_k – kinetines energijos kiekis (Wh).

Eksperimentų metu gauti rezultatai pateikiami 2 lentelėje. E_{k%} - kinetinės energijos dalis, kuri skirta regeneracijai procentinė dalis, E_{ibat} - regeneruojamas energijos kiekis į bateriją, A_{st} – vidutinis stabdymo pagreitis eksperimento metu.

2 lentelė

Regeneracinio stabdymo rezultatai

Eilės nr.	Eksperimento pavadinimas	A _{st}	E _{ibat} (Wh)	ΔE _k %
1	A ₁	3,25	18,88	28,13
2	A ₂	1,5	25,55	38,07
3	A ₃	0,45	21,66	32,27

A₁ bandymas atliktas važiuojant 60 – 0 km/h, stabdymo trukmė 5,13 s. A₁ stabdymo metu transporto priemonė vidutiniškai sugeneravo 18,88 Wh energijos į bateriją, o gautas vidutinis pagreitis 3,25 m/s². Tokie rezultatai buvo gauti, nes stabdymo metu įsijungė darbinis stabdys ir nebebuvo taip efektyviai išnaudojamas generatorius.

A₂ bandymo metu hibridinio automobilio važiavimo greitis taip pat buvo 60 – 0 km/h, tačiau stabdymo trukmė daugiau nei 2 kartus didesnė t.y. 11,09 s. Šio stabdymo metu TP vidutiniškai sugeneravo 25,55 Wh energijos į bateriją, o vidutinis pagreitis 1,5 m/s². Antras stabdymas metu buvo išlaikytas aukštas krovimas, vadovaudamasi prietaisu skydeliu, tokiu būdu buvo sugeneruotas didžiausias elektros energijos kiekis.

A₃ bandymo metu TP važiavimo greitis tai pat buvo 60 – 0 km/h, bet stabdymo trukmė pati didžiausia, lyginat su prieš tai atliktais bandymais, t.y. 37 s. Tuo metu TP vidutiniškai suregeneravo 21,66 Wh energijos į bateriją, o vidutinis pagreitis mažiausias 0,43 m/s². Stabdymas buvo pasyvesnis ir šio stabdymo metu nepavyko išlaikyti pilno regeneruojamos energijos kiekio, todėl suregeneruota energija buvo mažesnė, bet šio stabdymo metu buvo daugiau nuvažiuota ir didesnė energijos dalis sunaudota riedėjimui, nes lėtėjimas mažesnis. Iš gautų rezultatų matyti, kokią procentinę kinetinės energijos dalį sudaro regeneracinis stabdymas. Didžiausia dalis kinetinės energijos regeneruojama stabdant A₂ – pasyviu stabdymu, šio stabdymo metu suregeneruojama energijos dalis yra 38,07 %.

Vertinant, kad realiuose tirtuose miesto maršrutuose tenka sustoti 2 kartus, galima teigti, kad važiuojant hibridiniu automobiliu tokio tipo kelionėse galima regeneruoti 51 Wh energijos, o vėliau ją panaudoti automobilio judėjimui. Žinoma, kad deginant benzina varikliuose, kurių šiluminis efektyvumas 40 % ir norint pagaminti 1 kWh mechaninės energijos, į aplinką išskiriama 665 g CO₂. Važiuojant trumpais miesto maršrutais, kuriuose atliekami 2 stabdymai, dėka regeneruojamos energijos stabdymo metu, hibridinio automobilio teigiamas poveikis aplinkai yra apie 34 g mažiau išmetamo CO₂.

Išvados

Tyrime nagrinėta automobilių transporto taršos mažinimo galimybės miestų teritorijose tradicinius

automobilius pakeičiant hibridiniais:

- Pagal sudarytą metodiką nustatytas optimalus hibridinio automobilio stabdymo pagreitis yra 1,5 m/s²;
- Hibridinį automobilį stabdant optimaliu lėtėjimo pagreičiu mieste, vieno sustojimo prie šviesoforo ar sankryžos metu gali būti regeneruojamas energijos kiekis, kuris lygus 25 Wh;
- Važiuojant trumpu miesto maršrutu, kuriame reikia 2 kartus sustoti, vertinant tik stabdymo metu regeneruojamą energijos kiekį, hibridinio automobilio teigiamas poveikis aplinkai yra 34 g mažiau išmetamo CO₂ šiame maršrute.

Literatūra

1. Adomavičius V. Elektromobiliai ir jų plėtros perspektyvos. 2011 interaktyvus. [žiūrėta 2023-04-30]. Prieiga per: <https://epubl.ktu.edu/object/elaba:28940630/28940630.pdf>
2. Clifford J. Pillars of the 2016 Prius: new-generation hybrid system. 2016 interaktyvus. [žiūrėta 2023-05-21]. Prieiga per: <https://mag.toyota.co.uk/pillars-of-the-2016-prius-new-generation-hybrid-system/>
3. EPA, Fuel economy. 2023 interaktyvus. [žiūrėta 2023-04-21]. Prieiga per: <https://www.epa.gov/fueleconomy/plug-hybrid-electric-vehicle-learn-more-about-new-label>
4. Pico Technology. PicoScope 3000 Automotive User's Manual. 2007 interaktyvus. [žiūrėta 2023-09-15]. Prieiga per: <https://www.picotech.com/download/manuals/ps3000a044-2.pdf>
5. Wyatt A. DL1 SPORT - Our entry level data logger. 2018 interaktyvus. [žiūrėta 2022-04-25]. Prieiga per: <https://www.race-technology.com/us/racing/products/data-loggers/dl1-sport>

STUDY OF POLLUTION REDUCTION POSSIBILITIES WHEN DRIVING A HYBRID CAR ON CITY ROADS

Summary

Cars are one of the biggest environmental polluters. One of the effective means of reducing transport pollution is the improvement of existing vehicles and the creation of new transport options. Comparing a hybrid car with a conventional internal combustion engine car shows that it uses less fuel. One of the biggest advantages of a hybrid car is regenerative braking. During regenerative braking, part of the car's kinetic energy is regenerated into the battery. The regenerated energy is then used to drive an electric motor, which turns the wheels through a transmission. Research has shown that, from the point of view of regenerated energy, the optimal braking acceleration of a hybrid car is 1.5 m/s², and on a short urban route, the positive impact of a hybrid car on the environment is 34 g less CO₂ emissions.

Key words: hybrid car, regenerative braking, efficiency.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Darius Juodvalkis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Dargužis.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, docentas.

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 614 77194, andrius.darguzis@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Darius Juodvalkis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, associated professor.

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

Telephone and e-mail address: +370 682 14365, darius.juodvalkis@edu.ktk.lt

Author name, surname: Andrius Dargužis.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, associated professor.

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

Telephone and e-mail address: +370 614 77194, andrius.darguzis@edu.ktk.lt

PADANGŲ PIROLIZĖS ALIEJAUS TEPUMO SAVYBIŲ TYRIMAS

Tomas Mickevičius

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje analizuojami dyzelinių degalų (DD), biodegalų (HVO) ir padangų pirolizės aliejaus (PPA100) tepumo savybių tyrimo rezultatai. Tepumo tyrimai atlikti naudojant HFFR aukšto dažnio slankiojamo judesio stendą. Degalų tepumas buvo nustatomas pagal nudilimo pėdsaką susidarantį ant švytuojančio rutuliuko dėl kontakto su stacionariai įtvirtinta plokšte, panardinta į degalus. Bandymas atliktas pagal tarptautinį standartą ISO 12156. Analizuojant gautus rezultatus buvo nustatyta, kad didžiausias nudilimo skersmuo 0,343 mm gautas naudojant gryną padangų pirolizės aliejų, mažiausias nudilimo skersmuo 0,185 mm užfiksuotas naudojant grynus dyzelinius degalus. Darbe buvo nagrinėtos skirtingos sudėties degalų, tankio ir kinematinės klamos priklausomybės nuo temperatūros. Atlikus tyrimus buvo nustatyta, kad tankis didėja, didėjant PPA kiekiui biodegalų mišinyje ir mažėja didėjant temperatūrai. Tankio priklausomybė buvo gauta tiesiška. Priklausomai nuo degalų sudėties, kinematinė klampa mažėjo didėjant temperatūrai.

Reikšminiai žodžiai: dyzeliniai degalai, biodyzelinas, padangų pirolizės aliejus, tepumas

Įvadas

Transporto priemonių vidaus degimo variklių (VDV) konstrukcija ir eksploataciniai parametrai buvo tobulinami efektyviai dirbti su mineraliniais degalais (Labeckas ir kt., 2008). Tačiau mineralinių degalų ištekliai riboti ir neatsinaujinantys. Didėjant transporto priemonių skaičiui, žaliavinės naftos atsargos mažėja, o sunaudojimo poreikis didėja. Didėja ir atmosferoje išsiskiriančių teršalų kiekis. Mažėjantys mineralinių degalų resursai, nestabilios naftos produktų kainos ir vis labiau augančios aplinkosauginės problemos verčia pasaulio mokslininkus ieškoti atsinaujinančių ir alternatyvių energijos šaltinių.

Aplinkosauginiai reikalavimai nuolat nagrinėjami įvairiose Europos Sąjungos (ES) Komisijose. ES transporto priemonių deginių emisija pradėta reguliuoti nuo 1970 m., o 1990 m. patvirtinti Euro standartai dyzelinius degalus ir benziną naudojančiam transportui ir varikliams. Šiuos standartus turi atitikti visos transporto priemonės, kuriomis prekiaujama ES šalyse. Standartai buvo įvesti tam tikrais etapais: pirmas etapas „Euro-1“ ES buvo įgyvendintas 1992–1995 m., antras „Euro-2“ 1996–1999 m., trečias „Euro-3“ 2000–2004 m., ketvirtas „Euro-4“ 2005–2007 m., penktas „Euro-5“ 2008–2012 m., šeštas „Euro-6“ 2013 m. (Singh et al., 2022). ES valstybėse formuojamos mažos taršos zonos. Daugelyje šalių taršių automobilių kriterijai vertinami pagal jų pagaminimo metus ir pagal EURO deginių emisijos standartus (Robert Bosch GmbH., 2004).

Pirmos kartos biodegalams, kaip žaliavai naudojami maistiniai augalai, turintys lengvai išgaunamų cukrų, krakmolo ir aliejaus. Gamybos metu cukrus sufermentuojamas į bioetanolį, o iš riebalinių rūgščių transesterifikacijos būdu gaminamas biodyzelinas. Kaip populiariausi biodegalai ES šalyse plačiai naudojamas biodyzelinas. Antros kartos biodegalai, kaip žaliavą naudoja lignoceliuliozės turinčią biomasę. Šiuo atveju biodyzelinas (HVO; NExBTL) gaunamas hidrinimo būdu iš augalinių aliejų ir gyvūninių riebalų, medienos ir pramoninių atliekų (Engman et al., 2016).

Atliekų pavertimas degalais turi didžiulį potencialą. Kietosios atliekos pasaulyje yra rimta problema, dėl kurios kyla ekologinės ir ekonominės problemos. Kasmet pasaulyje susikaupia didelė dalis nudėvėtų padangų. Antrosios kartos degalus pagal gamybos būdą galima suskirstyti į grupes. Degalus, sintetinius iš dujų, gaunamų pirolizės ir Kocho būdais. Šiuos gamybos būdus galima taikyti tokioms žaliavoms kaip anglis, plastikas, dumbblas, alkanų, alkenų ir aromatinių dujų mišiniams. Į atskirą grupę grupuojami skystieji degalai iš gamtinių dujų, biodujų. Jų sintezės produktai – metanolis, dimetileteris, benzinas, dyzelinas. Trečiajai grupei priskiriami skystieji degalai iš biomasės (žaliavos: mediena, šiaudai, durpės); gaunami sintezės produktai – Fišerio-Tropšo biodyzelinas, biometanolis, bio-DME (Binod et al., 2019).

Atsinaujinančių biodegalų ir alternatyvių degalų naudojimas gerina ekologinę situaciją, tačiau kitų problemų atsirandančių VDV pašalinti negali. Šiam tikslui reikia tirti degalų tiekimo, degalų išpurškimo ir lašelių išskaidymo procesus, jų pasiskirstymą degimo kameros tūryje ir pasienio srityje, tobulinti degiojo mišinio ruošimą ir savaiminį užsiliepsnojamą, optimizuoti degimo ir šilumos išsiskyrimo charakteristikas (Labeckas ir kt., 2008). Pritaikant variklio maitinimo sistemas darbui su netradiciniais degalais, degalai privalo patenkinti vieną iš svarbiausių reikalavimų – negadinti maitinimo sistemos aparatūros detalių. Nagrinėjant mokslininkų šia tema atliekamus tyrimus pasigendama mokslinių tyrimų, kurie būtų susiję su atsinaujinančių ir alternatyvių degalų cheminių bei fizikinių savybių įtakojimui, transporto priemonių variklių maitinimo sistemos darbui yra mažiau.

Tyrimo objektai ir metodika

Vytauto Didžiojo universitete, Miškų ir ekologijos fakulteto, Aplinkos ir ekologijos katedros, Aplinkos technologijos cheminių ir biocheminių tyrimų laboratorijoje, buvo tyrinėjamas skirtingos sudėties degalų ir jų

mišinių tankis ir kinematinė klampa. Fizinėms degalų savybėms nustatyti buvo naudojamas „Anton Paar“ firmos prietaisas „SVM 3000“ (matavimo paklaidos atitinkamai 0,0002 g/cm³ ir 0,1%).

Tyrimė buvo panaudoti trys skirtingos sudėties degalų mišiniai, kurių sudėtis yra tokia:

1. 100 % HVO – hidrinimo būdu iš augalinių aliejų ir gyvūninių riebalų, medienos ir pramoninių atliekų gauti dyzeliniai degalai (Malinowski et al., 2013);

2. 100 % – padangų pirolizės aliejus (PPA100);

3. DD – mineralinis dyzelinas.

Naudotų gryną degalų fizinės cheminės savybės pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė

Naudotų degalų fizinės ir cheminės savybės

Savybių rodikliai	Vertinimo metodas	DD	HVO	PPA	EN590
Tankis esant 15°C, kg/m ³	EN ISO 12185:1999	832,7	779,8	910	800 – 845
Kinematinė klampa, mm ² /s	EN ISO 3104+AC:2000 at 40 °C	2,13	2,92	3,77	1,5 – 4
Tepumo savybės patikslintos pagal skersmens nusidėvėjimą (HFRR), (wsd 1.4) esant 60 °C, μm	EN ISO 12156-1	-	-	-	Max: 460
Cetanis skaičius	EN ISO 5165:1999	51,4	78,9	39	Min: 51
Degunies kiekis, max wt%	-	0	0	1,76	
Anglies ir vandenilio masės santykis (C/H)	-	6,62	5,58	1,48	
Stechiometrinis oro ir degalų santykis, kg/kg	-	14,5	15,1	13,46	
Žemutinis šilumingumas, MJ/kg	EN ISO 8217:2012	43	43,82	38,10	

Degalų tepumo eksperimentiniai tyrimai buvo atliekami Vytauto Didžiojo universiteto Žemės ūkio akademijos, Inžinerijos fakulteto, Mechanikos, energetikos ir biotechnologijų inžinerijos katedros tribologijos bandymų laboratorijoje.

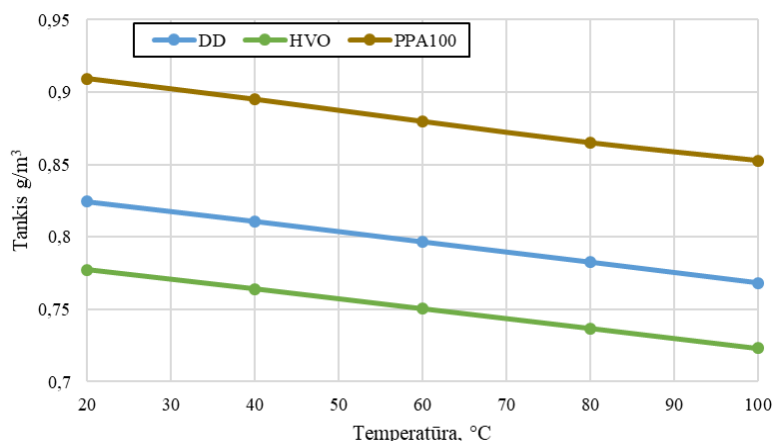
Tyrimai buvo atlikti su HFFR aukšto dažnio slankiojamo judesio stendu. Degalų tepumas buvo nustatomas pagal nudilimo pėdsaką susidarantį ant švytuojančio rutuliuko dėl kontakto su stacionariai įtvirtinta plokšte, panardinta į degalus. Bandymas atliktas pagal tarptautinį standartą ISO 12156 (ASTM D6079-99 Standard). Bandymo metu degalų temperatūra buvo 60° C. Tiriant buvo atliekami 3 pakartojimai.

Rutuliukų nudilimo pėdsakų vaizdai buvo gauti naudojant optinį mikroskopą „Nikon Elipse MA100“. Gautas nuotraukos priartintos 200 kartų. Gautų eksperimentinių duomenų apdorojimui naudota Excel 2016 programa iš standartinio MS Office paketo.

Tyrimų rezultatai

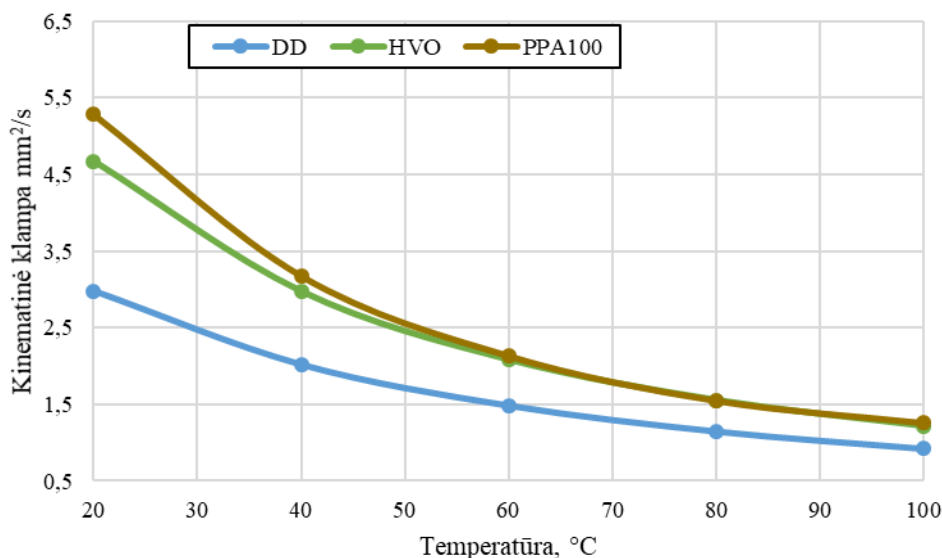
Dyzelino kokybės reikalavimus Europoje nustato EN 590 standartas. Svarbiausi rodikliai: tankis klampa, tepumas, cetanis skaičius, cetanis indeksas, virimo sritis, filtravimosi riba, plyksnio taškas, sieros kiekis, polinkis koksuočiai, bendras užterštumas, vandens kiekis. Naudojant skirtingos sudėties degalus ir jų mišinius keičiasi naudojamų degalų savybės. Energijos kiekis degalų tūrio vienete didėja didėjant tankiui. Naudojant didesnio tankio, kuris priklauso nuo degalų rūšies, degalus, padidėja variklio galia ir dūmingumas. Todėl reikalaujama, kad degalų tankis, atsižvelgiant į degalų rūšį mažai kistu (Robert Bosch GmbH., 2004).

Padangų pirolizės aliejaus įmaišymas į biodyzeliną keičia degalų tankį (1 pav.). Atlikus tyrimus buvo nustatyta, kad tankis didėja, didėjant PPA kiekiui biodegalų mišinyje ir mažėja didėjant temperatūrai. Esant 60 °C laipsnių temperatūrai, dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus, tankis buvo gautas atitinkamai 6,1 % ir 17,2 % didesnis, negu gryno antros kartos biodyzelino.



1.pav. Skirtingos sudėties degalų tankio priklausomybė nuo temperatūros

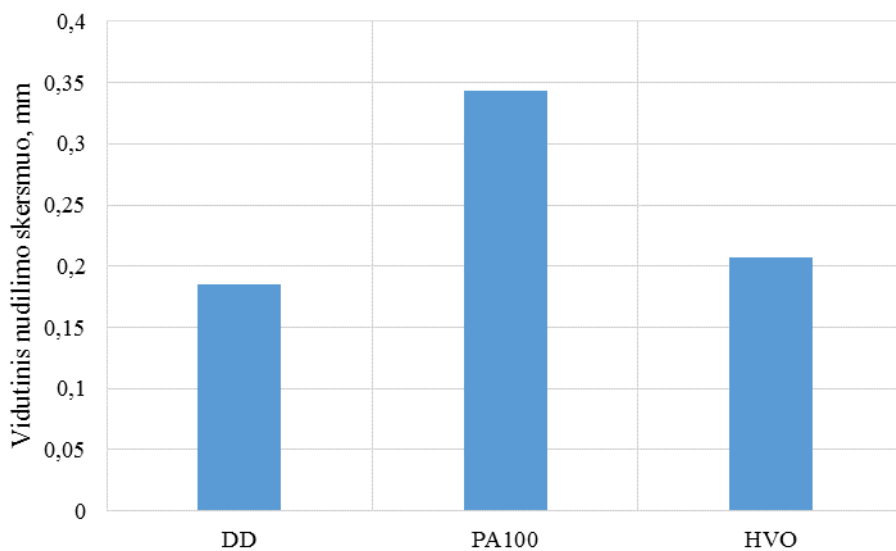
Skysčio vidaus trintį įvertinanti degalų savybė kinematinė klampa. Tai vienas iš pagrindinių rodiklių charakterizuojančių tekumą. Degalų klampa turi įtakos degalų išpurškimo kokybei ir maitinimo sistemos darbo sąlygoms. Kai degalų klampa maža, blogiau sutepamos plunžerinės poros, degalai purškiami smulkesniais lašeliais. Šių lašelių kinetinė energija mažesnė, todėl jie lieka arčiau purkštuvo, blogiau ruošiamas degusis mišinys, variklis gali dūminti. Kai degalų klampa didesnė, lašeliai formuojasi didesni, jie lekia toliau, bet lėčiau garuoja.



2 pav. Skirtingos sudėties degalų kinematinės klamos priklausomybė nuo temperatūros

2 paveiksle pateikta skirtingos sudėties degalų kinematinės klamos priklausomybė nuo temperatūros. Kaip matyti grafike, esant 60 °C laipsnių temperatūrai, biodyzelino ir padangų pirolizės aliejaus, kinematinė klampa gauta atitinkamai 40 %, ir 43 % didesnė, negu įprastinių dyzeliniu degalų.

Degalų tepumas nustatomas atliekant dilimo testą. Tvirtai įtvirtintas plieninis rutuliukas degaluose dideliu dažniu trinamas į plokštę. Susidariusios plokštumos dydis parodo nudilimą, todėl yra degalų tepumo matas (Robert Bosch GmbH., 2004). 3 paveiksle pateikti rutuliuko vidutiniai nudilimo skersmenys naudojant dyzelinius degalus, biodyzeliną ir jo mišinius PPA15, PPA30, PPA60 ir PPA100 su padangų pirolizės aliejumi.



3 pav. Rutuliukų vidutiniai nudilimo skersmenys naudojant skirtingos sudėties degalus

Analizuojant gautus rezultatus buvo nustatyta, kad pats didžiausias nudilimo skersmuo 0,345 mm užfiksuotas naudojant gryną padangų pirolizės aliejų (PA100). Mažiausias nudilimo skersmuo 0,185 mm buvo gautas naudojant dyzelinius degalus. Tuo tarpu, naudojant augalinį aliejų (HVO), nudilimo skersmuo buvo gautas 0,207 mm. Didėjant padangų pirolizės aliejaus kiekiui mišinyje, nudilimo skersmuo didėjo. Iš grafiko galima pastebėti, kad tiriamų skirtingos sudėties degalų vidutinio nudilimo skersmens reikšmės atitinka dyzeliniams degalams keliamus standarto reikalavimus.

Išvados

1. Dyzelinių degalų ir padangų pirolizės aliejaus, tankis buvo gautas 6,1 % ir 17,2 % didesnis, negu antros kartos biodyzelino, esant 60 °C temperatūrai.

2. Biodyzelino ir padangų pirolizės aliejaus, kinematinė klampa gauta 40 %, ir 43 % didesnė, esant 60 °C temperatūrai, palyginti su dyzelinių degalų atveju.

3. Mažiausias vidutinis nudilimo skersmuo gautas 0.185 mm naudojant dyzelinius degalus, didžiausias 0,345 mm naudojant gryną padangų pirolizės aliejų.

4. Tyrinėtų skirtingos sudėties degalų tepumo savybės pagal skersmens nusidėvėjimą (HFRR), gautos reikšmės atitinka dyzeliniams degalams keliamus (EN590) standarto reikalavimus.

Literatūra

1. ASTM D6079-99 Standard Test Method for Evaluating Lubricity of Diesel Fuels by the High-Frequency Reciprocating Rig (HFRR).
2. Binod, P., Gnansounou, E., Sindhu, R., & Pandey, A. (2019). Enzymes for second generation biofuels: recent developments and future perspectives. *Bioresource Technology Reports*, 5, 317-325.
3. Engman, A., Hartikka, T., Honkanen, M., Kiiski, U., Kuronen, L., Lehto, K., ... & Saikkonen, P. (2016). *Neste renewable diesel handbook*. Neste Proprietary Publication, Espoo.
4. Labeckas, G., Slavinskas, S., & Kirka, A. (2008). *Biodegalų ir bioalyvų inžinerija: Mokomoji knyga aukštosioms mokykloms*.
5. Malinowski, A.; Czarnocka, J.; Biernat, K. 2013. *An Analysis of Physico-Chemical Properties of the Next Generation Biofuels and Their Correlation with the Requirements of Diesel Engine*. Biodiesel - Feedstocks, Production and Applications, ISBN 978-953-51-0910- 5. 435–459.
6. Robert Bosch GmbH. (2004). *Diesel-engine management* (Vol. 112). Brill Academic Publishers.
7. Singh, S., Kulshrestha, M. J., Rani, N., Kumar, K., Sharma, C., & Aswal, D. K. (2022). *An Overview of Vehicular Emission Standards*. MAPAN, 1-23.

STUDY OF THE LUBRICATION PROPERTIES OF TIRE PYROLYSIS OIL

Summary

The article analyses the results of the study of the lubrication properties of diesel fuel (DD), biofuel (HVO) and tire pyrolysis oil (PPA100). Lubricity tests were performed using the HFFR high-frequency sliding motion bench. Fuel lubricity was determined by the wear mark formed on the glowing ball due to contact with a stationary plate immersed in fuel. The test was performed in accordance with the international standard ISO 12156. Analysing the results, it was found that the maximum wear diameter of 0.343 mm was obtained using pure tire pyrolysis oil, the minimum wear diameter of 0.185 mm was recorded when using pure diesel fuel. The article examined the temperature dependences of fuel with different compositions, density and kinematic viscosity. Studies have shown that density increases with increasing PPA content in the biofuel blend and decreases with increasing temperature. The density dependence was obtained linearly. Depending on the fuel composition, the kinematic viscosity decreased with increasing temperature. It was found that the kinematic viscosity of tire pyrolysis oil is higher than that of conventional diesel fuel.

Key words: tire pyrolysis oil; lubricity, mineral diesel fuel, biodiesel.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Tomas Mickevičius.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: 861645666, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Tomas Mickevičius.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Engineering department associated professor

Author's research interests: transport engineering.

Telephone and e-mail address: 8 61645666, tomas.mickevicius@edu.ktk.lt

COMPARISON ANALYSIS OF AUXETIC STRUCTURES

Esmeralda Štys

Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Summary

This paper presents the advantages and disadvantages of auxetic structures with negative Poisson ratio compared to other structure profiles as result of the design and analysis to be made. The surface areas of the profiles used in this study were tried to be created approximately equal. Computer aided auxetic structures were designed with SolidWorks and analyzed non-linearly with Static Structural analysis type of Ansys Workbench program. The parts were compressed between punches and the stress values were obtained by the finite element method.

Key words: surface areas, auxetic structures, punches.

Introduction

Today, auxetic structures used in many sectors (airplane, automotive, defense, textile, sports products, etc.) have many advantages compared to other structural profiles. Among these, there are many mechanical strength advantages such as fracture toughness, fatigue property, curvature shape. Apart from this, one of the most important features of auxetic structures is that they have a negative Poisson ratio. Unlike materials with positive Poisson's ratio, auxetic materials expand as they are stretched and contract as they are pressed.

Auxetic structures provide many advantages over conventional structures, they are more difficult to manufacture. Although the production of auxetic structures can be produced by traditional manufacturing methods such as hot extrusion and casting, more precise and easier production can be achieved through additive manufacturing.

Research object: auxetic cellular structures.

Research aim: to determine the advantages and disadvantages of auxetic structures with negative Poisson ratio compared to other structure profiles.

Research tasks:

1. To analyze the peculiarities of auxetic cellular structures.
2. To analyze mechanical properties of auxetic cellular structures.

Research methods: targeted literature analysis, computer aided modelling.

1. Auxetic Cellular Structures

The dependence of the mechanical performance of cellular structures on topologies has spurred unrestrained attempts to modify or improve new cellular structures. Therefore, designing new cellular structures with non-intuitive deformation patterns has attracted the interest of many researchers in the hopes of improving mechanical performance. Most conventional cellular structures exhibit a pattern of deformation in which they contract laterally when axially stretched and laterally expand when axially compressed. Conventional structures exhibit a positive Poisson's ratio. The Poisson ratio is the negative ratio of lateral strain (cL) to axial strain (cA). The Poisson ratio of most engineering materials ranges from 0 to ≈ 0.5 .

$$\nu = -\frac{\text{Strain in direction of load}}{\text{Strain at right angle to load}} \quad (1)$$

However, it is possible to have a different deformation pattern, thus different mechanical performance, by changing the topologies of the cellular structures. Continued interest and ongoing efforts to develop cellular structures have led to a new class of cellular structures that exhibit aberrant deformation response, such as the negative Poisson ratio (NPR). The NPR of auxetic cellular structures comes from their topological properties.

Auxetic cellular structures can undergo lateral contraction or expansion when they experience uniaxial compression and tensile loadings, which exhibit NPR, respectively.

Figure 1 shows the deformation of conventional and auxetic honeycombs and foams when subjected to axial stress: (a) original and deformed shapes of a conventional honeycomb showing lateral contraction; (b) the original and deformed shapes of an auxetic honeycomb showing lateral expansion; (c) a conventional foam that exhibits lateral shrinkage; (d) an auxetic foam showing lateral expansion.

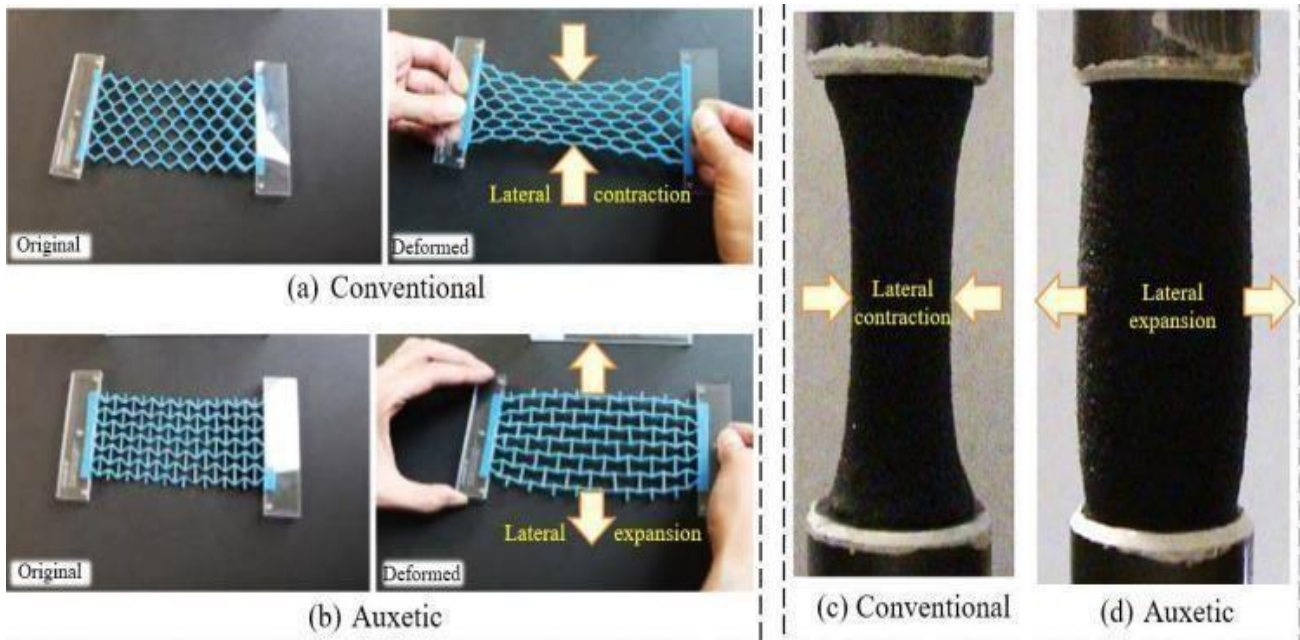


Fig. 1. Difference between conventional and auxetic honeycombs and foams when subjected to stress: a) and c) conventional, b) and d) auxetic
Resource: [1]

Due to their auxetic properties, some mechanical properties of auxetic cellular structures have been improved. These features include:

- Better indentation resistance;
- Large shear modulus;
- Great fracture toughness;
- Variable permeability;
- Fatigue properties and energy absorption;
- Good acoustic and thermal absorption.

The unique mechanical properties of auxetic cellular structures have opened the door for auxetic structures to be used in a wide variety of practical applications such as sandwich panels, medical stents, smart filters, sound absorbers, vibration dampers, textiles, seat cushions, human protection equipment.

However, traditional fabrication processes have limited capacity to produce cellular structures with small and complex unit cells, which has been a barrier to the application of auxetic cellular structures. Mass fabrication of auxetic structures has now become possible, thanks to modern manufacturing techniques such as additive manufacturing, which facilitate the fabrication of most structures with internal and external complexity.

2. Properties of Auxetic Structures

The unique deformation resulting from auxetic behavior leads to increased mechanical properties of auxetic structures, making them alternative for use in a wide variety of applications. A wide variety of mechanical properties such as fracture toughness, variable permeability and energy absorption, and fatigue properties are more developed in auxetic structures.

Fracture Toughness. It has been stated that the fracture toughness of auxetic structures is higher than that of conventional structures. Experimental studies have shown a significant increase in fracture toughness as a function of volumetric compression ratio.

Fatigue Properties. It was determined that the fatigue properties of auxetic structures increased when compared with classical cellular structures.

Curvature Shape. Conventional structures form saddle-shaped surfaces when bent along the out-of-plane direction. The distinctive feature of auxetic structures is that they produce a dome shape. This uncommon property is called synclasticity and is believed to have broad potential in a variety of applications (see Fig. 2).

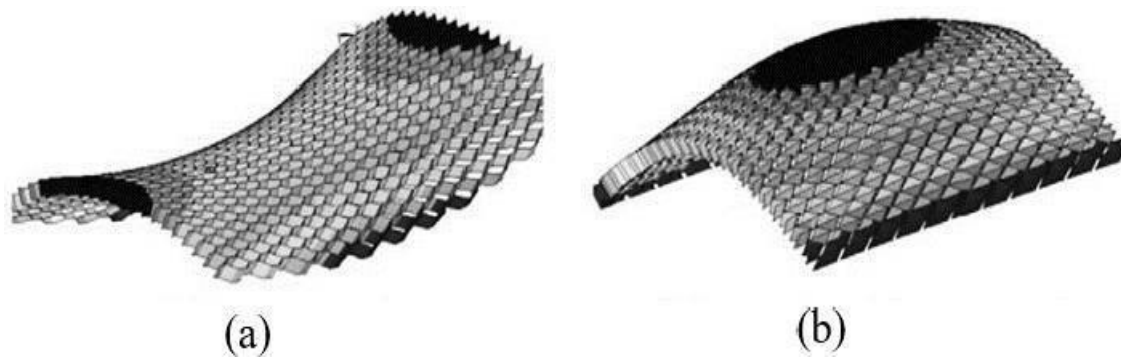


Fig. 2. (a) The saddle-shaped surface of the hexagonal honeycomb; (b) the dome-shaped bicurved surface of a re-entrant honeycomb (a typical auxetic structure)

Resource: [2]

Energy Absorption. Auxetic-structured sandwich panels (Fig. 3) are known to outperform conventional and foam-structured ones when subjected to blast loading.

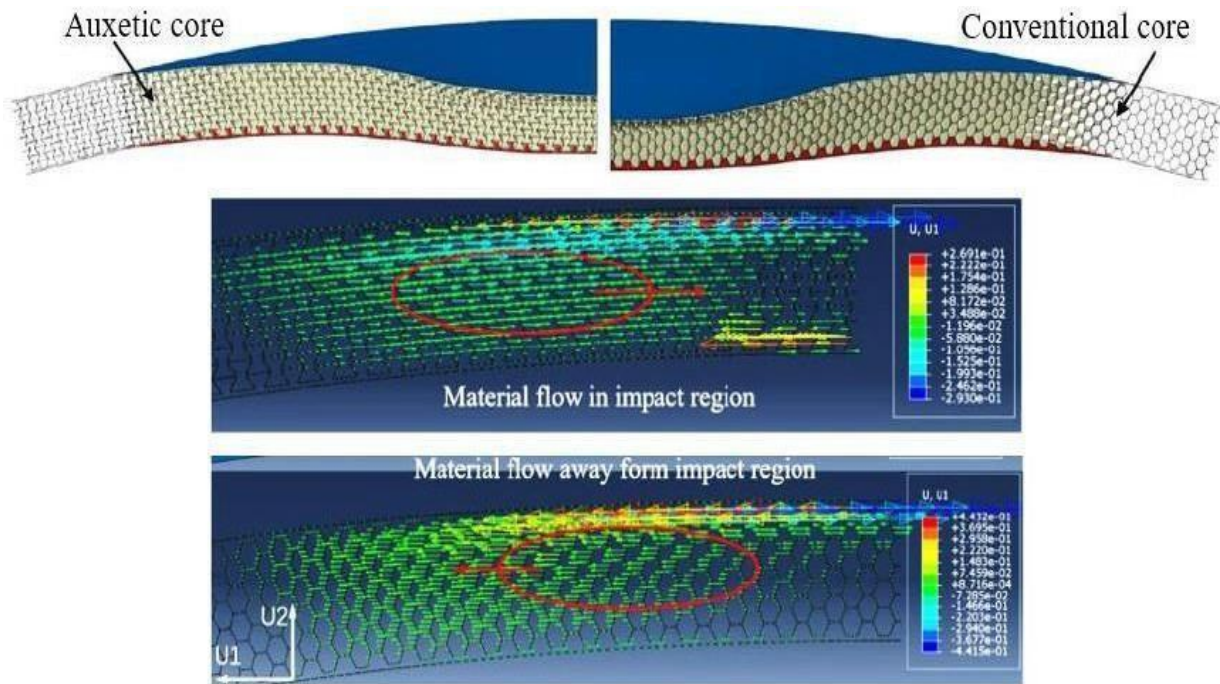


Fig. 3. Comparison of deformation patterns of panels with auxetic core and conventional core showing the magnitude and direction of displacements of both cores.

Resource: [6]

Lateral contraction of a sandwich structure under compression causes more material to move inward to increase its load-bearing capacity. Therefore, the use of auxetic structured sandwich panels in automotive, aerospace, and protective equipment is increasing. Auxetic structured sandwich panels showed better resistance to dynamic loads and absorbed higher energy compared to other alternatives.

3. The compressive stress-strain curves of foams.

The mechanical performance of cellular structures varies with the direction of loading. Cellular structures are stiffer and stronger when subjected to loads along their out-of-plane direction (i.e. thickness direction) compared to loading along in-plane directions. The researchers investigated the mechanical performance of cellular structures subjected to loading along in-plane and out-of-plane directions.

Cellular structures have attracted great attention due to their superior mechanical properties and lightness. Researchers [F. Scarpa, L.G. Ciffo, J.R. Yates, 2004] have worked on modeling cellular structures, analyzing and investigating their mechanical performance. In addition, many attempts have been made to expand the range of cellular structures by changing the geometric parameters of existing structures or adding new structures. Cellular structures may have different topologies but have the same density.

When cellular structures are compressed, they deform significantly and undergo large deformation at relatively low and constant stress, effectively dissipating large amounts of energy. The distinctive properties of cellular structures such as stable and relatively low stress and great compressibility are affected by both the relative density and the parent material from which the cellular structures are made. Figure 4 (a) and (b) show the compressive stress-strain curves of foams made from ductile and brittle base materials, respectively.

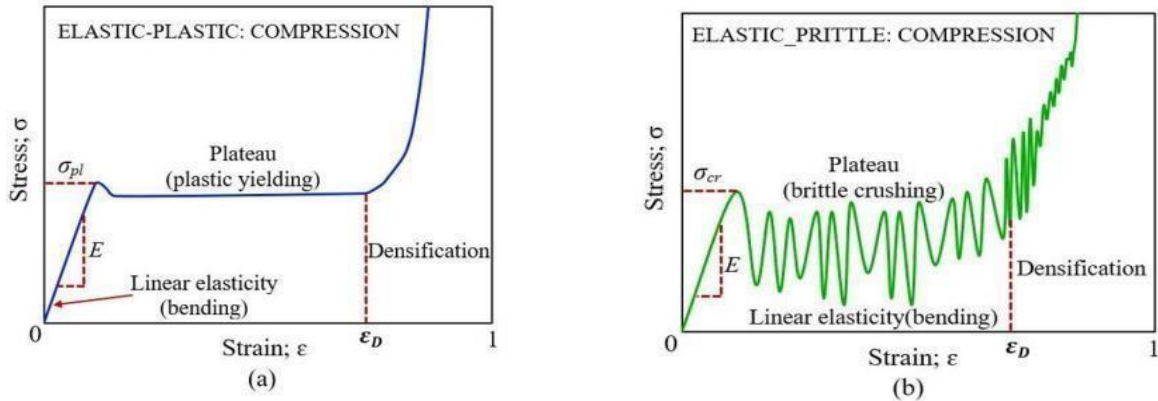


Fig. 4. Typical compressive stress-strain curves of cellular structures made of: (a) an elasto-plastic base material; (b) elastic-brittle base material

Resource: [4]

Due to its light weight and superior properties, cellular structures are widely used in sandwich panels (see Fig. 5). Sandwich panels are usually made of a foam or structural core with cells aligned in their out-of-plane directions and two thin rigid faces connected to the core from above and below.

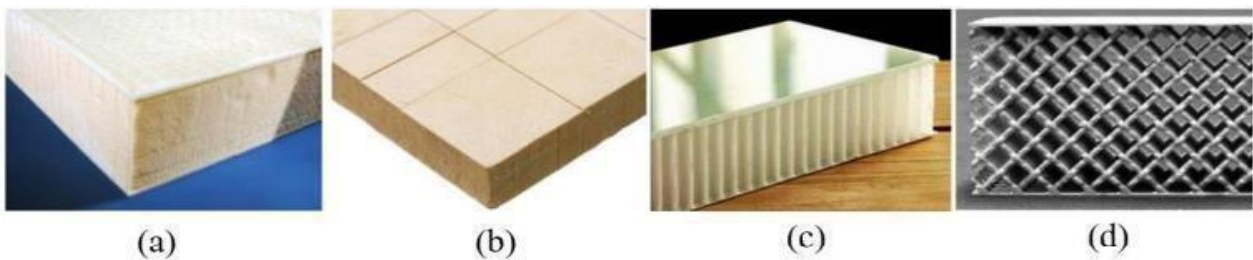


Fig. 5. Lightweight cellular structures commonly used as cores in sandwich panels: (a) foam core; (b) balsa wood sap; (c) honeycomb core; (d) girder core

Resource: [2]

Cellular structures are used in a wide variety of fields, including the automotive, aerospace, sports, marine and medical industries.

4. Additive Manufacturing of cellular samples

Additive manufacturing is a formalized term for rapid prototyping and 3D printing. Additive manufacturing can transform almost any design directly from digital solid data into a real product using a layer-by-layer concept (see Fig. 6).

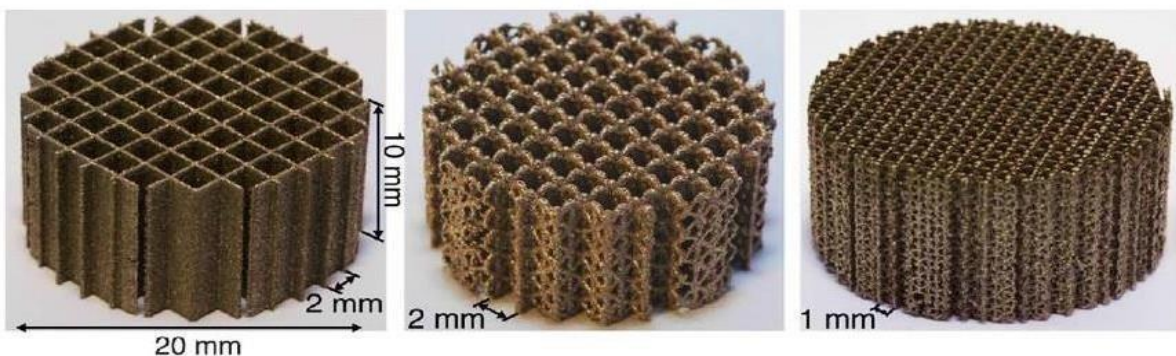


Fig. 6. Photographs of cellular samples produced from stainless steel powders using 15 SLM -200.

Resource: created by the author

Additive manufacturing processes offer several advantages over traditional manufacturing methods:

- 1) can produce delicate structures with complex geometry,
- 2) no tools, molds or assembly are required. The time from concept to final product is therefore significantly reduced.
- 3) since all additive manufacturing processes are carried out digitally, it is easy and feasible to change the geometric parameters of the unit cells to obtain an optimal structure with desired mechanical properties.

All additive manufacturing techniques have the concept that any component can be produced by building layer by layer. Selective Laser Melting (SLM), Selective Laser Sintering (SLS), Electron Beam Melting (EBM), Direct Metal Deposition (DMD), Stereolithography (SLA), Fused Deposition Modeling (FDM) and Multi Jet Fusion (MJF) among additive manufacturing methods Seven methods are used.

5. Analysis of the auxetic structure

The surface areas of the designed profiles were tried to be created approximately equal in this study. Celles structures were designed with SolidWorks. Figure 7 shows geometric parameters of auxetic cells structures.

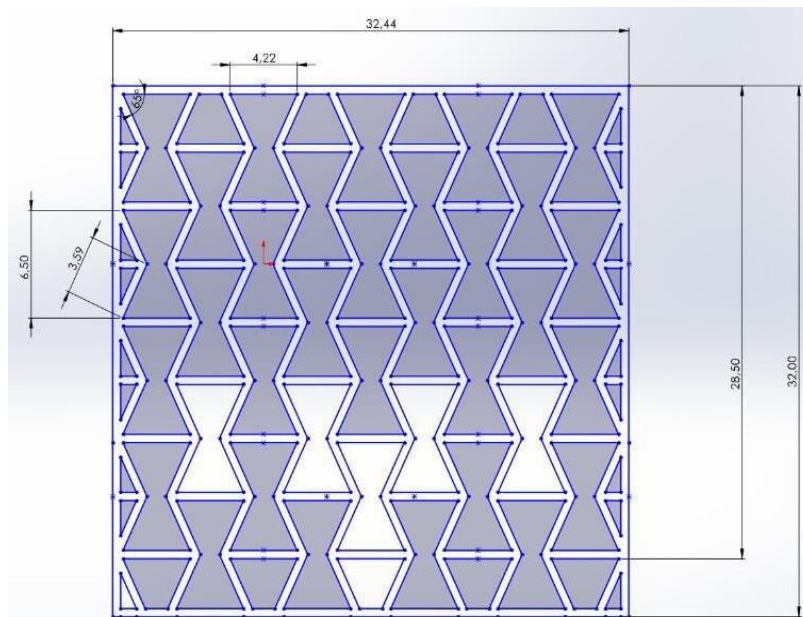
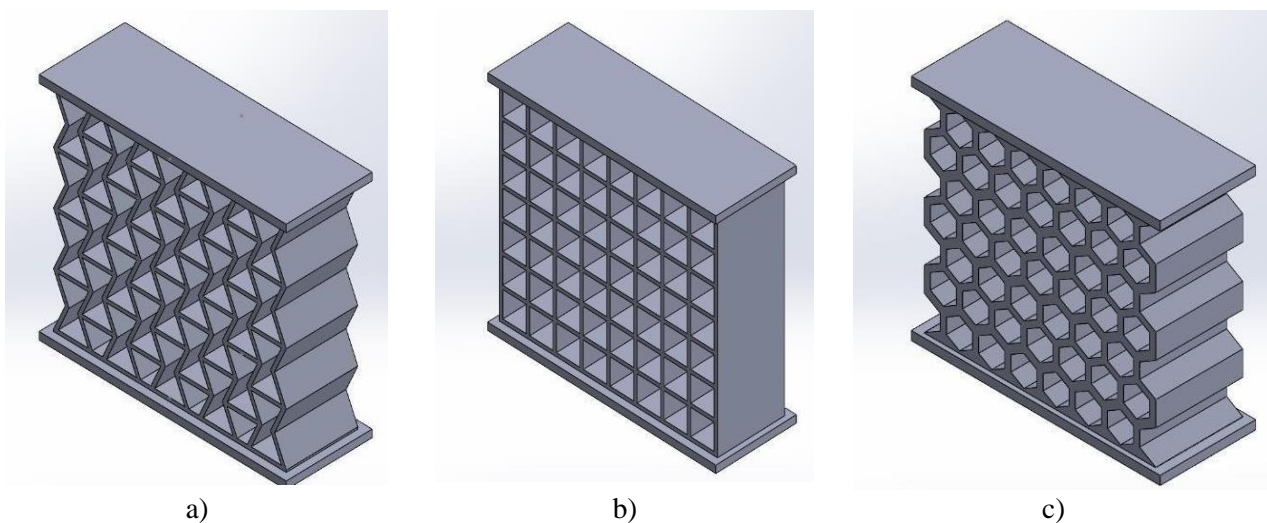


Fig. 7. Dimensions of auxetic cell structures

Resource: created by the author

In this study 3 types of profiles were analyzed (see Fig. 8): auxetic structure, hexagonal structure, square within square structure.



a)

b)

c)

Fig. 8. Profiles of cell structures: a) Auxetic, b) Square-within-Square, c) Hexagonal

Resource: created by the author

The designed structure parts were compressed between punches and the stress values were obtained by the finite element method and analyzed non-linearly with Static Structural analysis type of Ansys Workbench program.

In this study, the deformations (see Fig. 9) of auxetic, hexagonal, square-in-square under certain displacements and stresses in the structure were examined.

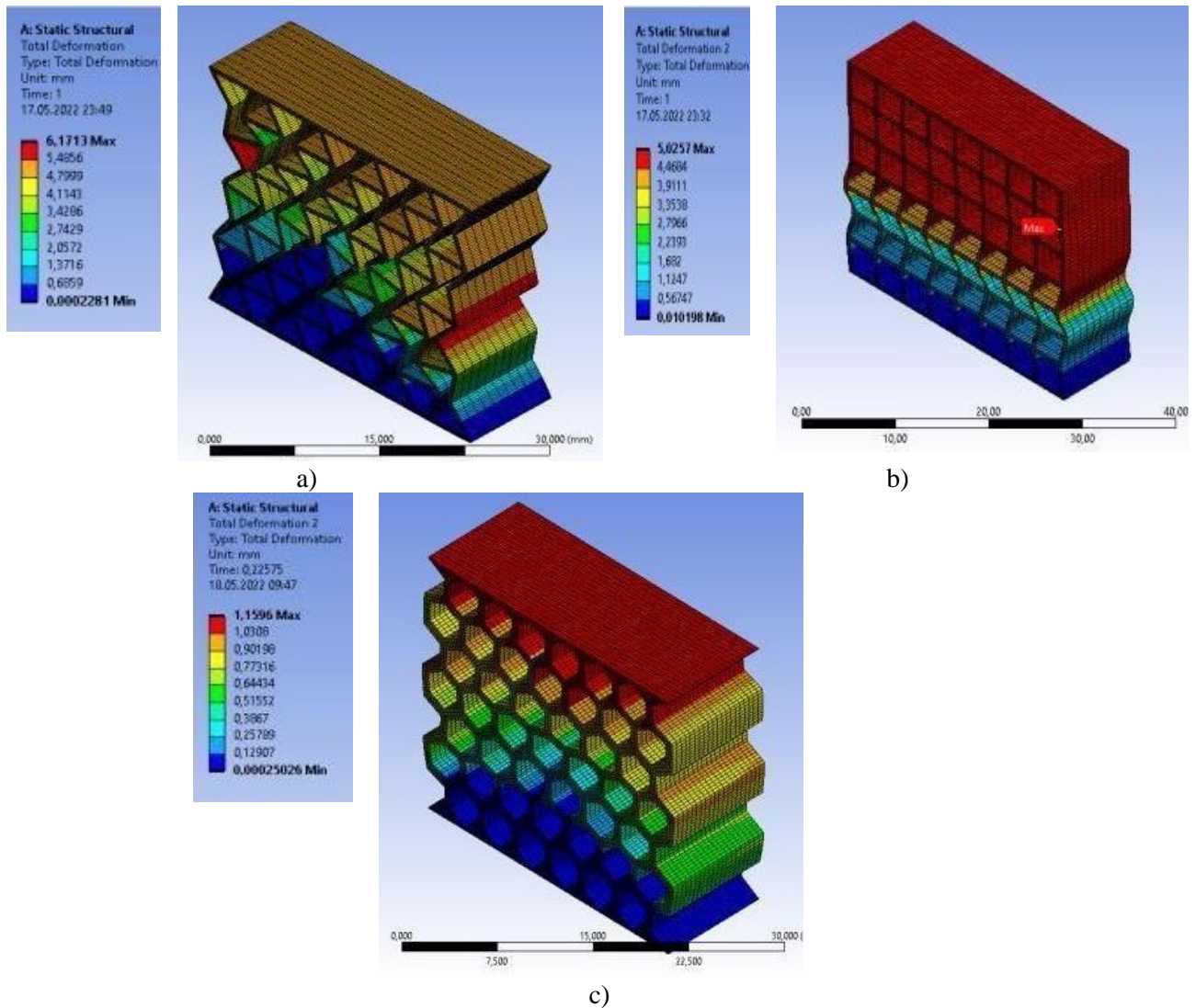


Fig. 9. Total deformation value in the: a) Auxetic Structure, b) Square Structure Within a Square, c) Hexagonal Structure

Resource: created by the author

Looking at the analyzes results it is seen that the hexagonal structure profile has higher strength than other profiles (see table 1).

Table 1

Equivalent Stress Value of three types of cells structures

Model type	Equivalent Stress Value, MPa		
	Minimum	Maximum	Average
Auxetic Structure	0,30419	487,77	141,82
Square Structure Within a Square	1,5179	497,17	102,78
Hexagonal Structure	0,33944	367,27	183,81

Resource: created by the author

As a result of the analysis, the auxetic structure with no wall and negative Poisson ratio, instead of carrying a force, it tended to shrink inward and therefore could not resist the force.

Finally, if necessary, improvements are made in the continuation of the study, it is thought that auxetic structures, which are thought to be longer lasting and thus more economical, will deform better than other structural profiles.

Conclusions

1. Auxetic behavior leads to increased mechanical properties of auxetic structures and the distinctive feature of auxetic structures is that they produce a dome shape. The use of auxetic structured sandwich panels in aerospace and other fields is increasing.

2. Auxetic cellular structures can undergo lateral contraction or expansion when they experience uniaxial compression and tensile loadings. As a result of the analysis: the hexagonal structure profile has higher strength than other profiles, the auxetic structure with no wall and negative Poisson ratio tends to shrink inward.

REFERENCE LIST

1. Bhate D., Penick C., Ferry L., Lee C., Classification and selection of cellular materials in mechanical design: engineering and biomimetic approaches, *Designs*. 3 (2019) 19. <https://doi.org/10.3390/designs3010019>.
2. Belingardi G., Montanini R., Avalle M., Characterization of polymeric structural foams under compressive impact loading by means of energy-absorption diagram, *Int. J. Impact Eng.* 25 (2001) 455–472. [https://doi.org/10.1016/S0734-743X\(00\)00060-9](https://doi.org/10.1016/S0734-743X(00)00060-9).
3. Li Q. M., Magkiriadis I., Harrigan J. J., Compressive strain at the onset of densification of cellular solids, *J. Cell. Plast.* 42 (2006) 371–392. <https://doi.org/10.1177/0021955X06063519>
4. Scarpa F., Ciffo L. G., Yates J. R., Dynamic properties of high structural integrity auxetic open cell foam, *Smart Mater. Struct.* 13 (2004) 49–56. <https://doi.org/10.1088/0964-1726/13/1/006>.
5. Xiao Y., Hu Y., Zhang J., Song C., Huang X., Yu J., Liu Z., The bending responses of sandwich panels with aluminium honeycomb core and CFRP skins used in electric vehicle body, *Adv. Mater. Sci. Eng.* 2018 (2018). <https://doi.org/10.1155/2018/5750607>.
6. Chen L., Zhang J., Du B., Zhou H., Liu H., Guo Y., Li W., Fang D., Dynamic crushing behavior and energy absorption of graded lattice cylindrical structure under axial impact load, *Thin - Walled Struct.* 127 (2018) 333–343. <https://doi.org/10.1016/j.tws.2017.10.048>

AUKSETINIŲ STRUKTŪRŲ LYGINIMO ANALIZĖ

Santrauka

Straipsnyje analizuotami konstrukcijų pagamintų iš auksetinių medžiagų, turinčių neigiamą Puasono koeficientą, pranašumai ir trūkumai, lyginant su kitais konstrukcijų profiliais. Tyrime naudotų profilių paviršiaus plotus stengtasi sudaryti maždaug vienodus. Kompiuterinės auksetinės struktūros buvo sukurtos naudojant SolidWorks ir netiesiškai analizuojamos naudojant Ansys Workbench programos Static Structural analizės tipą. Dalys buvo suspaustos tarp šampū ir įtempimų reikšmės gautos baigtinių elementų metodu.

Raktiniai žodžiai: paviršiaus plotai, auksetinės struktūros, šampai.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Esmeralda Štyps.

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

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Aircraft Maintenance Engineering study programme, associated professor.

Author's research interests: technological sciences, mechanical engineering, strength of materials.

Telephone and e-mail address: +370 610 48810, esmeralda.styps@edu.ktk.lt

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Authoriaus vardas, pavardė: Esmeralda Štyps.

Mokslo laipsnis ir vardas: technologijos mokslų daktarė.

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programos komiteto docentė.

Authoriaus mokslinių interesų sritys: technologijos mokslai, mechanikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 48810, esmeralda.styps@edu.ktk.lt

TEMPIAMO STRYPO POSLINKIŲ SKAIČIAVIMAS ANALITINIU IR SKAITINIU METODAIS

Jurijus Tretjakovas^{1,2}, Aleksandras Vika², Vitalijus Rudzinskas¹

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

Anotacija

Tempiamų strypų sistemose išilginio poslinkio atsiradimas nuo apkrovos ar temperatūros pokyčio gali sukelti papildomas deformacijas. Todėl labai svarbu strypų ruožų pailgėjimus ir atsirandančius mazgų poslinkius skaičiuoti įvairiais būdais. Kiekvienas iš nagrinėjamų skaičiavimo būdų turi savo privalumų ir trūkumų, kuriuos straipsnyje aptariame. Darbe nagrinėjama analitinio ir skaitinių metodų taikymas tempiamo ir temperatūra veikiančio strypo mazgų poslinkiams skaičiuoti. Skaitiniais metodais laikomi kompiuterinės programos naudojimas ir modeliavimas baigtinių elementų metodu.

Reikšminiai žodžiai: tempimas, gniuždymas, ašinė jėga, išilginė deformacija, poslinkis

Įvadas

Kai dėl konstrukcijos elemento galų centruose pridėtų apkrovų strype atsiranda tik ašinės jėgos, o visos kitos vidinės jėgos yra lygios nuliui, tokį deformavimo tipą vadiname tempimu gniuždymu (Bhaduri, 2018; Dupen, 2022).

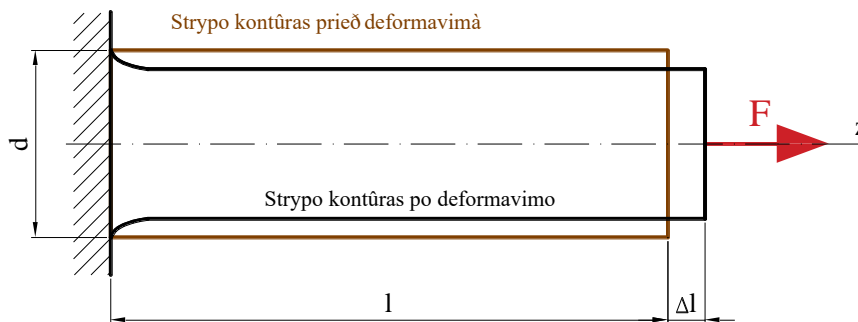
Apkrovos strypui gali būti perduodamos įvairiais būdais (sriegiu, sukabinimu ar tiesiog pridėjus vertikalią apkrovą). Tačiau visais atvejais pridėtų jėgų sistema suvedama į atstojamąją F , veikiančią strypo išilginės ašies atžvilgiu. Todėl visais atvejais skaičiuojamoji schema bus praktiškai vienoda (Pav. 1), t.y. strypo galuose veiks jėgos, lygios išoriniu apkrovų atstojamai jėgai F .



1 Pav. Strypo įtvirtinimo galai ir ašinė jėga N
Šaltinis: sudaryta autorių

Taikant universalųjį pjūvio metodą nesunkia gauname, kad visuose skerspjūviuose veikia ašinė jėga N , lygi išorinių jėgų sistemos atstojamajai F .

Tempiamos strypo visų matmenų (ilgis l ir skersmuo d) kitimas priklauso nuo jį veikiančių apkrovų ir aplinkos veikiančios temperatūros pokyčio. Kadangi skersmuo d yra žymiai mažesnis už ilgį l , dažnai tempiamose gniuždomose sistemose nagrinėjami tik matmenų pokyčiai išilgine z ašies kryptimi.



2 Pav. Strypo ilgio pokytis
Šaltinis: sudaryta autorių

Strypo ilgio pokytis išreiškiamas formule (Vislavičius ir kt., 2008):

$$\Delta l = \int_0^l \left(\frac{N}{E \cdot A} + \alpha \cdot \Delta t \right) dz \quad (1)$$

čia E – strypo medžiagos tamprumo modulis; A – strypo skerspjūvio plotas; α – strypo medžiagos šiluminio plėtimosi koeficientas; Δt – strype atsirandantis temperatūros pokytis.

Kai strypo medžiaga yra vienalytė, skersinis matmuo pastovus ir ašinė jėga nepriklauso nuo koordinatės z , formulė (1) supaprastėja

$$\Delta l = \left(\frac{N}{E \cdot A} + \alpha \cdot \Delta t \right) \cdot l \quad (2)$$

Reikia atkreipti dėmesį, kad ši formulė galioje plienui iki 300...400 temperatūros. Esant aukštesnėms temperatūros būtina vertinti tamprumo modulio E funkcinę priklausomybę nuo temperatūros t (Shmelev et al, 2019).

Temos aktualumas. Tema aktuali tuo, kad studentui ar inžinieriui, skaičiuojant tempiamų sistemų poslinkius dėl jų mažumo juos sunku įsivaizduoti realiai. Šiame straipsnyje skaitinis modelis vaizdžiai iliustruoja poslinkių pasiskirstymą.

Tyrimo objektas. Darbe nagrinėjamas tempiamas strypas veikiamas išorinių jėgų ir skirtingų temperatūros pokyčių.

Darbo tikslas – palyginti tempiamo ir temperatūra veikiamo strypo analitinio ir skaitinio poslinkių reikšmes.

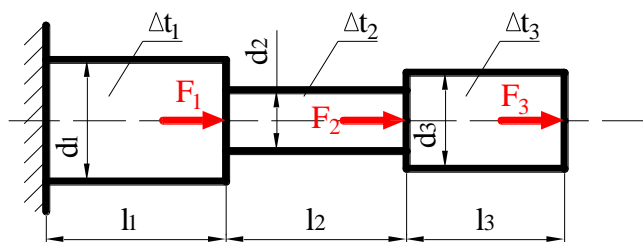
Šiam tikslui pasiekti buvo iškelti tokie *uždaviniai*:

1. Aprašyti tempiamos strypo laisvojo pjūvio poslinkį analitiškai;
2. Sumodeliuoti tempiamą strypą viena iš modeliavimo programų;
3. Skaičiuoti baigtinių elementų modelį tamprioje stadijoje;
4. Palyginti gautus rezultatus.

Tyrimo metodika grindžiama teoriniu analitiniu skaičiavimu ir skaitiniu modeliavimu.

Tempiamo strypo pradinis modelis

Analizuojamas centriškai tempiamas – gniuždomas plieninis strypas, jo pradinė schema parodyta 3 pav.. Strypo ruožų ilgiai l_1 , l_2 ir l_3 , ruožų skritulinio skerspjūvio skersmenys d_1 , d_2 ir d_3 . Strypo apkrova išreikšta per parametrus F_1 , F_2 , ir F_3 , strypo ruožus veikia temperatūros pokyčiai Δt_1 , Δt_2 ir Δt_3 .



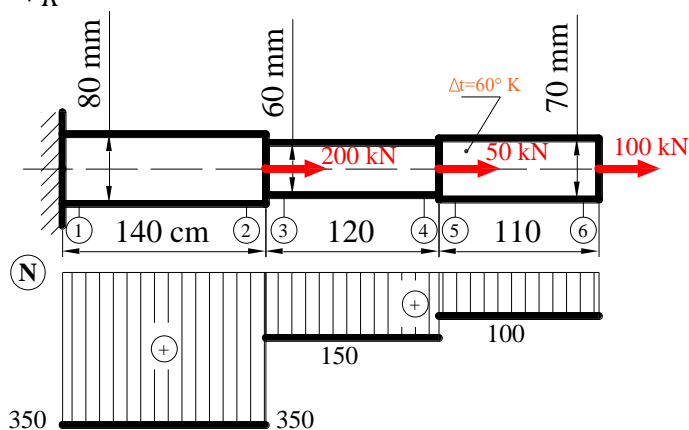
3 Pav. Strypo pradinė schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Strypas plieninis, plieno mechaniniai rodikliai: reglamentuojamas stipris f tamprumo modulis E , šiluminio plėtimosi koeficientas α .

Tempiamo strypo skaičiuojamasis modelis

Skaičiuojamasis modelis kuriamas kai jo ruožų ilgiai $l_1=140$ cm, $l_2=120$ cm ir $l_3=110$ cm, ruožų skritulinio skerspjūvio skersmenys $d_1=80$ mm, $d_2=60$ mm ir $d_3=70$ mm. Strypo apkrova išreikšta per parametrus $F_1 = 200$ kN, $F_2=50$ kN ir $F_3=100$ kN, strypo ruožus veikia temperatūros pokyčiai $\Delta t_1=0$, $\Delta t_2=0$ ir $\Delta t_3=60$ °K. Plieno projektinis stipris $f = 300$ MPa. tamprumo modulis $E = 200$ GPa, šiluminio plėtimosi koeficientas $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} 1/K$.



4 Pav. Tempiamo strypo skaičiuojamoji schema

Šaltinis: sudaryta autorių

Ašinės jėgos skaičiuojamos pradedant nuo laisvojo dešiniojo galo:

$$N_{56} = 100 \text{ kN}; N_{34} = 100 + 50 = 150 \text{ kN}; N_{12} = 150 + 200 = 350 \text{ kN}.$$

Sudaroma ašinių jėgų diagrama N, kuri pavaizduota Pav. 4.

Stypo mazgų poslinkių skaičiavimas atliekamas iš pradžių skaičiuojant stypo ruožo ilgio pokyčius pagal (2) formulę:

$$\Delta l_{12} = \frac{N_{12} \cdot l_{12}}{E \cdot A_{12}} = \frac{350 \cdot 10^3 \cdot 1,40}{200 \cdot 10^9 \cdot (\pi \cdot 0,080^2 / 4)} = 0,488 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,488 \text{ mm}$$

$$\Delta l_{34} = \frac{N_{34} \cdot l_{34}}{E \cdot A_{34}} = \frac{150 \cdot 10^3 \cdot 1,20}{200 \cdot 10^9 \cdot (\pi \cdot 0,060^2 / 4)} = 0,318 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,318 \text{ mm}$$

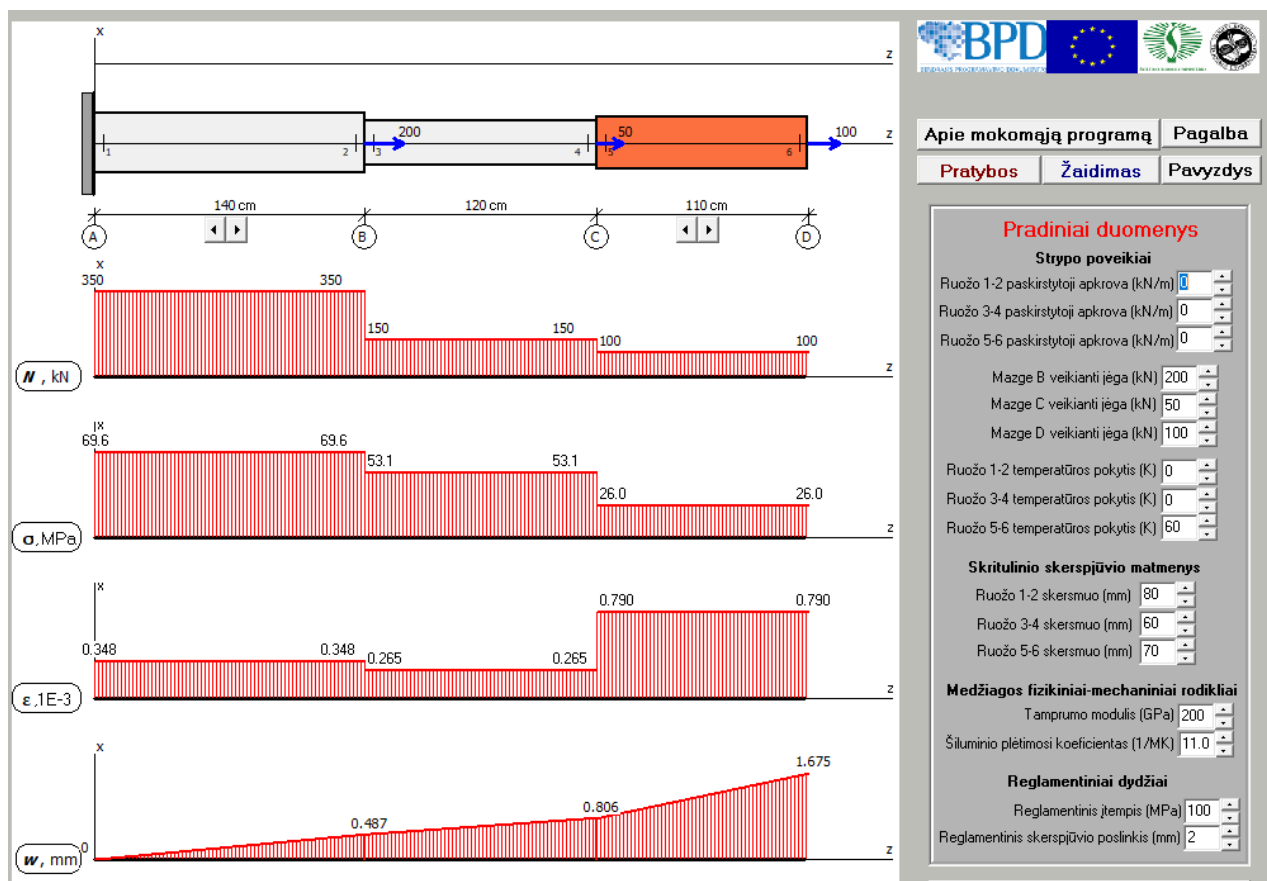
$$\Delta l_{56} = \left(\frac{N_{56}}{E \cdot A_{12}} + \alpha \cdot \Delta t_{56} \right) \cdot l_{56} = \left(\frac{100 \cdot 10^3}{200 \cdot 10^9 \cdot (\pi \cdot 0,070^2 / 4)} + 11 \cdot 10^{-6} \cdot 60 \right) \cdot 1,10 = 0,869 \cdot 10^{-3} \text{ m} = 0,869 \text{ mm}$$

Laisvojo šeštojo mazgo poslinkis bus visų ilgiu pokyčių suma:

$$w_6 = \Delta l_{12} + \Delta l_{34} + \Delta l_{56} = 0,488 + 0,318 + 0,869 = 1,675 \text{ mm}.$$

Tempiamo stypo kompiuterinis modelis

Naudojama programa (Vislavičius ir kiti, 2008) modeliuoti stypo apkrovoms ir skaičiuoti jo įrašoms ir poslinkiams. Gauti rezultatai parodyti 5 pav.



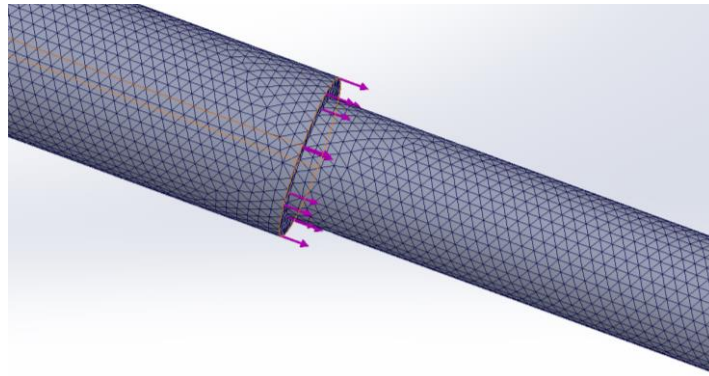
5 Pav. Stypo ašinės jėgos, įtempiai, deformacijos ir poslinkiai

Šaltinis: sudaryta autorių

Mus domina paskutinė diagrama w , kurioje pati kraštinė reikšmė 1,675 mm idealiai sutampa su paskaičiuotu rankiniu būdu poslinkiu w_6 .

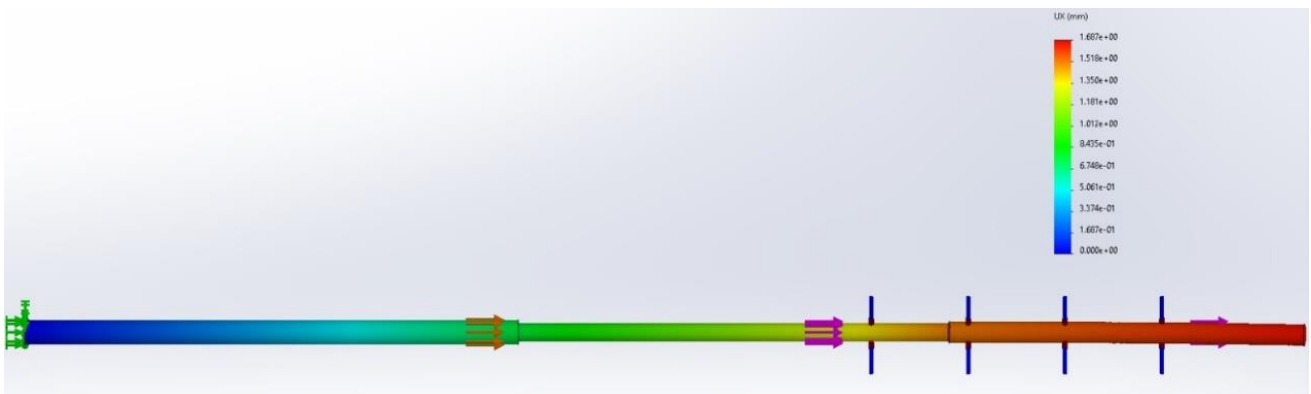
Modeliavimas baigtinių elementų metodu

Modeliuojamas tamprus geometriškai tiesiškas uždavinys su konservatyvia apkrova. Baigtinių elementų modelis generuojamas programa SOLIDWORKS ir stypo baigtinių elementų tinklo fragmentas parodomas 6 pav. Apkrovos transformuojamos į mazguose pridėtą paviršinę apkrovą.



6 pav. Baigtinių elementų tinklo fragmentas
Šaltinis: sudaryta autorių

Kraštinės sąlygos aprašomos kaip kairės atramos standusis įtirtinimas su visais šešiais laisvės laipsniais (Zienkiewicz, 2000) lygiais nuliui (6 pav.). Uždavinys skaičiuojamas nevertinant didelių deformacijų ir modeliuojant temperatūros pokytį (Virđi, 2019) tik ties dešiniu ruožu.



7 pav. Strypo apkrovos, kraštinės sąlygos ir poslinkių pasiskirstymas
Šaltinis: sudaryta autorių

Kaip rezultatas gaunamas laisvojo mazgo poslinkis 1,687 mm (7 pav.)

Išvados

1. Skaičiuojant pagal analitines formules ir naudojant kompiuterinę programą laisvojo galo poslinkis sutapo 100 % tikslumu;
2. Modeliuojant baigtinių elementų metodu nagrinėjamo mazgo poslinkis buvo 0,7 % didesnis;
3. Modeliuojant nustatyta, kad skaičiavimų paklaida didėja didinant strypo ruožų ilgius. Todėl kiti tyrimais bus atlikti būtent vertinant tempiamo strypo ilgio įtaką baigtinių elementų metodo sprendiniui.

Literatūra

1. Bhaduri A 2018 Tension. In: Springer Series in Materials Science.
2. Dupen B, Strength of Materials for Engineering Technology, 23rd Edition, 2022. (Knyga).
3. Vislavičius, K. *et al.* (2008). *Medžiagų atsparumo elektroninis vadovėlis*. Vilnius.
4. Shmelev G N, Khaidarov L I, Sabitov L S, Gimranov L R, Kashapov N F 2019 Experimental study of the work of a temporary structure of a dismantlable bar system. In: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.
5. Zienkiewicz O.C. ir R.L. TAYLOR (2000). *The Finite Element Method. The Basis*. Vol. 1. Fifth edition, Butterworth Heinemann, Oxford.
6. Virđi P.S., Nitin .B, Sandilya P., Chakraborty G. Theoretical comparison of thermo-mechanical behavior of a tension rod and a coil as dewar support, 2019, Indian Journal of Cryogenics 44(1):216.

DETERMINING OF DISPLACEMENTS OF A TENSILE ROD BY ANALYTICAL AND NUMERICAL METHODS

Summary

In tensile rod systems, the occurrence of longitudinal displacement due to load or temperature change can cause additional deformations. Therefore, it is very important to calculate the elongations of the rod parts and the resulting nodal

displacements in different methods. Each of the considered calculation methods has its advantages and disadvantages, which we discuss in the article. The work examines the application of analytical and numerical methods for calculating the displacements of nodes of a tensile and temperature-exposed rod. Numerical methods include the use of a computer program and finite element modeling.

Key words: tension, compression, axial force, deformation, displacement

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. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: netiesinė mechanika, stiprumo mechanika, irimo mechanika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68621859, jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Aleksandras Vika

Mokslo laipsnis ir vardas: lektorius

Darbo vieta ir pozicija: VTDK Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių sistemų modeliavimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067600473, a.vika@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Vitalijus Rudzinskas

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Vilnius Gedimino technikos universiteto Mechanikos fakulteto Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: suvirinimo jungčių stiprumas, medžiagų inžinerija

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068578603, vitalijus.rudzinskas@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jurijus Tretjakovas

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university Faculty of Civil engineering Department of Applied Sciences associated professor. Vilnius College of Technologies and Design Technical faculty Department of Mechanical engineering, associated professor.

Author's research interests: nonlinear mechanics, strength of materials, fracture mechanics,

Telephone and e-mail address: +370 68621859, jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

Author name, surname: Aleksandras Vika

Science degree and name: lector

Workplace and position: VTDK Technical faculty Department of Mechanical engineering, lector

Author's research interests: modelling of mechanical structures

Telephone and e-mail address: +37067600473, a.vika@vtdko.lt

Author name, surname: Vitalijus Rudzinskas

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university Faculty of Mechanics Department of Mechanics and material engineering

Author's research interests: welding and material engineering

Telephone and e-mail address: +37068578603, vitalijus.rudzinskas@vilniustech.lt

CILINDRINĖS PLEIŠTAVIETĖS ĮTAKA VELENO SKERSPJŪVIO INERCIJOS MOMENTAMS

Jurijus Tretjakovas^{1,2}

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

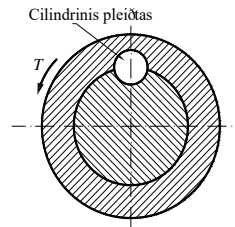
Anotacija

Velenai yra vieni labiausiai apkrautų mašinų elementų transporto, aviacijos ir mechanikos inžinerijoje. Net mažiausias veleno įpjovimas ar net įbrėžimas sukuria nepageidaujamas įtempių koncentracijų vietas. Kiekvienas iš populiarių sujungimų (kaiščiu, pleištu, išdrožomis ir pan.) veleną silpnina, nes apdirbant mechaniškai plienas šalinamas ir atsiranda įtempių koncentratoriai. Straipsnyje nagrinėjama cilindrinės pleištavietės įtaka veleno geometrijos pasikeitimui ir tai išreiškama inercijos momentų ir polinio inercijos momento sumažėjimu.

Reikšminiai žodžiai: velenas, cilindrinis pleištavietė, polinis inercijos momentas, įtempis.

Įvadas

Cilindrinis pleištavietė perduoda judesį nuo veleno skriemulio stebulei arba atvirksčiai (Pav.1). Dažniausiai velenai yra veikiami sukimo momento ir dviejų lenkimo momentų. Neretai lenkimo momentai sudedami geometriškai ir gaunamas vienas suminis lenkimo momentas, kuris yra ekstreminis tam tikra skerspjūvio kryptimi. Velenui sukantis neišvengiamas atvejis, kuomet suminio momento plokštumoje atsiranda koncentratoriai ir taip bus sudarytos sąlygos veikti didžiausiems įtempiams.



1 pav. Veleno - stebulės skerspjūvis su cilindrinio pleištu

Maksimalūs šlyties sukimo įtempiai veleno (Pav. 2 a) skerspjūvio pavojinguose taškuose skaičiuojami pagal formulę [1,2]:

$$\tau_{max} = \frac{T}{I_p} \cdot \rho_{max} \quad (1)$$

čia T – veleno veikiantis sukimo momentas; I_p - veleno skerspjūvio polinis inercijos momentas; ρ_{max} -maksimaliai nuo poliaus nutolusio taško polinė koordinatė.

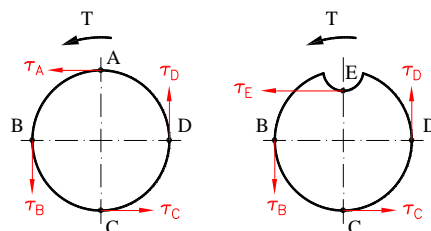
Maksimalūs lenkimo normaliniai įtempiai veleno (Pav. 2 a) skerspjūvyje skaičiuojami pagal formulę [1,2]:

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I} \cdot r_{max} \quad (2)$$

čia M – veleno skerspjūvyje veikiantis lenkimo suminis momentas; I- veleno skerspjūvio inercijos momentas; r_{max} - maksimaliai nuo skritulio poliaus nutolusio taško koordinatė.

Veleno skritulinio skerspjūvio atveju maksimalaus tangentinio įtempio τ_{max} dydis yra pastovus ir kryptis visuomet statmena spinduliui ρ [2-3], ir esant velenui be įpjovos visuose labiausiai nutolusiuose taškuose yra vienodas. Maksimalus normalinis įtempis σ_{max} veikia išilginės ašies kryptimi labiausiai nutolusiuose taškuose. Tačiau atsiradęs cilindrinis griovelis veleno sukuria skerspjūvio ploto sumažėjimą ir atitinkamai kitų geometrinių rodiklių, kurie yra skerspjūvio ploto funkcija (inercijos momentai, polinis inercijos momentas), pasikeitimą.

Tangentiniai įtempiai skrituliniame skerspjūvio taškuose A, B C ir D pasiskirsto pagal tiesinę priklausomybę (2 pav. a) ir yra praktiškai vienodi visuose vienodai nutolusiuose taškuose.



2 pav. Veleno skerspjūviai: a) – pilnaviduris, b) su cilindrinio griovelio

Esant išgręžtam ar išfrezuotam cilindriniam grioveliui maksimalūs įtempiai τ_{max} atsiranda taške E, kuris yra griovelio dugne (2 pav.). Šie įtempiai apskaičiuojami tamprumo mechanikos [3, 4, 5] metodais naudojant įtempių koncentracijos koeficientą K, kuris gaunamas iš natūrinių ar skaitinių eksperimentų.

Literatūroje [5, 6] tangentinio įtempio išraišką siūloma skaičiuoti pagal tokią formulę:

$$\tau_{max} = \tau_E = \left(\frac{T}{I_p} \cdot \rho_E \right)_{max} \quad (3)$$

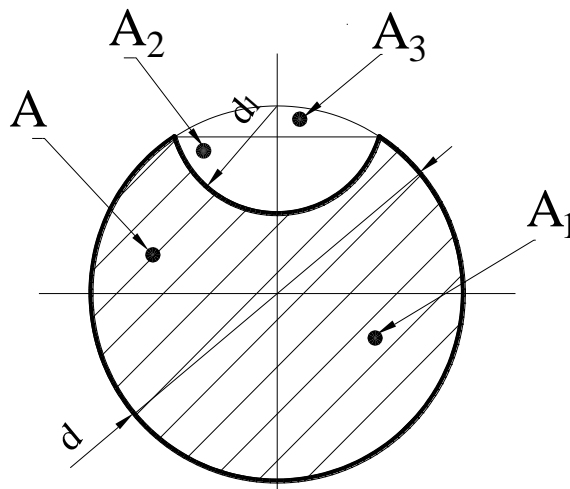
čia K – įtempių koncentracijos koeficientas; ρ_E – taško E polinė koordinatė.

Tačiau šioje formulėje skaičiuojant skerspjūvio polinį inercijos momentą nevertinamas skerspjūvio ploto sumažėjimas dėl išgręžto griovelio.

Nagrinėjant veleną su skersmeniu d su išręžtu grioveliu, kurio skersmuo d_p , cilindriniam pleištui, skerspjūvio plotas juk sumažėja nuopjovų plotais A_2 ir A_3 ir lieka užbrūkšniuotas plotas A (3 pav.).

$$A = A_1 - A_2 - A_3 \quad (4)$$

čia A_1 – pilnavidurio veleno plotas.



3 pav. Veleno skerspjūvis su grioveliu pleištui

Dėl įpjovos pakinta svorio centro padėtis ir sumažėjus plotui sumažėja skerspjūvio inercijos momentai taip padidindami tangentinį ir normalinį įtempius. Straipsnyje vertinama ploto pokyčio įtaka inercijos momentams.

Temos aktualumas. Atliekant velenų projektavimą arba patikrinimą, būna neaišku kiek cilindrinio griovelio atsiradimas sumažina skerspjūvio inercijos momentus.

Tyrimo objektas. Darbe nagrinėjami skritulinio skerspjūvio su grioveliu cilindriniam pleištui geometrinės charakteristikos – inercijos momentai ir polinis inercijos momentas.

Darbo tikslas – nustatyti kiek cilindrinis griovelis sumažina veleno skerspjūvio inercijos momentus.

Šiam tikslui pasiekti buvo iškelti tokie *uždaviniai*:

1. Aprašyti matematiškai veleno su cilindrinio grioveliu geometrija;
2. Apskaičiuoti veleno su cilindrinio grioveliu skerspjūvio ploto inercijos momentus ir palyginti rezultatus su pilnavidurio veleno sprendiniu;
3. Apskaičiuoti veleno su grioveliu skerspjūvio ploto polinį inercijos momentą.

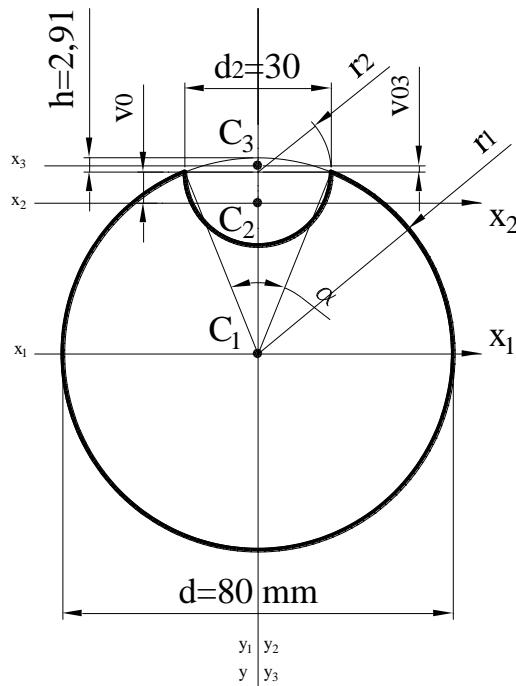
Tyrimo metodika grindžiama teoriniu analizinės geometrijos skaičiavimu su kompiuterinės programos pagalba ir patikra.

Veleno su grioveliu skerspjūvio inercijos momentai

Bendroju atveju sudėtingos figūros (4 pav.) inercijos momentas apie x ašį skaičiuojamas kaip atskirų figūrų inercijos momentų suma:

$$I_x = \sum_0^i I_{xi} \quad (5)$$

Tačiau šis skaičiavimas įmanoma tik radus skerspjūvio svorio centrą. Sudėtinga plokščioji figūra sudaryta iš trijų dalių: pilnavidurio skritulio A_1 , pusės skritulio A_2 ir skritulio nuopjovos A_3 . Pasirenkama, kad pilnaviduris skritulys su skersmeniu d bus pirmoji figūra su centru C_1 ir centrinėmis ašimis x_1y_1 , pusiau skritulys su skersmeniu d_2 bus antroji figūra su centru C_2 su ašimis x_2y_2 , o trečioji figūra bus nuopjova su centru C_3 su ir ašimis x_3y_3 . Centro ordinatė y_{0c} skaičiuojama ašių x_0y_0 , kurios sutampa su ašimis x_1y_1 , atžvilgiu.



4 pav. Skerspjūvio plotai ir svorio centrai

Kadangi figūra turi vieną simetrijos ašį, ta ašis eina per svorio centrą, vadinasi centro koordinatė lygi 0. Ši ašis pažymima y (4 pav.).

Aprašomi kiekvienos figūros rodikliai jų centrinių ašių atžvilgiu: plotas, inercijos momentai ir svorio centro ordinatė.

Pirmoji figūra yra pilnaviduris skritulys [2]:

$$A_1 = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \quad (6)$$

$$I_{1x1} = I_{1y1} = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \quad (7)$$

Svorio centro ordinatė ašių x_0y_0 yra lygi nuliui.

Antroji figūra - pusiau skritulys su geometriniais rodikliais [5],

$$A_2 = \frac{\pi \cdot d^2}{8} \quad (8)$$

$$I_{2x2} = 0,11 \cdot r_2^2 \quad (9)$$

$$I_{2y2} = \frac{\pi \cdot d_2^4}{128} \quad (10)$$

$$y_{0C2} = \frac{d}{2} - h - v_0 \quad (11)$$

čia atstumas $v_0 = \frac{4 \cdot r_2}{3 \cdot \pi}$.

Trečioji figūra skritulio nuopjova [5]

$$A_3 = \frac{r_1}{2} \cdot \left(\frac{\alpha \cdot \pi}{180} - \sin \alpha \right) \quad (12)$$

$$I_{3x3} = \frac{S \cdot r_1^3}{8} - \frac{r_1^4}{8} \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha - A_3 \cdot v_{03}^2 \quad (13)$$

$$y_{0C3} = \frac{d}{2} - h + v_{03} \quad (14)$$

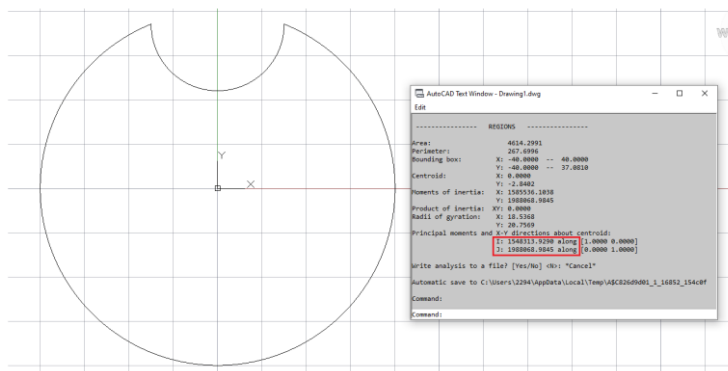
čia atstumas $v_{03} = \frac{c^3}{12 \cdot A_3}$, lanko ilgis $c = d_2$, koeficientas $S = \pi \cdot r \cdot \frac{\alpha}{180}$.

Centro ordinatė išreiškiama

$$y_{0C} = \frac{S_{x0}}{A} = \frac{0 - S_{x01} - S_{x02}}{A_1 - A_2 - A_3} \quad (15)$$

Šis algoritmas užprogramuojamas MatchCAD [8] ir galutinis sprendinys pagal (5) formulę velenui, kurio skersmuo 80 mm ir įpjovos skersmuo 30 mm, inercijos momentas $I_x = 1547000 \text{ mm}^3$. Inercijos momentas apie y ašį skaičiuojamas paprasčiau, todėl algoritmas nedetalizuojamas, o pateikiamas tik atsakymas $I_y = 1989000 \text{ mm}^3$.

Algoritmas ir jo realizacija patikrinami kompiuterine programa AutoCAD ir rezultatai pateikiami 5 paveiksle.



5 pav. Skerspjūvis ir inercijos momentai

Jei polius sutampa su koordinatinių sistemos xy pradžia, tuomet spindulys lygus $\rho^2 = x^2 + y^2$ ir polinį inercijos momentą galima išreikšti:

$$I_p = I_x + I_y \quad (16)$$

Pasirenkami velenų skersmenys d yra lygūs 10, 20, 30, 40, 50 mm. Tokiems velenams remonto atveju naudojami padidinti cilindriniai pleištai, kurių skersmuo pateikiamas 1 lent., o nagrinėjamų skersmenų skaičiavimų rezultatai pateikiami 2 lentelėje.

1 lentelė

Velenų skersmenys ir pleišto matmenys

Veleno skersmuo d , mm	Cilindrinio pleišto skersmuo, mm
10	2
20	3
30	5
40	8
50	10

2 lentelė

Velenų poliniai inercijos momentai

Veleno skersmuo d , mm	Pilnavidurio veleno I , mm^4	I_x , mm	I_y , mm	Pilnavidurio veleno I_p , mm^4	I_p , mm
10	491	455	490	982	945
20	7854	7521	7852	15708	15370
30	39760	37700	39740	79520	77440
40	125700	116400	125600	251400	237000
50	306800	284300	306500	613600	590800

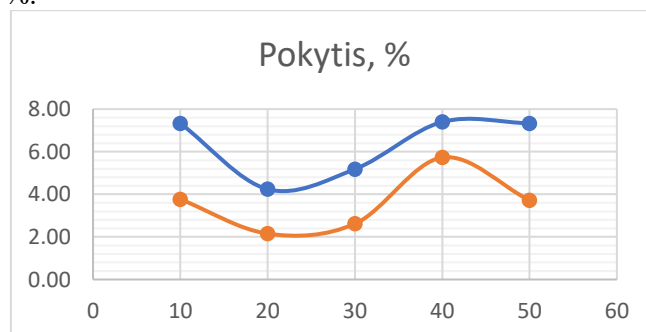
Apskaičiuojama griovelio įtaka procentiniu sumažėjimu inercijos momentui apie x ašį:

$$\Delta = \frac{491-455}{491} \cdot 100 = 7,33\%$$

Ta pati procedūra pakartojama su likusiais skersmenimis ir poliniais inercijos momentais. Rezultatai pateikiami 6 pav.

Rezultatai, apibendrinimai ir išvados

Gautus rezultatus iliustruoja priklausomybės veleno skersmuo d – inercijos momentų pokyčio grafikas (6 pav.), kuriame matosi, kad esant velenams iki 20 mm skersmens, susilpnėjimas dėl griovelio išpjovimo viršija yra daugiau nei 7,3 %.



6 pav. Polinio inercijos momento pokytis dėl griovelio

Velenams su skersmenimis 20 ir 30 mm pokytis viršija 4 %, o nuo 40 mm vėl viršijami 7,3 %. Todėl tolesni tyrimai bus akcentuojami į velenus su skersmenimis iki 10 mm skersmens ir virš 40 mm.

Šie tyrimai parodė tik griovelio įtaką inercijos momentams, nevertinant atsirandančios įtempių koncentracijos.

Literatūra

1. Kresinskya F., Leidicha E., Hasse A., Different Failure Mechanisms in Keyed Shaft-Hub Connections under Dynamic Torque Load, *Procedia Structural Integrity* 17, p. 162–169, 2019.
2. Čižas, A. *Medžiagų atsparumas. Konstrukcijų elementų mechanika*. Vilnius: Technika, 1993.
3. Nuraliyev M., et al *A novel approach for the determination of optimal diameter of shaft with keyway: Analytical and numerical study*, An International Journal, ISSN: (Print) (Online) [tps://www.tandfonline.com/loi/lmbd20](https://www.tandfonline.com/loi/lmbd20), 2023.
4. Budynas–Nisbett, *Shigley's Mechanical Engineering Design*, Eighth Edition, 2008.
5. Hibbeler, R.C. *Mechanics of materials*. Prentice Hall, 2011.
6. Sahu M.K., Pardeep *Optimization of the Keyway Design with Consideration of Effect of Stress Concentration on Different Materials* International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), ISSN: 2278-0181, Vol. 3, Issue 5, 2014.
7. Vaičiulis D. *Mašinų elementų kursinis projektavimas*. Kaunas, Technologija, 2010.
8. Maxfield B. *Engineering with Mathcad: Using Mathcad to Create and Organize your Engineering Calculations*, ISBN-10:0750667028, Butterworth-Heinemann, 2006.

THE INFLUENCE OF THE CYLINDRICAL KEYSEAT ON THE MOMENTS OF INERTIA OF THE SHAFT CROSS-SECTION

Summary

Shafts are among the most heavily loaded elements of machines in transport, aviation and mechanical engineering. Even the smallest dent or even a scratch on a shaft creates an ineligibile stress concentration. Each of the popular connections (pin, edge, splines, etc.) decrease strength of the shaft since machining removes steel and creates stress concentrators. The article examines the influence of a cylindrical key seat on the decrease in shaft geometry, which is expressed in a decrease in the moments of inertia and the polar moment of inertia.

Key words: shaft, key, polar moment of inertia.

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. Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakulteto Mechanikos inžinerijos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: netiesinė mechanika, stiprumo mechanika, irimo mechanika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 68621859, jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Jurijus Tretjakovas

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Vilnius Gediminas technical university Faculty of Civil engineering Department of Applied Sciences associated professor. Vilnius College of Technologies and Design Technical faculty Department of Mechanical engineering, associated professor.

Author's research interests: nonlinear mechanics, strength of materials, fracture mechanics,

Telephone and e-mail address: +370 68621859, jurijus.tretjakovas@vilniustech.lt, j.tretjakovas@vtdko.lt

SPIRALINIS DROSELIS HIDRAULINIAM STIPRINTUVUI

Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius

Kauno technikos kolegija

Anotacija

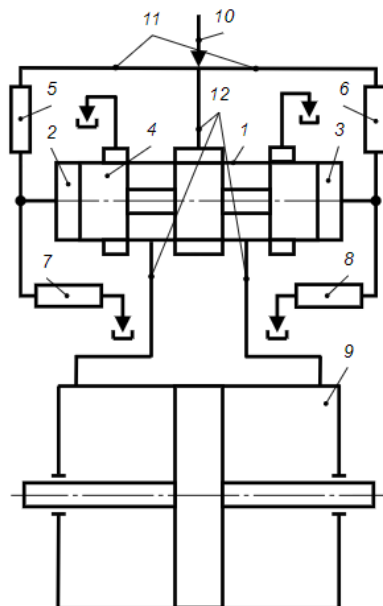
Darbe pristatomas hidraulinis stiprintuvas, veikiantis pagal klasikinę schemą, pirmos stiprinimo pakopos hidraulinio balanso valdymo schema, naudojant spiralinį droselį (pateikiant jo konstrukciją), aprašomas tiek spiralinio droselio (kintamos hidraulinės varžos droselis) tiek visos hidraulinės sistemos veikimo principas bei pateikiamos teorinės prielaidos spiralinio droselio funkcinėms savybėms įvertinti.

Reikšminiai žodžiai: spiralinis droselis, hidraulinis stiprintuvas, hidraulinė varža, hidraulinis balansas, skysčio pralaidumas.

Įvadas

Hidrauliniai stiprintuvai ypač plačiai yra naudojami autotransporto, aviacijos, biomedicinos ir kitų pramonės sričių hidraulinėse pavarų sistemose, kuriose mažos galios mechanizmo judesys yra verčiamas didelės galios judesiu, išlaikant judesio kryptį pvz., autotransporto priemonės vairo mechanizme, suteikiančio diferencialinį veikimo režimą (kuo labiau pasukamas vairas, tuo didesnis stiprinimo koeficientas).

Tipinė hidraulinio stiprintuvo sistemos schema pateikta 1 pav.



1 pav. Hidraulinis stiprintuvas

Šaltinis: sudaryta autorių

Hidraulinis stiprintuvas susideda iš cilindro 1, kuriame tarp dviejų galinių kamerų 2 ir 3 įmontuotas skirstytuvas 4, keturių hidraulinių droselių 5, 6, 7 ir 8, kurie suformuoja hidraulinių varžų tiltelį, kuris užtikrina hidraulinį balansą abiejuose tiltelio pečiuose. Balansas leidžia skirstytuvui 4 užimti apibrėžtą padėtį išilginės ašies atžvilgiu. Galinės kameros 2 ir 3 hidraulinėmis jungtimis sujungtos su galios cilindru 9. Hidrauliniai droseliai 5 ir 6 yra pastovios hidraulinės varžos, o hidrauliniai droseliai 7 ir 8 yra kintamos hidraulinės varžos, kuri yra valdoma. Sistema turi aukšto našumo hidraulinį slėgio šaltinį 10, kuris mažo skersmens magistralėmis 11 jungiamas su hidrauliais droseliais ir didelio skersmens 12 magistralėmis su galios cilindru.

Kintamos hidraulinės varžos droselis yra pagrindinis komponentas hidraulinio stiprintuvo servo sistemoje ir yra naudojama kaip sąsaja, jungianti mechaninius (elektrinius, magnetinius) ir hidraulinius visos servo sistemos elementus.

Tyrimams yra naudojama analogiška hidraulinio stiprintuvo schema su originalia kintamos hidraulinės varžos valdymo konstrukcija, kurios pagrindiniai struktūriniai elementai yra mechaniniai spiraliniai droseliai.

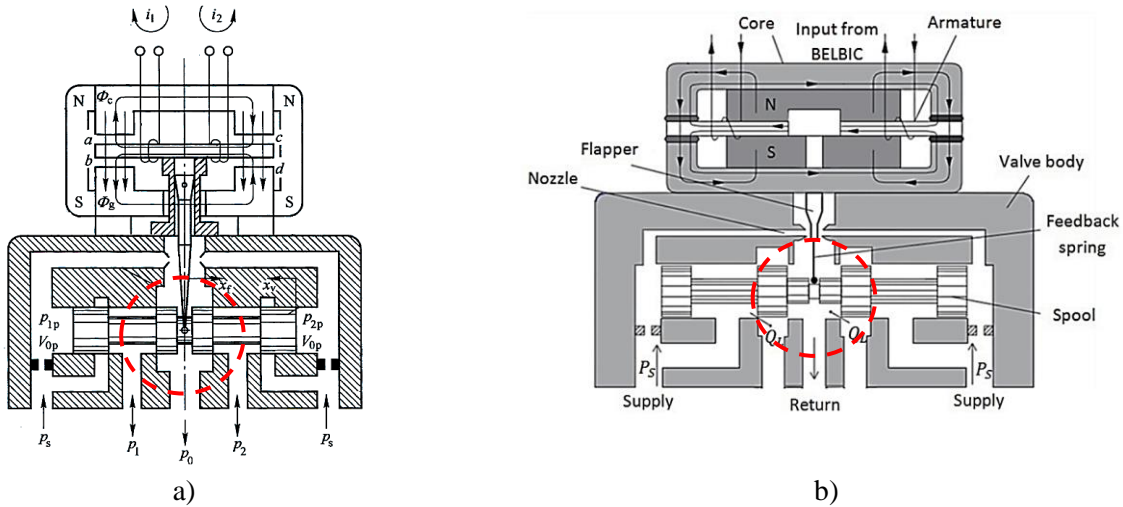
Darbo tikslas - atlikti funkcinę originalios konstrukcijos spiralinio droselio analizę.

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Apžvelgti hidraulinių droselių, naudojamų hidrauliniuose stiprintuvuose, schemas;
2. Pateikti originalios konstrukcijos spiralinio droselio schemą ir aprašyti veikimo principą;
3. Pateikti teorines prielaidas spiralinio droselio funkcinėms savybėms įvertinti.

Kintamų hidraulinių droselių apžvalga

Tipinis kintamos hidraulinės varžos droselis arba dar vadinamas hidraulinio stiprintuvo servo vožtuvas pateiktas 2 pav. (Li, 2012: 1; Sadeghieh, 2012: 5; Jiang, 2014: 2; Chen, 2018: 2)



2 pav. Purkštuko sklendės elektrohidraulinis servo vožtuvas: a) grįžtamasis ryšys yra kietas; b) grįžtamasis ryšys yra spyruoklė

Šaltinis: Li, 2012: 1; Sadeghieh, 2012: 5

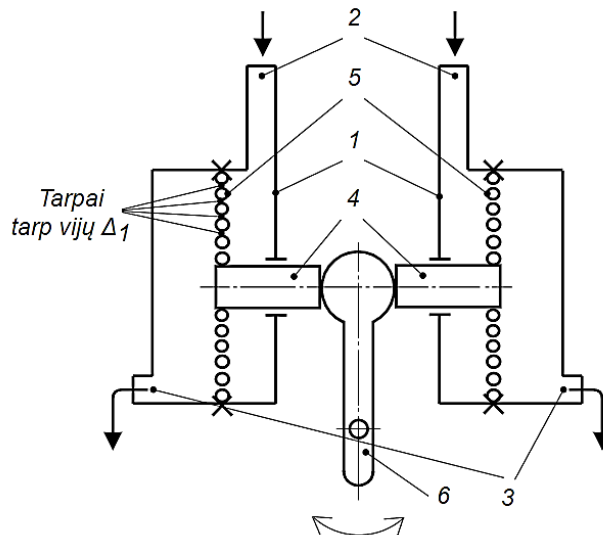
Servo vožtuvas gali transformuoti mažos galios įvesties elektrinį signalą į didelės galios mechaninį signalą. Servo vožtuvo našumas nusakomas elektromagnetinės valdymo ritės srovės dydžiu yra linijinis, kaip ir nuo to priklausantis skirstytuvo persislinkimas. Tačiau linijiniškumas stipriai mažėja elektromagneto svirčiai persislinkus dideliu atstumu x_f (2 pav. a).

Minėtuose straipsniuose servo vožtuvų pavaros yra elektromagnetinės, tačiau yra santykinai sudėtingos konstrukcijos, o skirstytuvo hidrauliam balansui užtikrinti reikalingas grįžtamasis ryšys.

Darbe siūloma mechaninė kintamos hidraulinės varžos droselio konstrukcija be grįžtamojo ryšio.

Spiralinio droselio konstrukcija ir veikimo principas bendroje hidraulinio stiprintuvo sistemoje

Spiralinių droselių konstrukcija, veikimo principas ir komponavimo bendroje hidraulinio stiprintuvo sistemoje pateikta 3, 4 ir 5 pav.

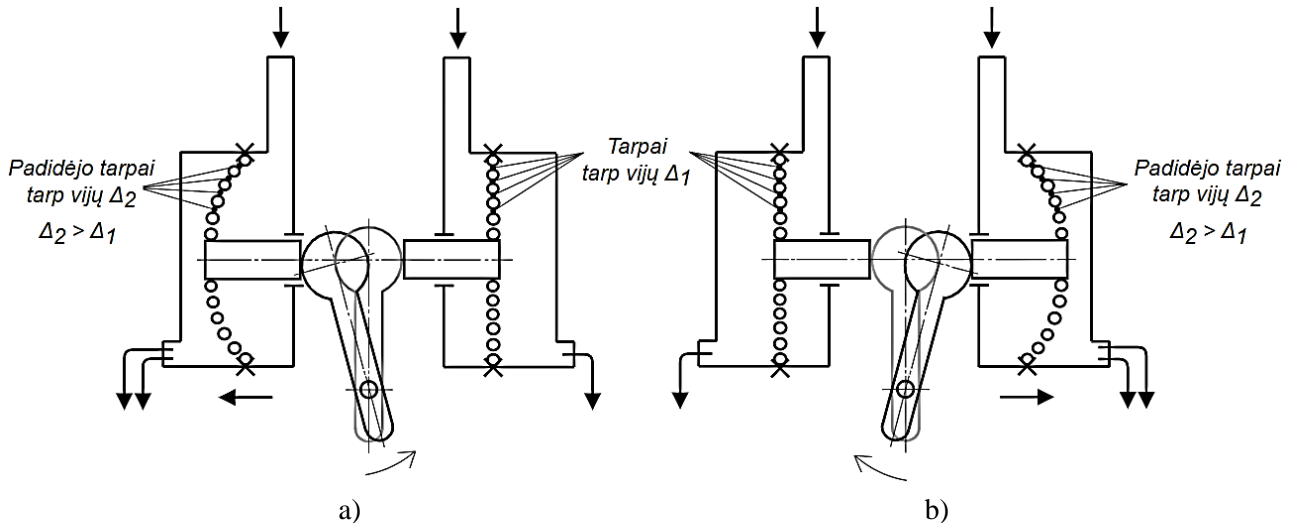


3 pav. Spiralinių droselių konstrukcija (1 – cilindrai; 2 – įėjimo angos; 3 – išėjimo angos; 4 – spiralinių droselių kotai; 5 – spiraliniai droseliai; 6 – skirstytuvas)

Šaltinis: sudaryta autorių

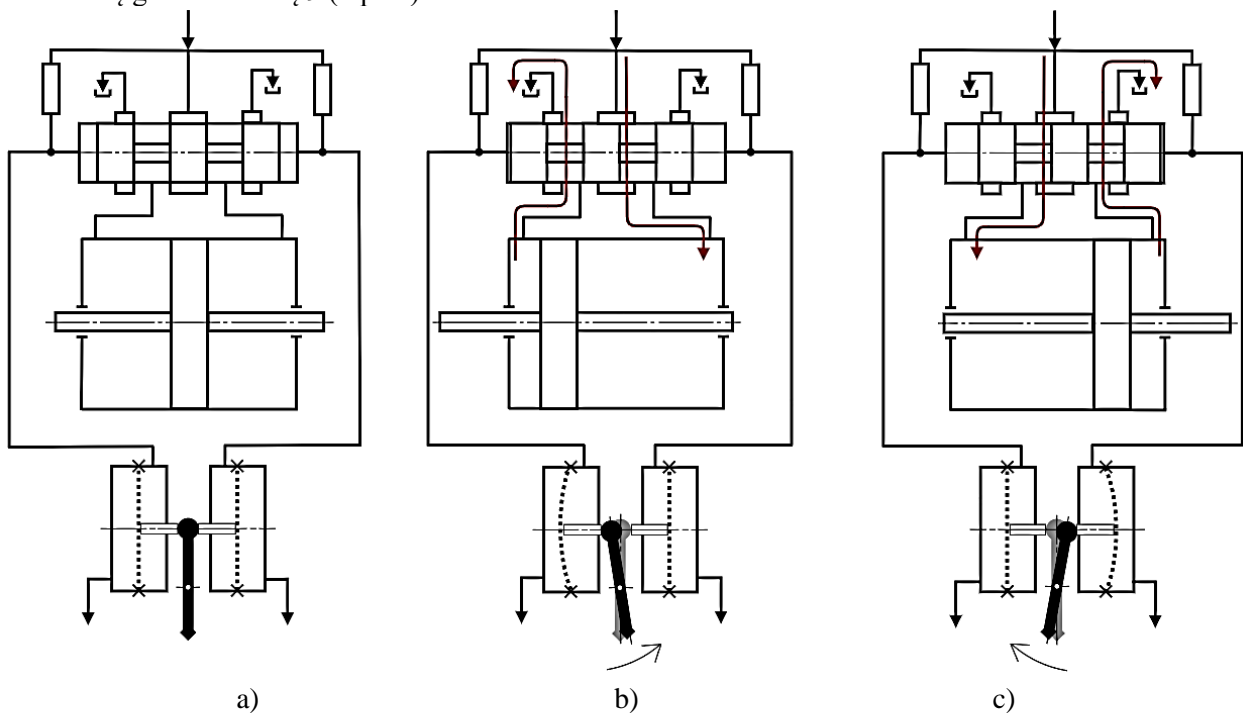
Kintamos varžos hidraulinės varžos droselių 7 ir 8 (1 pav.) konstrukcija pateikta 3 pav. Spiralinių droselių konstrukcijos identiškos. Spiraliniai droseliai susideda iš cilindro 1, įtekėjimo kanalų 2, kurie hidrauliškai sujungti su galinėmis kameromis 2 ir 3 (1 pav.), ištekėjimo kanalų 3, droselio kotų 4, kurie standžiai sujungti su spiralėmis droseliais 5 jų centre ir cilindrais 1 periferijoje X (1 pav.).

Kintamos hidraulinės varžos droselių veikimo principą iliustruoja 4 pav., bendrą poveikį hidraulinio stiprintuvo sistemai iliustruoja 5 pav.



4 pav. Spiralinių droselių veikimo principas: a) pradarytas kairysis droselis; b) pradarytas dešinysis droselis
Šaltinis: sudaryta autorių

Kai hidraulinė sistema yra neutralioje būklėje (5 pav. a)) valdymo svirtis 6 (3 pav.) yra neutralioje būklėje. Abu spiraliniai droseliai praleidžia pro tarpus Δ_1 tarp vijų skysčio tiek, koks yra bendras plyšių tarp vijų plotas kiekviename iš spiralinių droselių. Valdymo svirtį pasukus prieš laikrodžio rodyklę (4 pav. a)) kairiojo spiralinio droselio kotas perstumiamas kairėn. Pro padidėjusius (lyginant su pusiausvyros būseną) plyšius Δ_2 prateka didesnis kiekis skysčio ir slėgis dėl pakitusios hidraulinės varžos kairėje hidraulinio tiltelio pusėje krinta. To pasekoje (5 pav. b)) skirstytuvus pradaro kanalą skysčio pratekėjimui iš slėgio šaltinio 10 per kanalus 12 į galios cilindrą 9 (1 pav.)

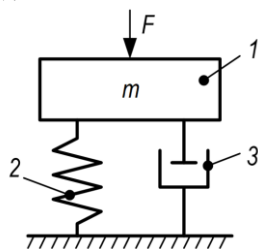


5 pav. Spiralinių droselių komponavimas bendroje hidraulinio stiprintuvo schemoje: a) droseliai uždaryti; b) pradarytas kairysis droselis; c) pradarytas dešinysis droselis
Šaltinis: sudaryta autorių

Analogiškai veikia dešinysis spiralinis droselis (4 pav. b) valdymo svirtį pasukus pagal laikrodžio rodyklę. To poveikis hidraulinei sistemai iliustruojamas (5 pav. c).

Spiralinio droselio judesio dinaminis modeli

Išnagrinėjamas spiralinio droselio judesio dinaminis modelis į pusiausvyros padėtį darant prielaidą, kad valdymo svirtis iš darbinės padėties gražinama maksimaliu greičiu. Tam įvertinamas spiralės standumas, sistemos masė ir pasipriešinimo spiralės judėjimui klampiamame skystyje jėga. Klasikinis dinaminis modelis pateiktas 6 pav.



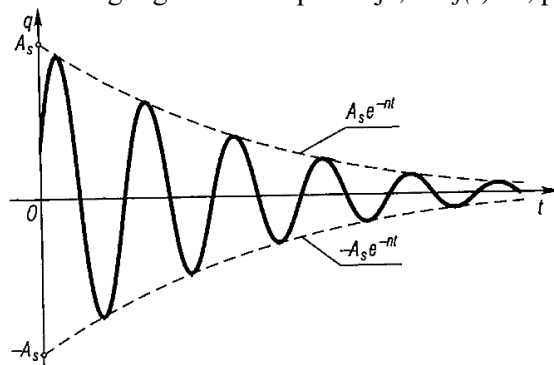
6 pav. Klasikinis slopinimo sistemos matematinis modelis: 1 – masė, 2 – spyruoklė, 3 – slopintuvas
Šaltinis: sudaryta autorių

Šios sistemos diferencialinė judesio lygtis

$$m\ddot{x} + k\dot{x} + cx = f(t) \quad (1)$$

čia: m , k ir c – koeficientai, apibendrinantys inerciją, pasipriešinimą ir standumą.

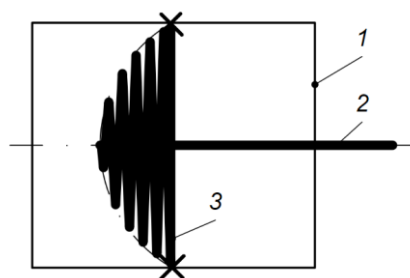
Lygties (1) sprendinio laiko atžvilgiu grafinė interpretacija, kai $f(t)=0$, pateikta 7 pav.



7 pav. Judesio lygties sprendinio grafinė interpretacija, kai $f(t)=0$
Šaltinis: sudaryta autorių

Iš pateikto grafiko (7 pav.) matyti, kad virpesiai slopinami pagal eksponentinį dėsnį amplitude $A_s e^{-nt}$, kur n – slopinimo koeficientas $2n = \frac{k}{m}$.

Spiralinio droselio judesio apie pusiausvyros padėtį, kai slopinimo elementas yra spiralė, dinaminis modelis pateiktas 8 pav., diferencialinė judesio lygtis pateikta (2), kurios nario $E(\dot{x})$ išraiška pateikta (3):



8 pav. Slopinimo funkciją atliekanti spiralė: 1 – korpusas, 2 – strypas, 3 – slopinimo elementas
Šaltinis: sudaryta autorių

$$m\ddot{x} + E\dot{x} + cx = 0 \quad (2)$$

$$E(\dot{x}) = k \cdot \text{sign}(\dot{x}) \cdot (\dot{x})^2 \cdot \frac{1}{\delta(\theta\dot{x}, r) + \varepsilon} \quad (3)$$

čia ε – mažas dydis, apibendrinantis pasipriešinimo jėgą, kai tarp vijų yra plyšiai; $\delta(C, r)$ – plotas tarp spiralės vijų $C = \theta\dot{x}$, t.y. priklauso nuo spiralės judėjimo greičio; θ – proporcingumo koeficientas tarp dydžio C ir greičio \dot{x} ; r – spiralės skersmuo.

Kadangi šiuo atveju koncentruota masė yra labai maža ją galima ignoruoti t.y. sistema neturės inercijos, tuomet lygtis (2) atrodys taip:

$$E\dot{x} + cx = 0 \quad (4)$$

Tai reiškia, kad spiralė judėdama pusiausvyros padėties link jos nepereis, nes slopinimo koeficientas $n = \frac{k}{2m}$ yra labai aukštas dėl itin mažos masės. Todėl spiralinio droselio judesio kontrolei svirties (3 pav. 6) pagalba nereikalinga.

Išvados

1. Apžvelgtos hidraulinių droselių naudojamų hidrauliniuose stiprintuvuose konstrukcijų schemos ir veikimo principai. Skirstytuvo hidrauliniams balansams užtikrinti reikalingas grįžtamasis ryšys.
2. Pateikta originalios konstrukcijos spiralinio droselio konstrukcijos schema ir aprašytas veikimo principas. Slopinimo funkciją atlieka spiralė. Valdymo svirtį pasukus padidėja tarpai tarp vijų ir pro padidėjusius plyšius (viename iš spiralinių droselių) prateka didesnis kiekis skysčio.
3. Pateikta teorinė analizė spiralinio droselio funkcinėms savybėms įvertinti. Sistema neturės inercijos, todėl spiralinio droselio judesio kontrolei svirties pagalba nereikalinga.

Literatūra

1. Li, M.; Meng, G.; Jing, J.; Liu, J.; Zhong, Z. Application of Modelica/MWorks on modeling, simulation and optimization for electro-hydraulic servo valve system. Theoretical and Applied Mechanics Letters. 2012. 2. 10.1063/2.1206307.
2. Sadeghieh, A.; Roshanian, J.; Najafi, F. Implementation of an Intelligent Adaptive Controller for an Electrohydraulic Servo System Based on a Brain Mechanism of Emotional Learning. International Journal of Advanced Robotic Systems. 2012. 9. 1. 10.5772/51841.
3. Jiang, H. A seventh-order model for dynamic response of an electro-hydraulic servo valve. Chinese Journal of Aeronautics. 2014. 27. 10.1016/j.cja.2014.10.029.
4. Chen, Z.; Wang, W. Analysis of Temperature Characteristics of Electro-hydraulic Servo Valve Based on AMESim. 2018. 10.2991/meees-18.2018.10.

SPIRAL THROTTLE FOR HYDRAULIC INTENSIFIER

Summary

This paper presents a hydraulic intensifier operating according to a classical control scheme of the hydraulic balance of the first stage of intensifier using a spiral throttle (presenting its construction), describes the principle of operation of both the spiral throttle (variable hydraulic resistance throttle) and the entire hydraulic system, and provides theoretical assumptions to evaluate the functional properties of the spiral throttle.

Key words: spiral throttle, hydraulic amplifier, hydraulic resistance, hydraulic balance, fluid permeability.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vytenis Naginevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonės, vidaus degimo varikliai, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Skirmantas Adomavičius

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automatinis valdymas, elektronikos technika, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vytenis Naginevičius

Science degree and name: PhD

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, associated professor

Author's research interests: Vehicles, Internal Combustion Engines, Materials Processing Technologies, Vibrations

Telephone and e-mail address: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Skirmantas Adomavičius

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, lecturer

Author's research interests: Automatic Control, Electronics

Telephone and e-mail address: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

SIURBLIO SU SPIRALINIU STŪMOKLIU KONSTRUKCIJOS FUNKCIONALUMO TEORINIS IR EKSPERIMENTINIS TYRIMAS

Vytenis Naginevičius, Skirmantas Adomavičius
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Dėl palankaus galios ir svorio santykio ir plataus veikimo diapazono fiksuoto tūrio ašiniai stūmokliniai siurbliai yra plačiai naudojami apdirbimo, transporto, aviacijos, biomedicinos ir kitų pramonės sričių hidraulinėse pavarų sistemose. Per pastaruosius 50 metų yra stengiamasi patobulinti ašinio stūmoklinio siurblio konstrukciją.

Taip pat aktualus ir sudėtingas yra tikslus skysčių dozavimo procesas, kuriame skysčio išleidimas yra kontroliuojamas. Tai taikoma įvairiuose srityse: nuo maisto produktų išdavimo, biomedicinos iki klijų ir kapsulių dozavimas puslaidininkių pramonėje.

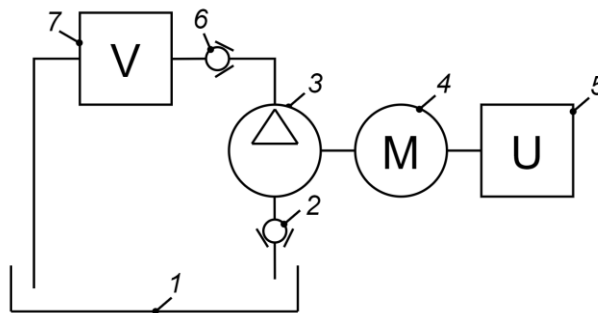
Šiame darbe aptariama greitaeigio ir tikslaus spiralinio siurblio konstrukcija ir veikimo principas, konstrukciniai ypatumai, užtikrinantys sistemos greitaeigiškumą ir galimos dozės formavimo tikslumo priklausomybę nuo spiralinio stūmoklio judėjimo greičio. Pateikiamos aukšto greitaeigiškumo ir dozavimo tikslumo užtikrinimo teorinės ir eksperimentinės prielaidos.

Reikšminiai žodžiai: siurblys su spiraliniu stūmokliu, spiralinis stūmoklis, cilindras, skysčio slėgis.

Įvadas

Stūmokliniai siurbliai yra plačiai naudojami apdirbimo, transporto, aviacijos, biomedicinos ir kitų pramonės sričių hidraulinėse pavarų sistemose.

Tipinė hidraulinės sistemos schema pateikta 1 pav.



1 pav. Tipinė hidraulinės sistemos schema, čia 1 - bakas; 2 - įleidimo vožtuvas; 3 - siurblys; 4 - slenkamojo judesio šaltinis; 5 - įtampos šaltinis; 6 - išleidimo vožtuvas; 7 - vartotojas

Šaltinis: sudaryta autorių

Plačiai naudojami įvairių pramonės sričių hidraulinėse sistemose ašiniai stūmokliniai siurbliai, turintys palankų galios ir svorio santykį. Tačiau didesniai našumui (debitui) užtikrinimui ir slėgio pulsacijos minimizavimui būtinas didelis siurblių skaičius, kas didina sistemos svorį ir daro sistemas santykinai sudėtingomis. Tai sąlygojama tuo faktu, kad ašinio stūmoklinio siurblio užpildymas per riboto pralaidumo įleidimo vožtuvą skysčio tūriu vieno darbo ciklo metu yra ribotas. Šiose sistemose aukštą našumą (debitą), neprarandant slėgio, galima užtikrinti siurblių kiekiu sistemoje didinimu.

Naujos konstrukcijos siurblys su spiraliniu stūmokliu sprendžia išstūmimui skirtos siurblio ertmės užpildymo skysčiu, t. y. fiksuotos tikslios skysčio dozės, greitaeigiškumo problemą.

Darbe pateikiamos aukšto greitaeigiškumo ir dozavimo tikslumo užtikrinimo ištyrimo teorinės ir eksperimentinės prielaidos.

Darbo tikslas: atlikti funkcinę originalios konstrukcijos skysčio dozatoriaus analizę

Uždaviniai tikslui pasiekti:

1. Apžvelgti skysčio slėgio ir tūrio formavimo principus;
2. Pateikti originalios konstrukcijos spiralinio siurblio konstrukcinę schemą;
3. Pateikti siurblio veikimo principą įvertinant konstrukcinius ypatumus skysčio dozės formavimui;
4. Pateikti teorinį ir eksperimentinį konstrukcijos funkcionalumo pagrindimą.

Tyrimams atlikti naudojama schema (1 pav.) su originalia siurblio su spiraliniu stūmokliu konstrukcija.

Skysčio slėgio ir tūrio formavimo principų apžvalga

Darbuose (Fang, X., 1999: 603; Zhang, X., 2001: 465; Kim, S.D., 1987: 236; Fornarelli, F., 2017: 1147) yra nagrinėjamos slėgio tolygumo užtikrinimo problemos sistemose, kuriose slėgio formavimui pasitelkiami ašiniai stūmokliniai siurbliai. Tiekiamo į slėginę hidraulinės sistemos dalį skysčio slėgis priklauso nuo

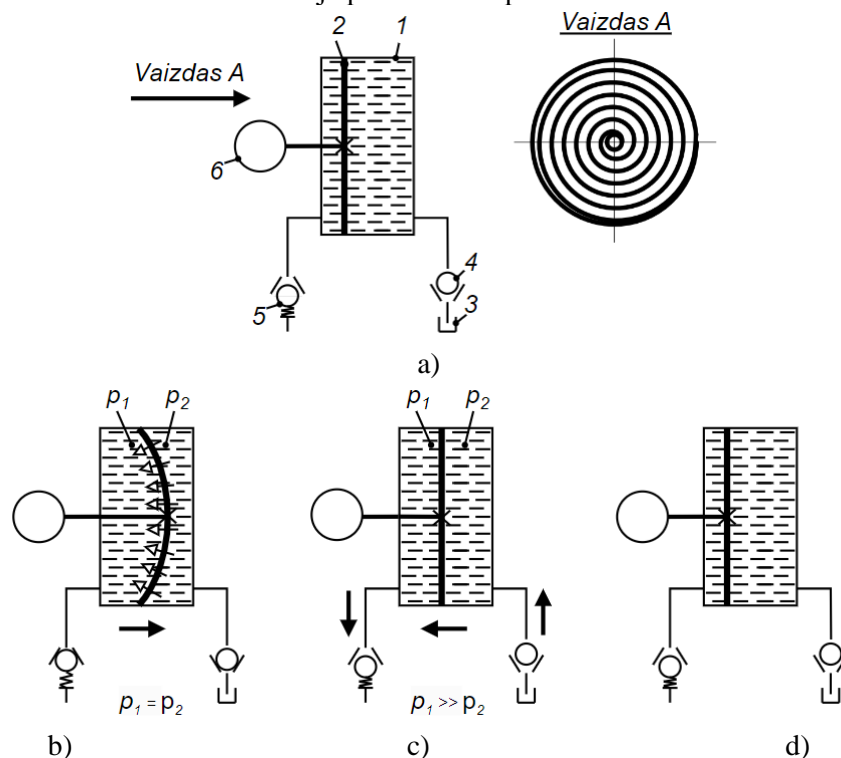
stūmoklio judesio cilindre greičio bei cilindro-stūmoklio geometrinių parametru. Galimai didesni vieno stūmoklio darbo ciklo metu formuojami skysčio kiekiai yra ribojami įleidimo vožtuvo pralaidumu, o dozių tikslumai yra priklausomi tik nuo skysčio tūrio, kuris apibrėžiamas geometriniais cilindro parametrais.

Šiame darbe nenagrinėjamos slėgio pulsavimo problemos, kurios yra sprendžiamos konstrukcijose naudojant posvyrio automatus su slėginėmis kompensacinėmis sistemomis. Šie automatai valdo visą eilę ašinių stūmoklinių siurblių bendroje slėgi generuojančioje sistemoje. Šios problemos puikiai sprendžiamos darbuose (Fang, X., 1999: 603; Zhang, X., 2001: 465; Kim, S.D., 1987: 236; Fornarelli, F., 2017: 1147; Pan, Y., 2018: 289; Manring, N.D., 1999: 603).

Visos aukščiau minėtos konstrukcijos nesiūlo greitaeigiškumo ir dozių formavimo problemų sprendimo. Todėl šiame darbe pateikiama greitaeigio ir tikslaus spiralinio siurblio konstrukcija ir veikimo principas, konstrukciniai ypatumai, užtikrinantys sistemos greitaeigiškumą ir galimos dozės formavimo tikslumo priklausomybę nuo spiralinio stūmoklio judėjimo greičio. Pateikiamos aukšto greitaeigiškumo ir dozavimo tikslumo užtikrinimo teorinės ir eksperimentinės prielaidos.

Originalios konstrukcijos siurblio su spiraliniu stūmokliu konstrukcija ir veikimo principas

Originali spiralinio vožtuvo konstrukcija pateikiama 2 pav.



2 pav. Siurblio su spiraliniu stūmokliu, čia a) schema (1 - cilindras; 2 - spiralinis stūmoklis; 3 - bakas; 4 - įleidimo vožtuvas; 5 - išleidimo vožtuvas; 6 - slenkamojo judesio šaltinis) ir spiralinio stūmoklio vaizdas iš galo (vaizdas A); b) slėginės cilindro dalies užpildymo doze fazė; c) skysčio išstūmimo į slėginę magistralę fazė; d) spiralinio stūmoklio padėtis cilindre išstūmus skystį.

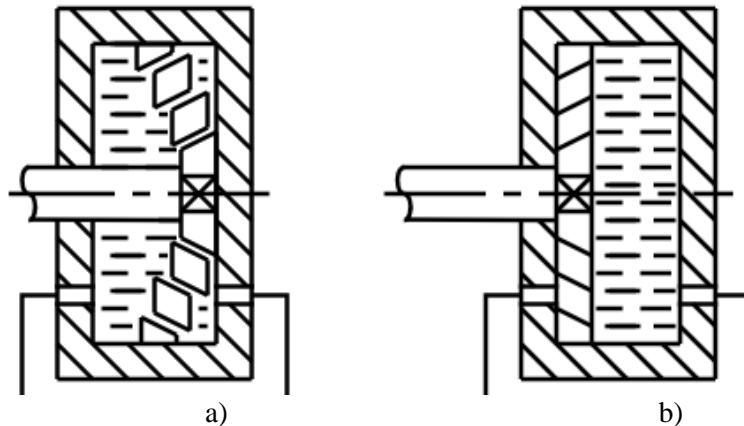
Šaltinis: sudaryta autorių

Siurblys su spiraliniu stūmokliu susideda iš cilindro 1, kuriame išilgine-ašine kryptimi slankioja spiralinis stūmoklis 2. Skystis į cilindrą 1 iš bako 3 patenka pro įleidimo vožtuvą 4, o iš cilindro 1 išstumiamas pro išleidimo vožtuvą 5. Spiralinis stūmoklis 2 standžiai sujungtas kotu su slenkamojo judesio šaltiniu (1 pav. 4 poz.), kurio judesio greitis valdomas įtampos šaltiniu (1 pav. 5 poz.).

Siurblio su spiraliniu stūmokliu veikimo principas paaiškinamas 3 pav. pateiktais konstrukciniais sprendimais. Kai spiralinis stūmoklis 2 koto 3 (3 pav. a) yra stumiamas slenkamuoju judesiu cilindre 1 dešinėn (šiuo atveju) dėl spiralę veikiančios pasipriešinimo judesiu jėgos, kuri yra proporcinga stūmoklio judėjimo greičiui bei skysčio klampiui, tarp spiralinio stūmoklio vijų atsiranda plyšiai, pro kuriuos iš cilindro dalies, kuri dėka įleidimo vožtuvo 4 (2 pav.) yra nuolat užpildyta, skystis patenka į tą cilindro dalį, kuri skirta skysčio dozės su slėgiu p_1 suformavimui. Slėgiai p_1 ir p_2 judesio pabaigoje kai stūmoklis 2 pasiekia galinę cilindro 1 plokštumą susilygina. Baigiasi dozės formavimo stadija.

Kai spiralinis stūmoklis 2 koto 3 (3 pav. a) yra stumiamas slenkamuoju judesiu cilindre 1 dešinėn (šiuo atveju) dėl spiralę veikiančios pasipriešinimo judesiu jėgos, kuri yra proporcinga stūmoklio judėjimo greičiui

bei skysčio klampiui, tarp spiralinio stūmoklio vijų atsiranda plyšiai, pro kuriuos iš cilindro dalies, kuri dėka įleidimo vožtuvo 4 (2 pav.) yra nuolat užpildyta, skystis patenka į tą cilindro dalį, kuri skirta skysčio dozės su slėgiu p_1 suformavimui. Slėgiai p_1 ir p_2 judesio pabaigoje kai stūmoklis 2 pasiekia galinę cilindro 1 plokštumą susilygina. Baigiasi dozės formavimo stadija.



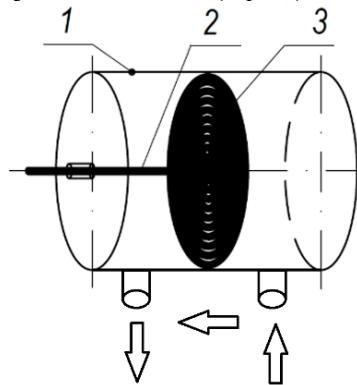
3 pav. Siurblio su spiraliniu stūmokliu konstrukcija, čia a) spiralinio stūmoklio konfigūracija kai skystis užpildo slėginę cilindro dalį ir $p_1 = p_2$ (atitinka 2 pav. b); b) spiralinio stūmoklio konfigūracija kai skystis išstumiamas į slėginę magistralę $p_1 > p_2$ (atitinka 2 pav. c)

Šaltinis: sudaryta autorių

Kai stūmoklis 2 koto 3 traukiamas juda kairėn (šiuo atveju) pasipriešinimo judesiui jėga negali dėl spiralinio stūmoklio konstrukcinių ypatumų deformuoti spiralės, todėl spiraleje plyšių nelieta ir spiralei įgijus stūmoklio geometrinę formą skystis pro išleidimo vožtuvą 5 (2 pav.) išstumiamas į slėginę magistralę. Stebima skysčio išstūmimo į slėginę magistralę ir cilindro užpildymo skysčiu iš bako pro įleidimo vožtuvą fazės. Slėgiai $p_1 \gg p_2$.

Teorinis ir eksperimentinis konstrukcijos funkcionalumo pagrindimas

Teorinis ir eksperimentinis spiralinio siurblio konstrukcijos pagrindimas grįsti tyrimų. Buvo sudaryta pasipriešinimo jėgos spiralės linijiniam judesiui cilindre (4 pav.) klampiu skysčiu lygtis.



4 pav. Slopavimo funkciją atliekanti spiralė: 1 – korpusas, 2 – strypas, 3 – slopavimo elementas

Šaltinis: sudaryta autorių

Prielaidos lygčiai sudaryti:

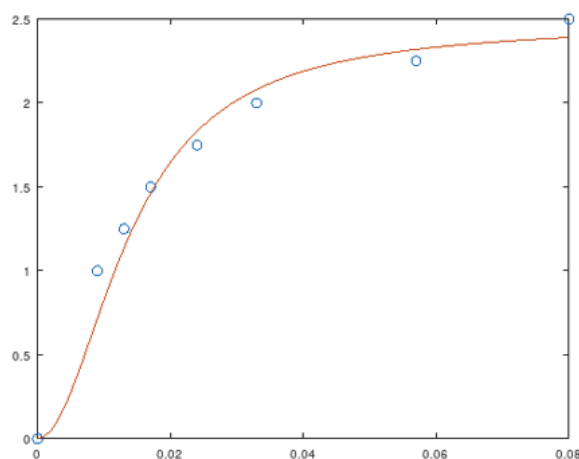
1. Jei plyšių plotas yra fiksuotas, tai pasipriešinimo jėga yra proporcinga greičio kvadratui (dėl didelės skysčio klamos).
2. Greitis nustato spiralės formą su plyšiais. Kuo didesnis greitis, tuo didesnis yra plyšių plotas.
3. Kuo didesnis plyšių plotas, tuo mažesnė pasipriešinimo jėga.
4. Pasipriešinimo jėga yra atvirkščiai proporcinga plyšio plotui.

Jėgos išraiška atrodo taip:

$$E(\dot{x}) = k \cdot \text{sign}(\dot{x}) \cdot (\dot{x})^2 \cdot \frac{1}{\delta(\theta\dot{x}, r) + \varepsilon} \quad (1)$$

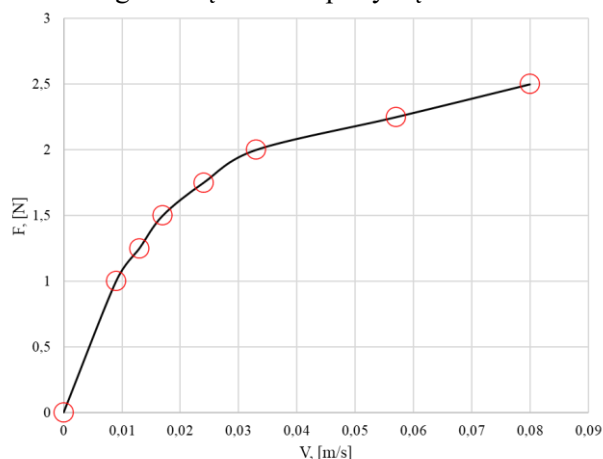
čia: x – spiralės judesio koordinatė; ε – mažas dydis, apibendrinantis pasipriešinimo jėgą, kai tarp vijų yra plyšiai; $\delta(C, r)$ – plotas tarp spiralės vijų; $C = \theta\dot{x}$ t.y. priklauso nuo spiralės judėjimo greičio; θ – proporcingumo koeficientas tarp dydžio C ir greičio \dot{x} ; r – spiralės skersmuo.

Išraiškos $E(x)$ grafinis vaizdas pateiktas 5 pav.



5 pav. Jėgos E priklausomybė nuo greičio x
Šaltinis: sudaryta autorių

Rezultatų interpretacija rodo, kad plyšiui tarp spiralinio stūmoklio didėjant nuo spiralės centro link periferijos, dozės formavimo metu aktualus maksimalus stūmoklio judesio greitis, nes jam didėjant, didėja plyšių plotas (2. prielaida) kas reiškia greitesnį dozės užpildymą.



6 pav. Eksperimento rezultatai
Šaltinis: sudaryta autorių

Eksperimentinius tyrimus apibendrinantis grafikas (6 pav.) rodo, kad spiralinio stūmoklio greitis turi tokį patį poveikį pasipriešinimo judesiui pobūdį kaip teorinius skaičiavimus, atliktus naudojant MATLAB programą, vaizduojantis grafikas (5 pav.).

Ta sistemos savybė, jog bendras plyšių plotas priklauso nuo spiralinio stūmoklio judesio greičio, išplečia jos panaudojimo galimybes naudoti spiralinį siurblių kaip kintamų dozių formavimo sistemą reguliuojant spiralinio stūmoklio judesio greitį.

Išvados

1. Apžvelgti tradiciniai slėgio ir dozių formavimo principai naudojant stūmoklinius siurblius.
2. Pateikta originalios konstrukcijos spiralinio siurblio konstrukcinė schema;
3. Pateikta siurblio veikimo principas įvertinant konstrukcinius ypatumus skysčio dozės formavimui;
4. Pateiktas teorinis ir eksperimentinis konstrukcijos funkcionalumo pagrindimas.

Literatūra

1. Fang, X.; Ouyang, X.; Yang, H. Investigation into the Effects of the Variable Displacement Mechanism on Swash Plate Oscillation in High-Speed Piston Pumps. Applied Sciences. J. Dyn. Syst. Meas. Control ASME 1999, 121, 599–605
2. Fornarelli, F.; Lippolis, A.; Oresta, P.; Posa, A. A computational model of axial piston swashplate pumps. Energy Procedia 2017, 126, 1147–1154

3. Kim, S.D.; Cho, H.S.; Lee, C.O. A parameter sensitivity analysis for the dynamic-model of a variable displacement axial piston pump. Proc. Inst. Mech. Eng. Part C 1987, 201, 235–243
4. Manring, N.D. The control and containment forces on the swash plate of an axial-piston pump. J. Dyn. Syst. Meas. Control ASME 1999, 121, 599–605
5. Pan, Y.; Li, Y.; Huang, M.; Liao, Y.; Liang, D. Noise source identification and transmission path optimisation for noise reduction of an axial piston pump. Appl. Acoust. 2018, 130, 283–292
6. Zhang, X.; Cho, J.; Nair, S.; Manring, N. New swash plate damping model for hydraulic axial-piston pump. J. Dyn. Syst. Meas. Control ASME 2001, 123, 463–470

THEORETICAL AND EXPERIMENTAL STUDY OF THE FUNCTIONALITY OF A PUMP WITH A SPIRAL PISTON DESIGN

Summary

This paper discusses the construction and principle of operation of a high-speed and accurate pump with spiral piston, structural features that ensure the high speed of the system and the dependence of the possible dose formation accuracy on the movement speed of the spiral piston. Theoretical and experimental assumptions for ensuring high granularity and dosing accuracy are presented.

Key words: spiral piston pump, spiral piston, cylinder, liquid pressure.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vytenis Naginevičius

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto priemonės, vidaus degimo varikliai, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Skirmantas Adomavičius

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: automatinis valdymas, elektronikos technika, virpesiai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vytenis Naginevičius

Science degree and name: PhD

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, associated professor

Author's research interests: Vehicles, Internal Combustion Engines, Materials Processing Technologies, Vibrations

Telephone and e-mail address: +370 600 20386, vytenis.naginevicius@edu.ktk.lt

Author name, surname: Skirmantas Adomavičius

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Engineering Faculty, lecturer

Author's research interests: Automatic Control, Electronics

Telephone and e-mail address: +370 681 44222, skirmantas.adomavicius@edu.ktk.lt

SUVIRINIMO LANKO STABILUMO ĮTAKOS SMEIGĖS SUVIRINTO SUJUNGIMO KOKYBEI TYRIMAS

Donata Putnaitė, Andrius Kozlovas
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Tyrimo metu nagrinėtas suvirinto sujungimo mechaninis atsparumas ir jo priklausomybė nuo suvirinimo režimo. Šio tyrimo tikslas – išsiaiškinti smeigės suvirinto sujungimo kokybės priklausomybę nuo suvirinimo režimo. Mechaninį bandymą būtina atlikti, nes tik tokiu būdu galima spręsti apie sujungimo tinkamumą, vizualios apžiūros nepakanka objektyviam įvertinimui. Tyrimo metu išanalizuota teorinė medžiaga, atliktas praktinis sujungimas atlikimas, vizualinė patikra bei lenkimo bandymas.

Gauti tyrimo rezultatai rodo, kad suvirinto sujungimo atsparumas mechaninėms apkrovoms, tiesiogiai priklauso nuo suvirinimo režimų. Remiantis tyrimo rezultatais, nustatytas tinkamas suvirinimo režimų diapazonas, kuriame gautas tinkamas sujungimas. Šio tyrimo rezultatus galima panaudoti praktikoje.

Reikšminiai žodžiai: smeigės privirinimas, smeigė, suvirinimo lankas, iškyša, pakėlimo aukštis

Įvadas

Smeigių suvirinimo technologija – tai toks suvirinimo būdas, kai smeigės galinis paviršius ir dalis metalinio ruošinio, prie kurio privirinama smeigė, yra įkaitinami ir išlydomi, naudojant elektros energiją, vėliau šios suvirinamos detalės, paveikiamos slėgio, dėl ko detalės yra sujungiamos ir tarp jų sukuriamas medžiagų tarpatominis ryšys, taip gaunant suvirintą sujungimą (Zhang, 2022: 138). Tyrimų duomenimis, smeigių privirinimas plačiai naudojamas laivų statybos, šarvuotų mašinų gamybos, statybos ir kitose srityse. Šis detalių sujungimo būdas yra greitas, technologiškai paprastas ir patogus, ir reikalaujantis mažų kaštų. Tačiau, anot tyrėjų buvo nustatyta, kad tuščiaaviduris smeigės galinis paviršius yra plokštuma, ir suvirinimo metu kaitinamas plotas yra pakankamai didelis ir dėl galimo nestabilaus suvirinimo lanko yra tikimybė atsirasti suvirinimo defektui – vietiniam nesulydymui.

Tyrimų duomenimis suvirinimo defektai, tokie kaip nesulydymas, įtrūkimai atsiranda suvirinant legiruotus plienus, kurių ekvivalentinis anglies kiekis $CEV > 0,6$. Tokie plienai turi polinkį įtrūkimų atsiradimui, o taip pat esantys cheminiai elementai sudaro barjerą tinkamam detalių sulydymui, dėl ko gaunami neleistini defektai – nesulydymas, įtrūkimai. Tačiau šie defektai gali atsirasti ir suvirinant konstrukcinį plieną, kurio ekvivalentinis anglies kiekis $CEV \leq 0,45$.

Neleistinų defektų atsiradimas yra problema: defektų atsiradimas įtakoja, t.y. blogina konstrukcijos bendrąsias mechanines savybes – atlaikyti jai skiriamas apkrovas, todėl yra labai svarbu išspręsti šią problemą, tam, kad būtų gautas tinkamas detalių sujungimas ir tokiu būdu konstrukcija atliktų projektuojamą funkciją.

Tyrimo objektas – suvirinimo lankas.

Tyrimo tikslas – įvertinti suvirinimo lanko įtaką suvirinto sujungimo kokybei.

Probleminis klausimas – kaip suvirinimo lankas įtakoja suvirinto sujungimo kokybę?

Uždaviniai: išanalizuoti suvirinimo srovės ir kitų veiksnių įtaką smeigių suvirinimo procesui. Atlikti eksperimentą.

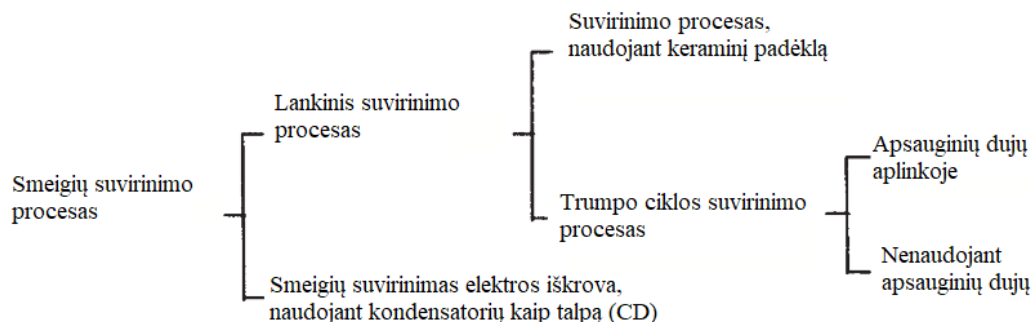
Tyrimo naudojami metodai: literatūros šaltinių, techninės medžiagos analizė, praktiniai metodai. Straipsnio struktūra – smeigių suvirinimo proceso analizė, eksperimento eiga, eksperimento rezultatai, išvados.

Smeigių suvirinimo procesas ir ypatybės

1-ame paveiksle ir 1-oje lentelėje pateikti smeigių suvirinimo procesų tipai, charakteristikos ir taikymo sritis. Smeigių suvirinimas gali būti skirstomas į lankinį suvirinimą ir suvirinimą elektros iškrova, naudojant kondensatorių kaip talpą (CD). Lankinio suvirinimo metu, elektrinis suvirinimo lankas naudojamas kaip suvirinimo šaltinis. Sujungimas įvyksta išsilydžius smeigės kaitinamajai plokštumai (galiniam paviršiui) ir ruošinio prie kurio privirinama plokštumai. Atliekant įprastą lankinį suvirinimą, išsilydžiusiam metalui apsaugoti nuo deguonies, esančio ore, naudojamas padėklas iš keraminės medžiagos. Keraminis padėklas taip pat formuoja ir išsilydžiusio metalo vonelę, taip sudarydamas tam tikros formos suvirinimo siūlę. Suvirinimui naudojamas nuolatinės srovės suvirinimo įrenginys, kurio vardinė srovė 2000–2500 A. Tiriant smeigių lankinio suvirinimo procesą, nustatyta, kad šiam procesui trunkant trumpu laikotarpiu, t.y. 0,01-0,1 sekundės ribose galimas suvirinimas įvedant į suvirinamas detales mažesnę šilumos kiekį, dėl ko sumažėja detalių, ypač plonų, deformacijos, tačiau yra reikalinga padidinti suvirinimo srovę.

Kitas smeigių suvirinimo būdas yra suvirinimas apsauginių 20% CO₂dujų + Ar (argonas) aplinkoje, suvirinant plienus, o suvirinant aliuminį, apsauginės dujos – Ar (argonas). Kuo didesnis smeigės skersmuo, tuo didesnė išlydyto metalo vonelė, todėl stabilią suvirinimo siūlę galima gauti tik tada, kai suvirinamos

smeigės skersmuo ne didesnis kaip 12mm. Šiam suvirinimo procesui nereikia naudoti keraminio padėklo, todėl šį procesą galima lengvai robotizuoti bei automatizuoti.



1 pav. Smeigių suvirinimo procesų tipai

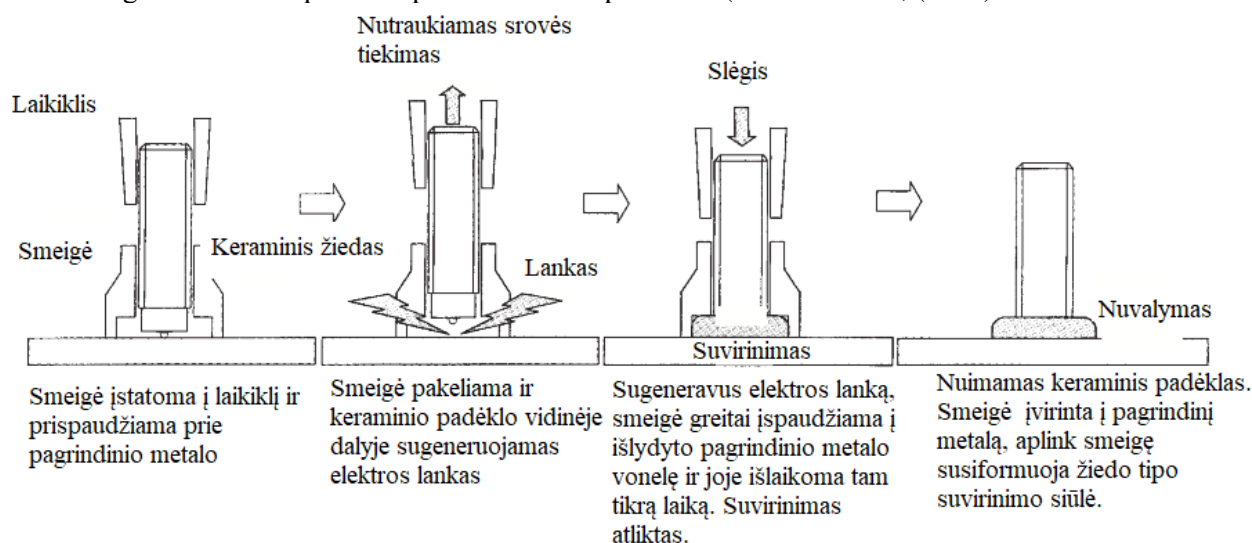
Šaltinis: W. Nishikawa (2003) *The principle and application field of stud welding*

1 lentelė

Ivairių suvirinimo procesų charakteristika ir jų taikymas

Suvirinimo proceso tipas	Charakteristika	Taikymo sritis
1. Suvirinimo procesas, naudojant keraminį padėklą: Suvirinimo laikas 0,1-1,5s Smeigės skersmuo $D=M8-M27,25mm$ Naudojamos plokštelės storis, mm $D/4 <$	Patikima suvirinimo zona. Gera siūlės išvaizda. Atsiranda didelės deformacijos ir netinka mažo storio (plonoms) detalėms. Reikalinga keraminio padėklo nuėmimo operacija.	Statybinių konstrukcijų gamyboje. Tiltų gamyboje. Laivų statyboje, sunkiųjų elektros mašinų gamyboje, statybinėje technikoje.
2. Trumpo ciklo suvirinimo procesas Be dujų apsauga Suvirinimo laikas 0,01-0,1s Smeigės skersmuo $D=M3-M12mm$ Naudojamos plokštelės storis, mm $D/8 <$	Suvirinimo zona geresnio patikimumo nei suvirinant elektros iškrova, naudojant kondensatorių (CD), tačiau ne tokia patikima kaip suvirinant lankiniu procesu. Nedidelės deformacijos, todėl tinka suvirinti plonoms detalėms iš lakštinio plieno. Prasta suvirintos siūlės išvaizda.	Automobilių gamyboje. Elektros ir pramoninių mašinų gamyboje. Laivų statyboje.
3. Trumpo ciklo suvirinimo procesas Be dujų apsaugos Suvirinimo laikas 0,01-0,1s Smeigės skersmuo $D=M3-M10mm$ Naudojamos plokštelės storis, mm $D/8 <$	Suvirinimo zona prastesnio patikimumo nei suvirinant su dujų apsauga (galima lyginti su suvirinimu naudojant elektros iškrova, kondensatorių (CD)). Žemi suvirinimo kaštai.	Namų ūkyje. Instaliacijai ir šiltinimo medžiagų tvirtinimui.
4. Suvirinant elektros iškrova, naudojant kondensatorių kaip talpą (CD) Be dujų apsaugos Suvirinimo laikas 0,03-0,01s Smeigės skersmuo $D=M3-M10mm$	Suvirinimo zona prasto patikimumo Nedidelės deformacijos, todėl tinka suvirinti plonoms detalėms iš lakštinio plieno. Žemi suvirinimo kaštai. Suvirinimo šaltinis gali naudoti 100V įtampą. Suvirinimo šaltinio masė - nedidelė.	Parduotuvinių įrangos gamyboje. Instaliacijai ir šiltinimo medžiagų tvirtinimui ir pan.

Smeigės suvirinimo procesas pateiktas 2-ame paveiksle (W. Nishikawa, (2003)).

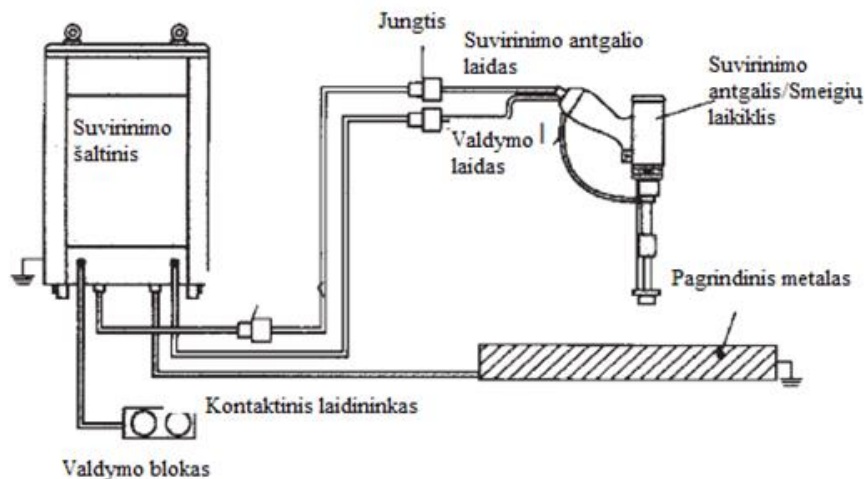


2 pav. Smeigės suvirinimo procesas

Šaltinis: W. Nishikawa (2003) *The principle and application field of stud welding*

Smeigė, kuri iš pradžių liečiasi su pagrindiniu metalu, pakeliama aukštyn, sukuriama elektros lanka ir tam tikrą laiką teka suvirinimo srovė; pagrindinis metalas ir smeigės metalas išlydomi, smeigė greitai „išsmeigiama“ į skysto pagrindinio metalo vonelę ir prispaudžiama. Kai suvirinimo srovė nustoja tekėti, tada suvirinimo procesas laikomas baigtu.

Smeigių suvirinimo įrangą sudaro (3 pav.): suvirinimo šaltinis, jungiamųjų laidų, suvirinimo antgalio/smeigių laikiklio, valdymo bloko.

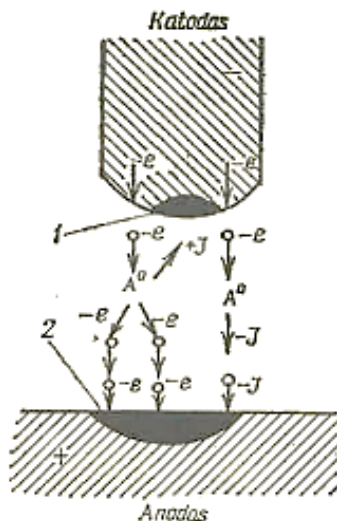


3 pav. Smeigių suvirinimo įranga

Šaltinis: Nabeel K. Abid Al-Sahib, Hussam K. Abdul Ameer, Saif Ghazy Faisal Ibrahim, (2009). *Monitoring and Quality Control of Stud Welding*

Smeigės suvirinimo proceso kokybė – suvirinimo lanko stabilumas, kuris priklauso nuo lanko išlydžio sąlygų ir suvirinimo įrangos parametrų bei savybių.

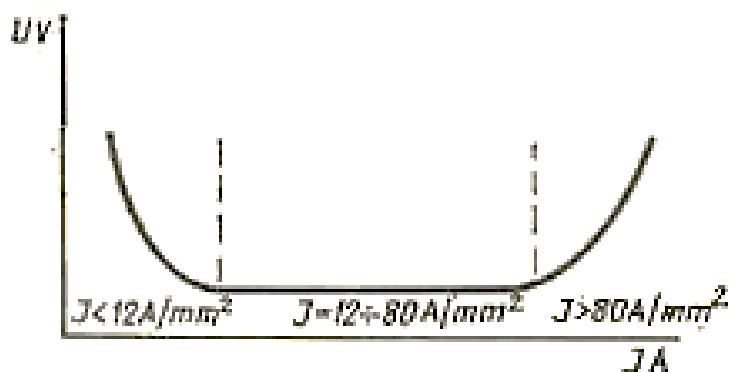
Suvirinimo lankas (4 pav.) yra ilgai trunkantis galingas elektros išlydis įvairių medžiagų jonizuotose dujose bei garuose tarp elektrodų, prie kurių prijungta įtampa (Naruškevičius, 2003: 6).



4 pav. Suvirinimo lanko schema: e - elektronas, A^0 - neutralus atomas, +J - teigiamas jonas, -J - neigiamas jonas, 1 – katodinė dėmė, 2 – anodinė dėmė

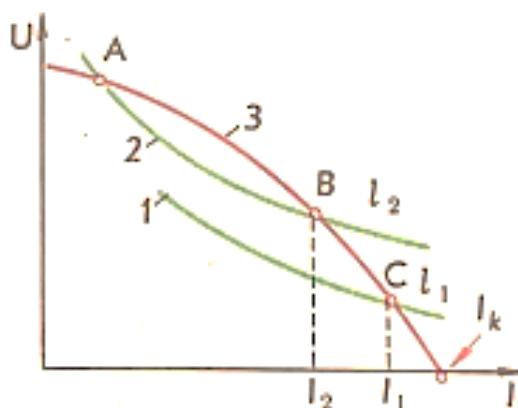
Šaltinis: J. Naruškevičius (2003). *Suvirintojo vadovas*

Kai srovė ir įtampa pastovios, lanko įtampa tarp besilydančių elektrodų yra tiesiog proporcinga jo ilgiui. Tam, kad suvirinimo lankas degtų stabiliai, tarp jo srovės ir įtampos turi būti tam tikra priklausomybė. Lanko įtampos priklausomybė nuo jo srovės vadinama lanko statine voltamperine charakteristika (Naruškevičius, 2003: 9), (5 pav.).



5 pav. Suvirinimo lanko statinė volamperinė charakteristika
Šaltinis: J. Naruškevičius (2003). Suvirintojo vadovas

Suvirinimo transformatoriaus išorinė charakteristika turi būti minkšta. Tokiu atveju jo trumpojo jungimo srovė yra nedaug stipresnė už vardinę srovę, o, suvirinimo metu pakeitus lanko ilgį, darbo srovė pakinta palyginti nedaug (6 pav.). Lankas, kurio ilgis l_2 , stabiliai dega, tekant srovei I_2 (charakteristikų sankirta – taškas B). Sumažinus jos ilgį iki l_1 , teka suvirinimo srovė I_1 (taškas C). Kai srovė labai sumažėja (taškas A), lankas užgęsta (Masiokas, 1994: 278).



6 pav. Elektros lanko voltamperinės charakteristikos (1,2), kai jo ilgis $l_1 < l_2$ ir suvirinimo transformatoriaus išorinė charakteristika (3)

Šaltinis: S. Masiokas, (1994). Elektrotechnika

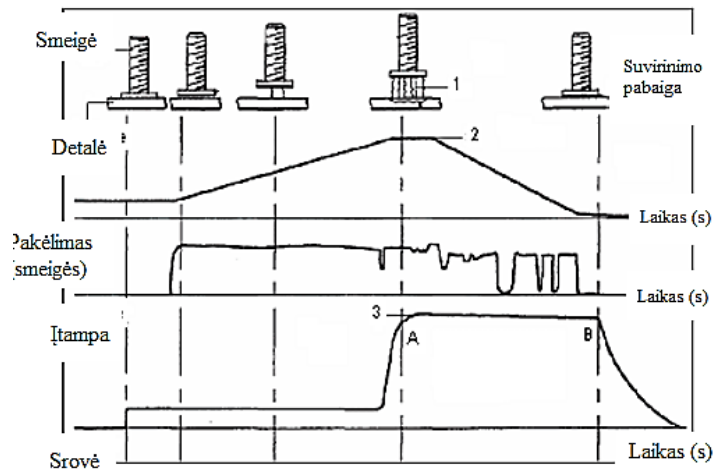
Suvirinimo lankui ir elektrodo skersmeniui esant pastoviams, statinė voltamperinė charakteristika suskirstoma į tokias sritis: mažo srovės tankio (iki 12 A/mm^2), vidutinio srovės tankio (nuo 12 iki 80 A/mm^2) ir didelio srovės tankio (daugiau kaip 80 A/mm^2) (Naruškevičius, 2003: 9).

Kai elektrode srovės tankis mažas, lanko charakteristika yra krintanti, nes, stiprėjant srovei, katodinė dėmė, taigi ir lanko stulpo skerspjūvis didėja, srovės tankis lanke mažėja, o elektrinis laidumas didėja. Šis įtampos kritimas anodinėje ir katodinėje srityse nekinta. Toks lankas nelabai stabilus (Naruškevičius, 2003: 9).

Išanalizavus tyrėjų pateiktą informaciją, nustatyta, kad stabiliam suvirinimo lankui gauti turi įtaką suvirinimo transformatoriaus išorinė charakteristika, kuri turi būti minkšta, kadangi esant minkštai charakteristikai suvirinimo lankas dega stabiliai. Taip pat nustatyta, kad suvirinimo lanko stabilumą įtakoja srovės tankis elektrode. Siekiant suvirinimo lanko stabilumo, srovės tankis elektrode turėtų būti $12\text{-}80 \text{ A/mm}^2$.

Faktoriai įtakoiantys smėigės suvirinimo kokybę

Smėigės suvirinimo kokybės pagrindinis veiksnys yra ryšys tarp suvirinimo lanko įtampos ir srovės (7 pav.), kurią generuoja suvirinimo įrenginys.

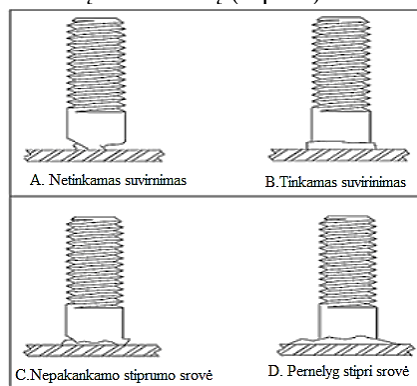


7 pav. Suvirinimo ciklo diagrama. Ryšys tarp smeigės pakėlimo aukščio, lanko įtampos ir suvirinimo srovės stiprumo. 1-didžiausio intensyvumo elektros lankas, 2- didžiausias smeigės pakėlimo aukštis, 3 – stipriausia srovė

Šaltinis: Nabeel K. Abid Al-Sahib, Hussam K. Abdul Ameer, Saif Ghazy Faisal Ibrahim, (2009). *Monitoring and Quality Control of Stud Welding*

Ryšį tarp suvirinimo lanko įtampos ir srovės įtakoja daugybė kintamųjų, todėl jis gali keistis priklausomai nuo tų kintamųjų tipo ir skaičiaus, pvz., besikeičiančios suvirinimo sąlygos, netinkamas suvirinimo įrangos naudojimas ir (arba) įrangos gedimai.

Suvirinimo srovės kitimas įtakoja defektų atsiradimą (8 pav.).



8 pav. Smeigių suvirinimo defektai, atsirandantys dėl srovės kitimo

Šaltinis: Nabeel K. Abid Al-Sahib, Hussam K. Abdul Ameer, Saif Ghazy Faisal Ibrahim, (2009). *Monitoring and Quality Control of Stud Welding*

Galima pastebėti srovės stiprumo (A) svarbą suvirinimo kokybei, kai suvirinimo defektai atsiranda dėl suvirinimo srovės kitimo. Eskizas A (8 pav.) vaizduoja suvirinimo netinkamą suvirinimą, kai smeigės pakėlimo aukštis yra per didelis (šiuo atveju smeigė per mažai įsigilina į detalę) arba suvirinama stipria srove. Nepakankamas smeigės įsigilinimas sudaro sąlygas atsirasti įdubimui ir tada suvirinimo siūlė susiformuoja pagal atsiradusį įdubimą. Tai atsitinka tada, kai smeigės pagrindas (privirinama smeigės dalis) išsilydo ir smeigė su detale suvirinama nedideliu plotu.

Eskize B (8 pav.) pateikta tinkamai privirinta smeigė. Šiuo atveju parinkti tinkami suvirinimo režimai: pakėlimo aukštis, lanko įtampa, srovės stiprumas.

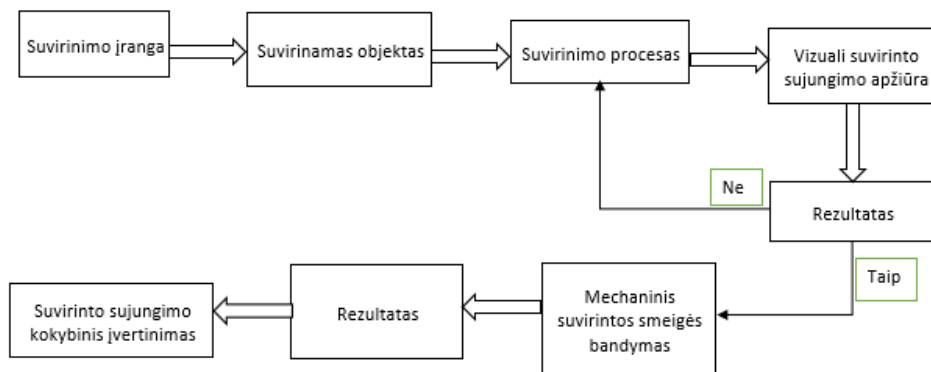
Eskizuose C ir D (8 pav.) pavaizduoti defektai atsirandantys dėl nepakankamos srovės stiprumo ir dėl pernelyg stiprios srovės. C eskize matyti nesusilydęs metalas, dar vadinamas „šaltu suvirinimu“ ir nesuformuojama suvirinimo siūlė. Eskize D pateikta situacija, kada yra naudojama pernelyg stipri srovė. Šiuo atveju ištaškomas išlydytas metalas, suvirinimo vietoje suformuojama įduba, gaunami siūlės pradeginimai, poros, tuštumos. Toks suvirinimas vadinamas „karštuoju“.

„Tikslus suvirinimo režimo parinkimas priklauso nuo naudojamų medžiagų bei turimos įrangos“ (Gedzevičius, 2009: 4). Privirinant smeigę prie plokštės, atsiranda tikimybė gauti nesulydytą sujungimą. Toks sujungimas yra su defektu. Pagrindinis defektas – smeigės ir plokštės jungiamųjų paviršių nesusilydymas.

Apibendrinant galima teigti, kad A, C, D (8 pav.) eskizuose pateiktuose smeigių privirinimo atvejuose yra neleistini defektai, įtakojantys mechaninį suvirinto sujungimo atsparumą.

Eksperimentas

Eksperimentas atliekamas pagal šiam tikslui parengtą modelį, pavaizduotą (9 pav.).

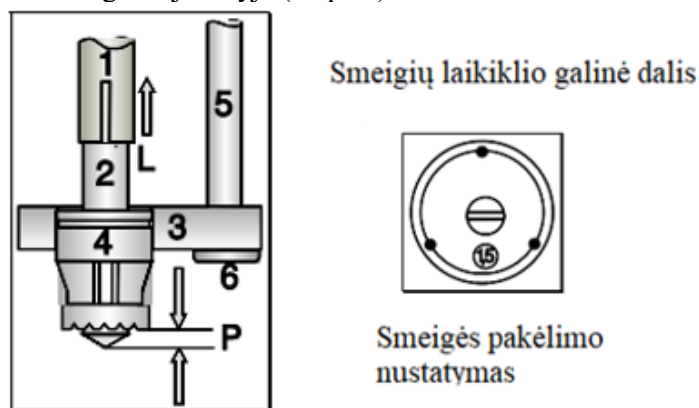


9 pav. Eksperimento modelis

Šaltinis: sudarytas autorių

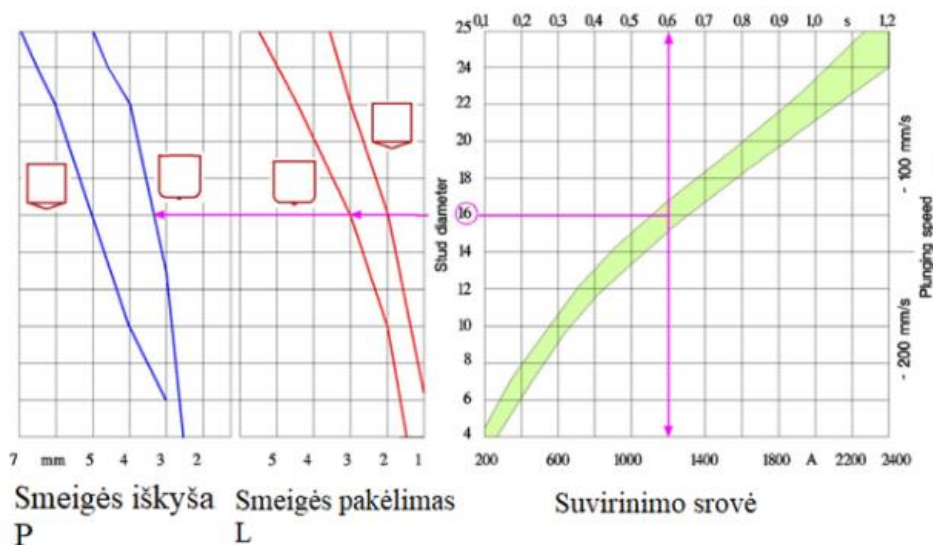
Eksperimento atlikimo sąlygos:

1. 20mm storio lakštinio plieno S355 markės plokštė, suvirinimo zonoje nuvalyta nuo oksidinės plėvelės.
2. Smeigės skersmuo $d = 25\text{mm}$, ilgis $l = 200\text{mm}$, keraminis padėklą $d = 27\text{mm}$.
3. Smeigės iškyša $P = 7\text{mm}$ ir smeigės pakėlimo aukštis $L = 5,5\text{mm}$. Pakėlimo aukštis nustatomas reguliatoriumi, esančiu laikiklio galinėje dalyje (10 pav.).



10 pav. Smeigės laikiklio nustatymas. 1-smeigės laikiklis, 2-smeigė, 3-atraminė plokštė, 4-keraminis padėklas, 5-kreipiančioji, 6-varžtas, L-pakėlimas, P-smeigės iškyša.

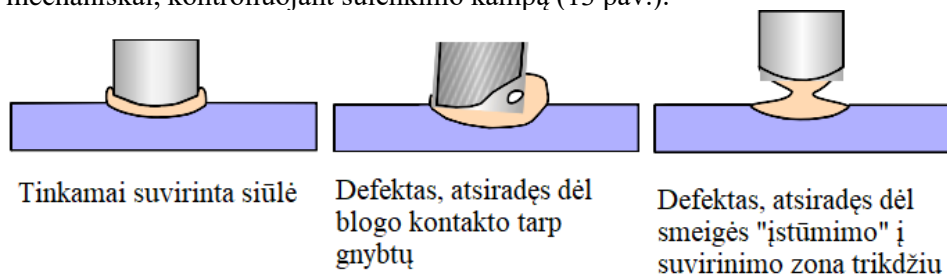
Šaltinis: https://www.fce.vutbr.cz/KDK/hron.l/Garaze/Stud_catalogue-2005-09-02-e.pdf



11 pav. Parametrų nustatymo grafikas

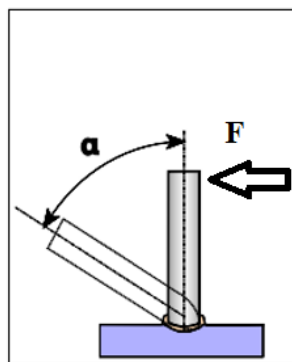
Šaltinis: prieiga per internetą: https://www.fce.vutbr.cz/KDK/hron.l/Garaze/Stud_catalogue-2005-09-02-e.pdf

4. Smeigės įstatymas į keraminį padėklą ir laikiklį.
5. Nustatomi suvirinimo režimai: suvirinimo srovė (A) ir išlaikymo laikas (ms) (11 pav.).
6. Suvirinimo proceso atlikimas.
7. Baigtas suvirinimo procesas. Pašalinamas keraminis padėklas, atliekamas vizualinė sujungimo apžiūra. Tinkamas suvirinto sujungimo priėmimo lygmuo yra tinkama suvirinimo siūlė, turinti uždarą kontūrą ir yra vienodo aukščio, o taip pat turi blizgantį melsvai pilką paviršių (12 pav.). Atliekamas mechaninis lenkimo bandymas. Lenkimo bandymas parodo sujungimo atsparumą apkrovai. Tinkamas suvirintas sujungimas nesuyra ir neturi jokių įtrūkimų, sulenkus smeigę $\alpha = 60^\circ$ kampu. Lenkimo bandymas realizuojamas mechaniškai, kontroliuojant sulenkimo kampą (13 pav.).



12 pav. Suvirinimo defektai

Šaltinis: *prieiga per internetą*: < https://www.fce.vutbr.cz/KDK/hron.l/Garaze/Stud_catalogue-2005-09-02-e.pdf



13 pav. Lenkimo bandymas

Šaltinis: *sudaryta autorių*

8. Pateikiami rezultatai.

Tyrimo rezultatai. Atliktų bandymų rezultatai pateikti lentelėje (2 lentelė).

2 lentelė

Suvirinimo režimai ir gauti rezultatai

Bandymo numeris	Suvirinamos detalės	Smeigės iškyša P, mm	Pakėlimas, L, mm	Suvirinimo režimai		Vizualinė sujungimo apžiūra (tinkamas/netinkamas)	Lenkimo bandymas (atitinka/neatitinka)
				Suvirinimo srovė, A	Išlaikymo laikas, ms		
1.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	2400	1200	tinkamas	atitinka
2.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	2300	1150	tinkamas	atitinka
3.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	2200	1100	tinkamas	atitinka
4.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	2100	1050	tinkamas	atitinka
5.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	2000	1000	netinkamas	neatitinka
6.	STUD KOCO 25x200 su S355 t=20mm	7	5	1800	900	netinkamas	neatitinka

Šaltinis: *sudaryta autorių*



14 pav. Privirintos ir sulenkto smeigės. Defektas.

Šaltinis: sudaryta autorių

Gautų rezultatų apibendrinimas. Gauti bandymų rezultatai rodo, kad tinkamas sujungimas gaunamas suvirinimo srovės 2100...2400A ir išlaikymo laiko 1050...1200ms ribose. Praktikoje rekomenduojama taikyti būtent tokiuose diapazonuose esančius suvirinimo režimus ir nustatyti suvirinimo įrangą su smeigės iškyša P - 7mm bei pakėlimu L – 5mm. Darbo metu išlaikant šiuos režimus gaunamas vizualiai tinkamas ir mechaniškai atsparus sujungimas.

Išvados

Atlikus tyrimą, darytinos išvados:

1. Smeigės naudojamos įvairiose pramonės šakose: pastatų, tiltų ir kitų statybose, laivų statyboje, automobilių gamyboje.
2. Nustatyta, kad smeigių suvirinimo kokybę įtakoja suvirinimo lanko stabilumas, kuris priklauso nuo srovės tankio ir suvirinimo šaltinio statinės voltamperinės charakteristikos. Stabilus lankas gaunamas kai srovės tankis yra nuo 12 iki 80A/mm² ir kai suvirinimo šaltinio išorinė charakteristika yra minkšta. Tokiu atveju jo trumpojo jungimo srovė yra nedaug stipresnė už vardinę srovę, o, suvirinimo metu pakeitus lanko ilgį, darbo srovė pakinta palyginti nedaug.
3. Atlikus bandymus, nustatyta, kad yra tiesioginė priklausomybė tarp suvirinimo režimų ir sujungimo tinkamumo (kokybės) reikalavimų.. Šis diapazonas toks: suvirinimo srovė 2100...2400A, o išlaikymo laikas 1050...1200ms.

Literatūra

1. Abid Al-Sahib Nabeel K., Abdul Ameer Hussam K., Ibrahim Saif Ghazy Faisal. Monitoring and Quality Control of Stud Welding. Khwarizmi Engineering Journal, Vol. 5, No. 1, PP 53-70 (2009).
2. Gedzevičius I., Kazakevičius Č.. Suvirinimo technologija. Suvirinimo režimų skaičiavimo metodiniai nurodymai. Vilnius, „Technika“ 2009, ISBN 978-9955-28-418-5, eISBN 978-9955-28-967-8, doi:10.3846/1054-S.
3. Haidar J. Predictions of metal droplet formation in gas metal arc welding. II[J]. J Appl Phys 1998;84(7):3 530–40.
4. Masiokas S. Elektrotechnika. II-asis pataisytas ir papildytas leidimas. Kaunas, „Candela“, 1994. ISBN 9986-400-00-7.
5. Mechanikos inžinieriaus žinynas. 1-oji laida, 2014. ISBN 978-609-02-1076-5.
6. Naruškevičius J. Suvirintojo vadovas. II-oji laida pataisyta ir papildyta. Vilnius, „Mažoji Evelina“,2003. ISBN 9955-9310-3-5.
7. Nishikawa W. The principle and application field of stud welding, 2003, Welding international, 17:9, 699-705.
8. Operating Manual KŌCO Compact Stud Welding Equipment ELOTOP 810 1010 1710 2010 3010 (from no. XXXXX200). Issue 7, 2017.
9. Zhang D., Qian X., Li X., He S. & Kehong W. Effects of welding flux on welding quality during arc stud welding process. J Adhes Sci Technol 2021:1–12.
10. Zhang D., Yin H., Bai W., Wang K.. Forming and weld grain growth behavior of arc stud welding by rotating magnetic field. Journal of Manufacturing processes 82 (2022) 138 - 151.

RESEARCH OF THE WELDING ARC STABILITY EFFECT ON THE QUALITY OF A STUD WELDED JOINT

Summary

Stud welding technology is a welding method where the end surface of the stud and part of the metal workpiece which the stud is welded are heated and melted using electricity, then these welded parts are subjected to pressure, due to which the parts are joined and material is created between them interatomic bond, thus obtaining a welded joint (Deku Zhang, Hongyu Yin, Wei Bai, Kehong Wang, 2022).

According to research, stud welding is widely used in shipbuilding, armored vehicle manufacturing, construction and other fields. This method of connecting parts is fast, technologically simple and convenient, and requires low costs.

However, according to researchers (Haidar J., Zhang Deku, etc.), it was found that the hollow end surface of the stud is a plane, and the heated area during welding is large enough, and there is a possibility of the occurrence of a welding defect - local non-fusion due to the possible unstable welding arc.

According to research, welding defects such as non-fusion, cracks occur when welding alloy steels with an equivalent carbon content of $CEV > 0.6$. Such steels have a tendency to crack, and the chemical elements present also form a barrier to the proper fusion of parts, which results in unacceptable defects - non-fusion, cracks. However, these defects can also occur when welding structural steel with an equivalent carbon content of $CEV \leq 0.45$.

The occurrence of unacceptable defects is a problem: the occurrence of defects affects, i.e. deteriorates the general mechanical properties of the structure - to withstand the loads assigned to it, therefore it is very important to solve this problem, in order to obtain a proper connection of the parts and thus the structure performs the designed function.

The object of research is a welding arc.

The purpose of the study is to evaluate the influence of the welding arc on the quality of the welded joint.

The problematic question is how does the welding arc affect the quality of the welded joint?

Tasks: to analyze the influence of welding current and other factors on the stud welding process. Do an experiment.

Methods used in the research: analysis of literary sources, technical material, practical methods. The structure of the article is the analysis of the stud welding process, the course of the experiment, the results of the experiment, conclusions.

Conclusions

After the investigation, the following conclusions:

1. Studs are used in various industries: construction of buildings, bridges and others, shipbuilding, car manufacturing.
2. It was established that the quality of stud welding is influenced by the stability of the welding arc, which depends on the current density and the static voltammetric characteristics of the welding source. A stable arc is obtained when the current density is between 12 and 80A/mm² and when the external characteristic of the welding source is soft. In this case, its short-circuit current is slightly stronger than the rated current, and when the arc length is changed during welding, the working current changes relatively little.
3. After the tests, it was found that there is a direct dependence between the welding modes and the requirements for the suitability (quality) of the connection. This range is as follows: welding current 2100...2400A, and holding time 1050...1200ms.

Key words: stud welding, stud, welding arc, overhang, lift height

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Donata Putnaitė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritis: medžiagų suvirinimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 687 97379, donata.putnaite@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Andrius Kozlovas

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, lektorius

Autoriaus mokslinių interesų sritis: medžiagų suvirinimas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 611 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Andrius Kozlovas

Science degree and name: master

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Lecturer

Telephone and e-mail address: +370 511 58048, andrius.kozlovas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Donata Putnaitė

Science degree and name: doctor

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences

Telephone and e-mail address: +370 687 97379, donata.putnaite@edu.ktk.lt

ANOMALIJŲ APTIKIMAS REMIANTIS PAKETŲ IR SRAUTO ANALIZĖ INTERNETO MAINŲ KOMPIUTERINIUOSE TINKLUOSE

Vsevolod Kapustin
Vilniaus Gedimino technikos universitetas

Anotacija

Mokslinio tyrimo tikslas – ištirti mainų kompiuteriniuose tinkluose kylančių anomalijų aptikimo, naudojant mašininį mokymą, galimybes bei modelių efektyvumą. Tyrimui naudojamas virtualizuotas kompiuterinio tinklo prototipas, paremtas interneto mainų (angl. *Internet Exchange Networks*) kompiuterinių tinklų struktūra. Pagrindinis tyrimo objektas – dinaminio maršrutų apsikeitimo protokolas BGP (angl. *Border Gateway Protocol*). Tyrimo prototipui sudaryti, naudojamas kompiuterinio tinklo programinės įrangos emuliacijos įrankis GNS3. Maršrutų duomenų bazės aplikacija „Bird“ sudiegiama į „Debian“ operacinės sistemos pagrindu veikiančią virtualią mašiną. Surenkami duomenų rinkiniai, susidedantys iš BGP protokolo srauto bei atskirų paketų atributų. Duomenų rinkiniai paruošti mašininio mokymo modelio mokymui ir modeliavimui. Sudaryti atraminių vektorių mašinos (angl. *Support Vector Machine*) ir ilgasis trumpas atminties (angl. *Long Short-Term Memory*) mašininio mokymo modeliai. Modeliai atskirai pritaikomi duomenų rinkiniams. Tyrimo metu buvo nustatyta, kad geriausi rezultatai gaunami taikant SVM modelį paketų analizės duomenų rinkinio atžvilgiu.

Reikšminiai žodžiai: BGP, dirbtinių neuronų tinklas, LSTM, SVM, GNS3.

Įvadas.

Duomenų perdavimo sistemų (darbo, įterptinių, tarnybinių ir kt.) saugumas yra vienas iš pagrindinių aspektų, nagrinėjant pramonės verslo sektorius, kuriuose pagrindinė darbo priemonė yra kompiuteris bei informacijos svarba yra aukšto lygio. Neapsaugotos ar blogai apsaugotos sistemos tampa piktavalių, t. y. žmonių, kurių pragyvenimo šaltinis yra neteisėta veikla, darbo objektu. Atsižvelgiant į tai, kad pagrindinis duomenų perdavimo tinklas yra „Internetas“ (visuotinis tinklas), kurio pagrindinis protokolas yra interneto protokolas (IP).

Bet kokių debesų kompiuterijos arba kitų skaičiavimo resursų naudojimas perduodamas srauto pavidalu per visuotinį tinklą. Visuotinis tinklas, kitaip žinomas kaip „internetas“, yra visuma sujungtų kompiuterinio tinklo paslaugų tiekėjų. Kiekvienas tiekėjas rezervuoja tam tikrus IP adresų telkinius. Už adresų telkinių anonsavimo veiklos stebėjimą atsako tinklo koordinavimo centrai (Europos sąjungoje, organizacija „RIPE NCC“). Visuomenėje, tiekėjai skelbia informaciją apie jiems priklausančius IP adresų telkinius nuo žemynkrypčių iki aukštynkrypčių tiekėjų interneto hierarchijoje (Dawadi et al., 2020).

Atsižvelgiant į tai, kad kiekvienas vartotojas turi laisvą interneto tiekėjo pasirinkimo galimybę, atsiranda poreikis lokalių mainų tinklų tarp, geografiškai esančių viename regione, tiekėjų. Taip atsirado interneto mainų tinklai, skirti mažinti duomenų perdavimo vėlinimą, tuomet gerinant teikiamų paslaugų kokybę.

Interneto mainų tinklai yra skirti lokalių tiekėjų apjungimui tarpusavyje, siekiant išvengti papildomų srauto perdavimo mazgų, taip mažinant vėlinimą nuo vartotojo iki tarnybinės stoties (resurso).

Pagrindinis aplikacijos lygmens protokolas – BGP yra tinklo adresų telkinių perdavimo įrankis skirtas bendrinti vieno maršrutizavimo mazgo maršrutų lenteles su kitu. Atsižvelgiant į tai, kad BGP yra paremtas inkapsuliacija į, sujungimą orientuoto transporto lygmens protokolo „TCP“, segmentą, BGP paveldi ankstesnių pagal hierarchiją protokolų (kanalinio, tinklo, transporto lygmenų) pažeidžiamumus.

BGP protokolo veikimas paremtas tinklo adresų telkinių perdavimu nuo vieno maršrutizatoriaus iki kito, palaikant aktyvų sujungimą (sesiją), naudojant kontrolės srautą. Tuomet BGP kaimynai yra priversti pastoviai atnaujinti savo būseną ir telkinių informaciją kaimynams. Ši sąveika tarp kaimynų sukelia pažeidžiamumą atsiradimą. Piktavališkas, siekiant sukelti anomaliją gali įtakoti sistemos būseną, siunčiant kontrolės paketus su šnipinėjama informacija.

Įsiterpimas į BGP protokolo kontrolės srauto perdavimą piktavaliu, sesijos būseną pereina į neveikios lygmenį, bei visi žinomi sesijos dalyviams maršrutai naikinami iš laikinos atminties talpyklų. Tuomet interneto tiekėjo perspektyva, vartotojų srauto pasiekimo adresai tampa nepasiekiami, atsižvelgiant į tai, kad sistema neturės reikiamų maršrutų. Istoriniais laikotarpiais, kurių metu buvo paveiktas visuotinis tinklas (Al-Musawi et al., 2017):

- TTNNet anonsavo daugiau nei 100000 neteisingų maršrutų, tai nukreipiant visą pasaulinį srautą netinkama kryptimi. 2004 m. gruodžio 24 d.;
- TMNet BGP konfigūravimo žmogiškoji klaida, sutrikdė dviejų duomenų centrų darbą. 2015 m. birželio 12 d.;
- Sukompromituota autonominė sistema AS27506. 2005 m. sausio 14 d.;
- Dodo ISP incidentas. 2012 vasario 23 d.;

- Mosco tiekėjo įrangos klaida. 2005 m. gegužės 7 d.;
- Kitos nuolat atsirandančios mažesnio masto atakos.

Šio projekto tikslas yra išanalizuoti BGP protokolo srauto parametrus, bei atskirų kontrolės paketų parametrus. Generuojant žinomas atakas, apmokyti mašininio mokymo modelį, ir sudaryti klasifikatorių, gebantį aptikti anomalijų šaltinio sukeltą srautą.

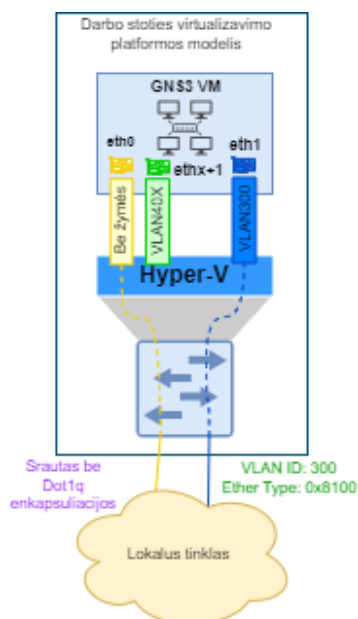
Atakos generavimo algoritmas, paremtas istorinėmis duomenimis. Naudojant viešai pasiekiamus duomenų rinkinius sudaromas analizuojamas ir suprogramuojamas anomalijų generavimo algoritmas. Darbo rezultatais galima remtis, siekiant pasirinkti tinkamą mašininio mokymo modelį dinaminio kompiuterinio tinklo anomalijų aptikimo įrankiams. Modelis skirtas tiekėjams, organizuojantiems arba dalyvaujantiems interneto mainų sujungimuose.

Tiriamosios aplinkos topologijos sudarymas

Tinklo srauto anomalijų aptikimo, naudojant paketų ir srauto analizę, modelis yra imituojamas mažo našumo kompiuteriniame tinkle, skirtame maršrutų apsiskeitimui naudojant BGP protokolą. Laboratorinis modelis yra pilna vienareikšmių tiekėjų sujungimo (angl. Peering Exchange) reprezentacija, tačiau siekiant iširti atskirų kontrolės plano protokolų pažeidžiamumus, vartotojų aplikacijų srautas yra sumažintas iki minimalios reikšmės.

Tiriamosios aplinkos projektavimui naudojama virtualizuotos, naudojant platformą „Microsoft Hyper-V“, ir aparatinės įrangos kombinuota schema. Naudojant „Hyper-V“ įrankį yra diegiama tinklinės įrangos laboratorinė programinė įranga „GNS3“. Aplinkoje yra įgyvendinami keturi tinklų sietuvai lokaliai aptarnaujantys ketvirtos versijos IP tinklus.

Laboratorinė darbinė stotis yra pajungiama prie kompiuterinio tinklo bei prievadas yra nukreipiamas į virtualizavimo platformą (1 pav.). Virtualizavimo platforma naudoja darbinės stoties prievado tvarkyklę atliekant laboratorinės aplinkos srauto žymėjimus kanaliname lygmenyje. Laboratoriniam srautui naudojamas antraštės įterpimas pagal „IEEE802.1q“ standartą (Abdulridha ir AL-Khaffaf, 2018). Standartas yra įterpiamas naudojant „0x8100“ (kadras su VLAN identifikatorių pagal IANA tipų sąrašą) tipo antraštę.



1 pav. Darbo stoties su Windows 11 operacine sistema topologijos virtualizacijos modelis

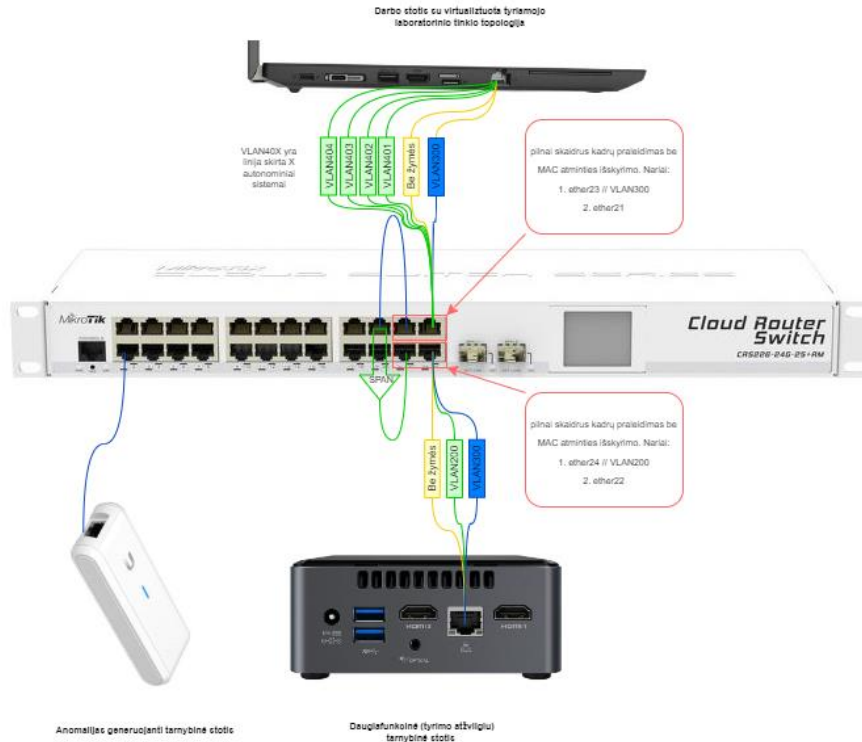
Šaltinis: sudaryta autorių

Kadrų virtualių identifikatorių įterpimas yra naudojamas siekiant atlikti tyrimą naudojant darbo stotį su vienu fiziniu prievadu ir neturint techninės galimybės pajungti prie centrinio komutatoriaus daugiau nei vienu fiziniu pajungimu.

Tyrimas dalinamas į dvi dalis: paketų analizę, t. y. kontrolės paketų analizę protokolų, kurių perduodama naudingoji apkrova yra tinklo veikimo dalis (BGP, STP ir pan.); srauto analizę naudojant „Netflow v5“ protokolą.

Laboratorinėmis sąlygomis duomenų apdorojimas atliekamas mikrokompiuteriu „Intel NUC6CAYH“ su įdiegtą „Debian GNU/Linux 11 (Bullseye)“ operacine sistema. Mikrokompiuteris yra su vienu

kompiuterinio tinklo prievadu. Tam, kad naudoti vieną fizinį įrenginį reikalinga specializuota fizinė (2 pav.) bei loginė schema.

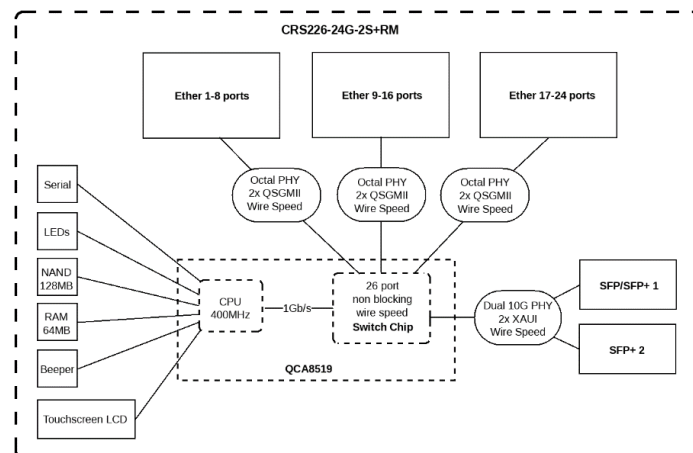


2 pav. Laboratorinės aplinkos fizinė kompiuterinio tinklo schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Kadrai patenkantys į komutatorių negali būti kopijuojami pagal virtualų identifikatorių, todėl naudojama galimybė pilnai skaidriai perleisti visus kadrus su identifikatoriumi 300 iš 23 prievado (įeinantys [angl. Ingress] bei išeinantys [angl. Egress] kadrai) į 21 prievadą (simetriškai ir atvirkščia kryptimi). Išeinantiems kadrams pro 21 prievadą yra nuimama virtualaus identifikatoriaus antraštė (įeinantiems kadrams simetriškai antraštė yra uždedama) bei kadrai perduodami į 19 prievadą be virtualaus identifikatoriaus. Devyniolikto prievado kadrai yra kopijuojami į 20 prievadą naudojant SPAN (angl. Switched Port Analyzer) prievado srauto analizatorių. Iš 20 prievado kadrai patenka į 22 prievadą, kuriame yra pridėdama antraštė su virtualiu identifikatoriumi 200 ir skaidriai perduodami į daugiafunkcinę tarnybinę stotį.

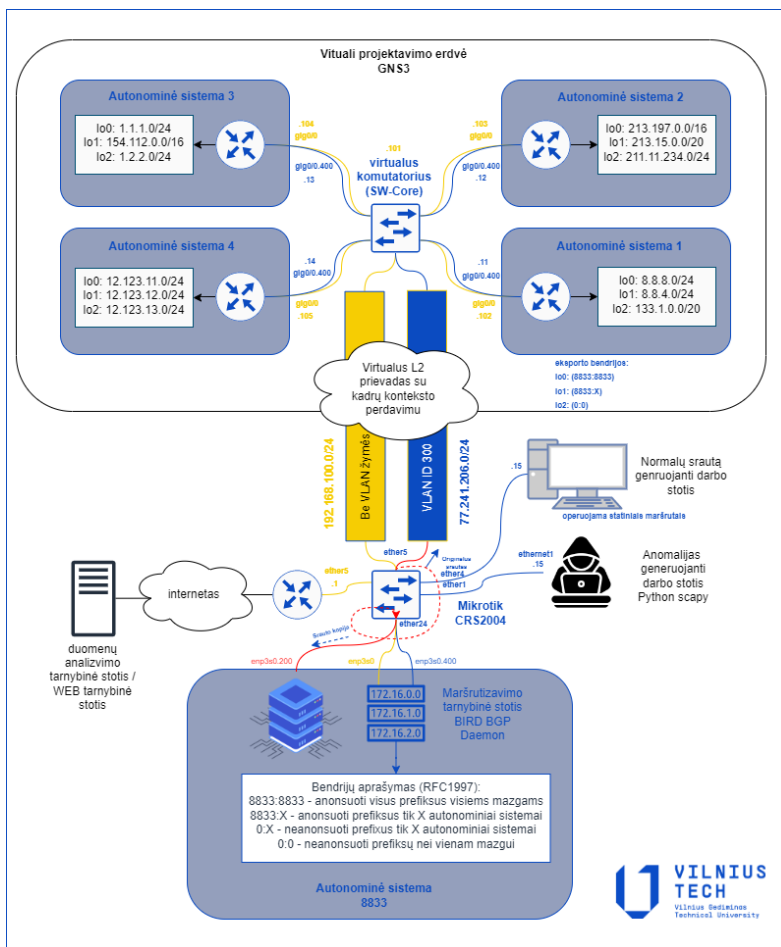
Rezultatas yra laboratorinio srauto stebėjimas be papildomų duomenų bendrajame valdymo tinkle, kurį generuoja darbo stotis su virtualia tinklo topologija. Taigi tokio pajungimo prasmė yra segmentuoti tiriamojo ir bendro tinklo srautą naudojant bendrus fizinius resursus. Pirmoji schema taikoma BGP protokolo paketų analizei. Analizė skirta aptikti anomalijas susijusias su BGP baigtinės būsenos mašinos modelio kontrolės duomenų perdavimu.

SPAN technologija yra naudojama komutatoriaus „Mikrotik CRS226“ integruoto į sistemą ant lusto „QCA8519“ (3 pav.).



3 pav. MikroTik CRS226 komutatoriaus blokų diagrama
Šaltinis: SIA Mikrotik (2024)

Paketų kopijos yra siunčiamos į surenkančią daugiafunkcinę tarnybinę stotį apdorojimui. Po paketų apdorojimo informacija yra surenkama, apdorojama ir siunčiama į duomenų rinkinio ir mašininio mokymo programą turinčią tarnybinę stotį (4 pav.).



4 pav. Paketų analizės maketo loginė diagrama
 Šaltinis: sudaryta autorių

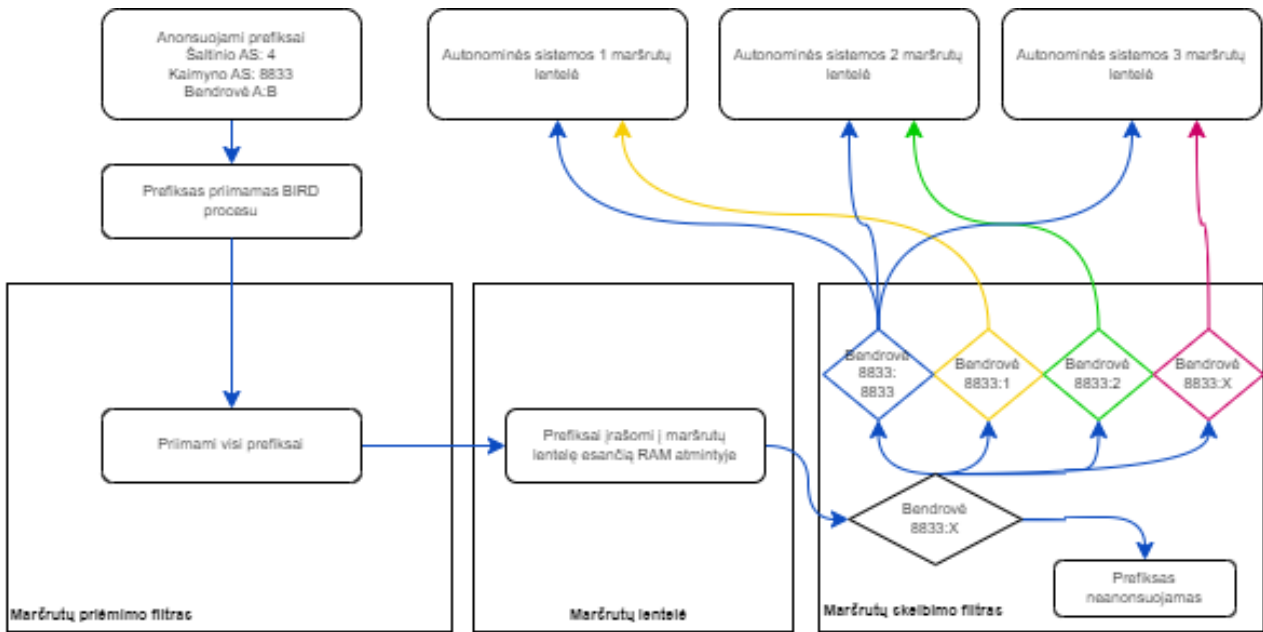
Daugiafunkcinėje tarnybinėje stotyje yra įdiegiama specializuota programinė įranga palaikanti dinaminio maršrutizavimo protokolą BGP. Virtualioje laboratorinėje aplinkoje yra įdiegiami 4 maršrutizatoriai esantys skirtingose autonominėse sistemose. Aprašomos specialiosios maršrutų perdavimo politikos, t. y. kiekvienas aptarnaujantis autonominėje sistemoje prefiksas (IPv4 adresų erdvė). Prefiksai darbe užrašomi beklasiu tarp erdvinio maršrutizavimo formatu (angl. Classless Inter-Domain Routing – CIDR). Daugiafunkcinės tarnybinės stoties autonominės sistemos standartinis numeris 8833. Prie mazgo jungiamų maršrutizatorių autonominių sistemų numeriai yra nuo 1 iki 4. Aprašytas kiekvieno prefikso autonominė sistema bei perduodama bendrovė (1 lentelė).

1 lentelė

Darbe naudojamų prefiksų sąrašas

Prefiksas (CIDR formatu)	ASn (neaprašytas)	Bendrovės
8.8.8.0/24	1	8833:8833
8.8.4.0/24	1	8833:2
133.1.0.0/20	1	0:0
213.197.0.0/16	2	8833:8833
213.15.0.0/20	2	8833:3
211.11.234.0/24	2	0:0
1.1.1.0/24	3	8833:8833
154.112.0.0/16	3	8833:1
1.2.2.0/24	3	0:0
12.123.11.0/24	4	8833:8833
12.123.12.0/24	4	8833:2
12.123.13.0/24	4	0:0

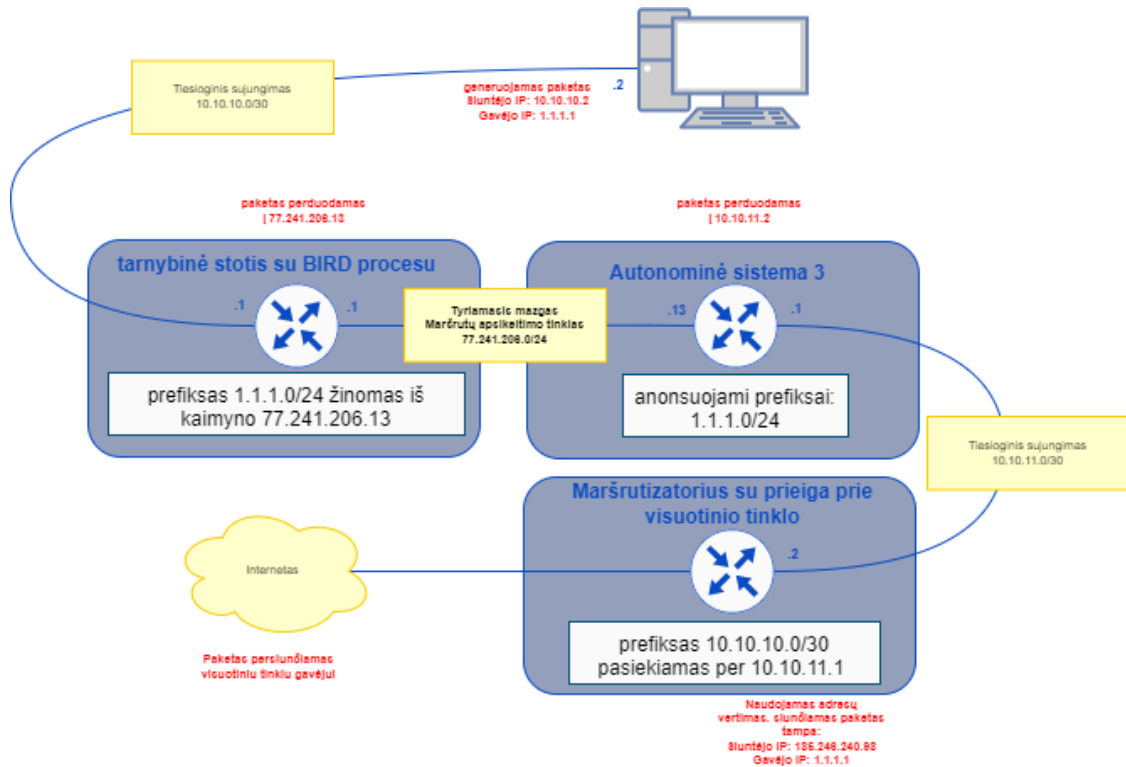
Bendrovės yra BGP protokolo 32 bitų atributas skirtas tarnybinės stoties maršrutų apdorojimo mechanizmui (Krenc et al., 2021). Darbe naudojamo mechanizmo logika parodyta 5 pav.



5 pav. Prefikso bendrovių filtravimo pagal bendrovių numerius loginė diagrama
Šaltinis: sudaryta autorių

Visos BGP protokolu perduodamų paketų kopijos yra priimanos tarnybinėje stotyje. Normalų srautą generuojanti darbo stotis yra pajungiama prie maršrutų apskaitimo tinklo naudojant fizinį sujungimą. Visas srautas yra nukreipiamas pro daugiafunkcinę tarnybinę stotį, taip galima nenaudojant dinaminio maršrutizavimo protokolo programinės įrangos operuoti maršrutų lentele esančia bendrame mazge.

Visų autonominių sistemų lokalaus tinklo prievadai yra pajungiami prie pagrindinio maršrutatoriaus ir pasiekia visuotinį tinklą. Tik su sąlyga, kad anonsojami prefixai yra pasiekiami, tyrimas gali būti priartintas prie realių sąlygų. Srauto modelis yra pavaizduotas 6 pav.



6 pav. Paketų siuntimo loginė schema naudojant vieną iš tiriamojo darbo prefixų
Šaltinis: sudaryta autorių

Rezultatas - lokaliai sudarytas tinklas siekiant pridėti prie pilno vartotojo informacinio paketo kelio papildomą autonominę sistemą ir taip pat nukreipti dalį srauto pro analizuojantį įrenginį su aktyvuotu „Netflow“ procesu bei paketų kopija į analizuojančią tarnybinę stotį.

Paketų surinkimo ir apdorojimo programinės įrangos kūrimas

Duomenų bei kontrolės planų paketų kiekis kompiuteriniuose tinkluose yra didelis, todėl duomenų perdavimas naudojant suformatuotus aplikacijos lygmens protokolus (pavyzdžiui „JSON“ formatu naudojant HTTP protokolą) yra neracionalus. Atsižvelgiant į paketų kiekį gali būti sudarytas protokolas, kurio veikimo principas yra analogiškas „Netflow“. Atsižvelgiant į tai, kad „Netflow“ yra netinkamas protokolas taikomųjų aplikacijos lygmens protokolų atributų perdavimui, reikalingas būdas perduoti paketų informaciją naudojant į sujungimą neorientuotą protokolą transporto lygmenyje, bei lankstų protokolą. Šiame skyriuje aprašomas sukurtas specialus protokolas skirtas perduoti dinaminio maršrutizavimo protokolo BGP atributus ir palyginamas su esamu, sukurtu 2009 metais eksperimentiniu protokolu RPCPv0 (angl. Remote Packet Capture Protocol v.0) (CACE Technologies, 2009)

Tam, kad galima būtų perduoti skirtingų taikomųjų protokolų atributus, reikia sudaryti lankstų protokolą, kurio naudingoji apkrova bus padalinta į dvi dalis: antraštės dalis bei duomenų dalis. Antraštės dalis turi atspindėti visos naudingosios apkrovos kontrolės sumą (CRC), tam, kad priimtas paketas gali būti atpažintas kaip tinkamas atliekant vienetinę matematinę operaciją nenaudojant papildomų resursų ir laiko duomenų laikymui buferyje.

Antraštinės dalies atributai yra parodyti 2 lentelėje:

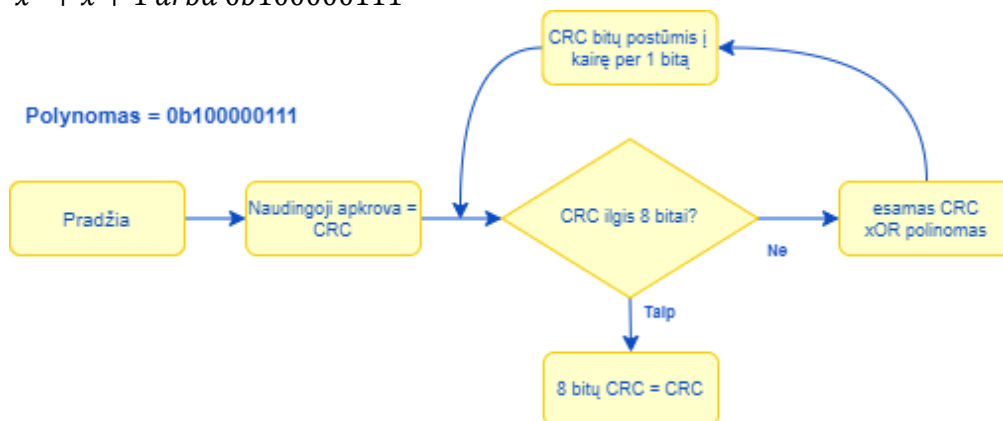
2 lentelė

Paketų informacijos perdavimo protokolas

Lauko pavadinimas	Baitai	Aprašymas
Kiekis	0-1	Perduodamų paketų skaičius
Siuntimo laikas	2-5	Sekundžių skaičius nuo UTC 1970 (UNIX Timestamp)
Protokolas	6-13	Protokolo numeris pagal IANA dokumentacija arba naudojama žinomą transporto lygmens prievadą
Kontrolinė suma	14	8 bitų kontrolinės sumos laukas suskaičiuotas pagal CRC-8 algoritmą

Kontrolinės sumos skaičiavimo algoritmas paremtas polinomu (1 formulė) (Avispa ir Kumar, 2014). Algoritmo veikimo principas yra parodytas 7 pav.

$$P = x^8 + x^2 + x + 1 \text{ arba } 0b100000111 \quad (1)$$



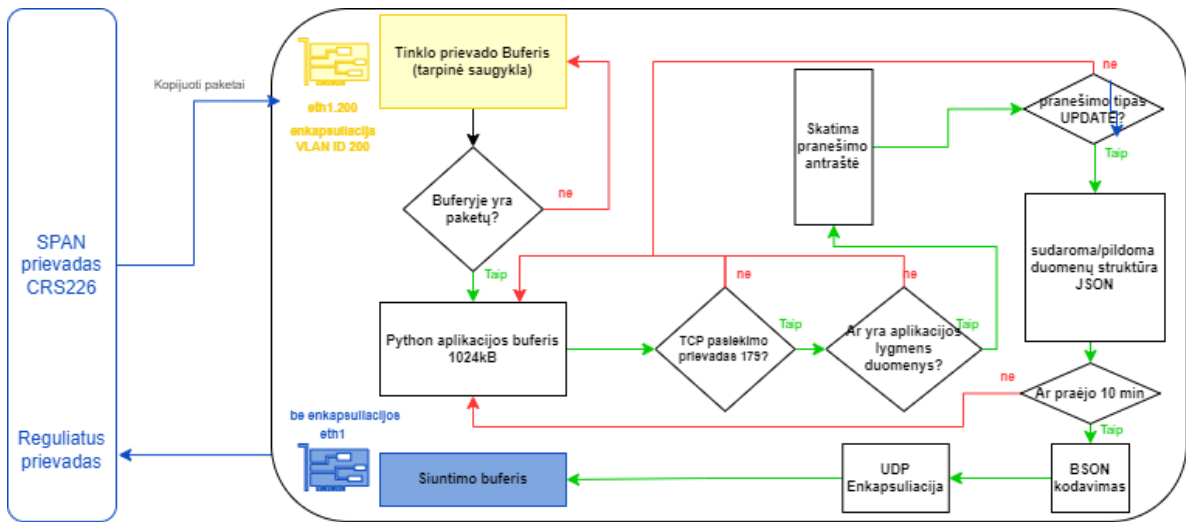
5 pav. CRC-8 kontrolinės sumos skaičiavimo algoritmo loginė diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Naudingoji apkrova yra siunčiama naudojant „BSON“ formatą. „BSON“ (angl. Binary Javascript Object Notation) yra užkoduota „JSON“ formato duomenų struktūra.

BGP paketų priėmimas. Tam, kad priimti ir dekoduoti aplikacijos lygmens protokolo BGP persiunčiamus duomenis naudojama „Python“ programavimo kalbos biblioteka „Scapy“. Funkcija „Sniff“ su filtru naudojant TCP protokolo prievadą, kurio numeris 179, paketas yra perduodamas į apdorojančią funkciją. Tam, kad dekoduoti informaciją naudota dokumentacija aprašyta RFC4271 (Rekhter et al., 2006).

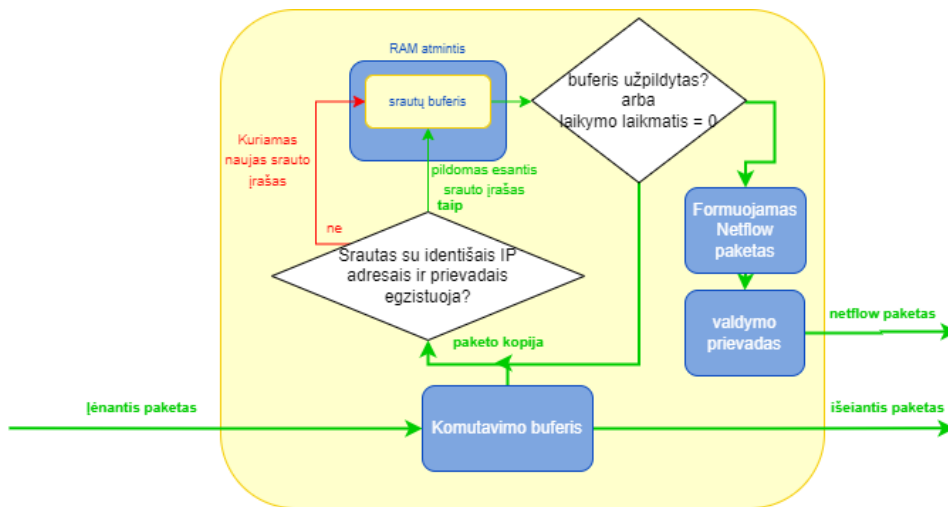
Visi anomalijų aptikimo požymiai yra „UPDATE“ bei „ROUTE REFRESH“ tipo žinutėse. Taigi siunčiamas sukurtu protokolu duomenų rinkinys yra klasifikavimui skirtų požymių duomenų struktūrų masyvas. (6 pav.) Yra pateikta schema parodanti pranešimo formavimo principus sudarytoje programinėje įrangoje.



6 pav. Paketų analizei duomenų rinkinio surinkimo proceso blokinė diagrama
Šaltinis: sudaryta autorių

Srauto informacijos surinkimo programinės įrangos kūrimas

Srauto informacijos surinkimas yra paketų rinkinio su vienodais transporto ir tinklo lygmens atributais analizavimas. Darbe naudojamas tik BGP protokolo duomenų srautų analizavimas naudojant filtravimą pagal pasiekimo prievadą (numeris 179). Atsižvelgiant į tai, kad pranešimų paketai neturi momentinio patvirtinimo algoritmo, srautu galima vadinti vieno kaimyno duomenų perdavimą kitam kaimynui. Protokolas naudojamas duomenų surinkimui yra „Netflow v5“ (7 pav.).



7 pav. „Netflow“ srautų duomenų struktūros surinkimo modelis
Šaltinis: sudaryta autorių

Brėžinyje pavaizduotas „Netflow“ paketas yra siunčiamas į duomenų rinkinio surinkimo tarnybinę stotį, kurioje sudaryta programinė įranga naudojant „Python“ programavimo kalbą ir biblioteką „Socket“ operuojanti operacinės sistemos tinklo buferio duomenimis. Kiekvienas paketas yra dekoduojamas ir talpinamas į bendrą bylų struktūrą. Kiekviena byla atvaizduoja minutės srauto įrašus. „Netflow v5“ paketas yra perduodamas naudojant UDP protokolą transporto lygmenyje, bei koduotą srautų informacijos rinkinį.

Informacijos rinkinys susideda iš dviejų dalių: antraštės, atvaizduojančios bendrą informaciją apie visus srautus esančius pakete ir pačio paketo ir protokolo aprašymą; įrašas – atvaizduojanti srautus, arba srautų atributų rinkinius išdėstytus nuosekliai.

„Netflow v5“ antraštės struktūra yra parodyta 3 lentelėje, bei įrašo struktūra parodyta 4 lentelėje (Cisco systems, 2007).

3 lentelė

„Netflow v5“ protokolo antraštės formatas

Baitai	Lauko pavadinimas	Aprašymas
0-1	Versija	„Netflow“ protokolo versija

Baitai	Lauko pavadinimas	Aprašymas
2-3	Kiekis	Srautų įrašų kiekis pakete (1-30)
4-7	Sistemos gyvavimo laikas	Laikas milisekundėmis nuo įrenginio darbo pradžios
8-11	UNIX sekundes	Paketo formavimo laikas UNIX formate
12-15	UNIX nanosekundes	Paketo formavimo laikas UNIX formate
16-19	Eilės numeris	Siunčiamo paketo eilės numeris
20	Įrenginio tipas	Siunčiamo įrenginio tipas
21	Įrenginio ID	Įrenginio identifikatorius
22-23	Dalinimo intervalas	Intervalas kuriam pasibaigus siunčiamas kitas paketas

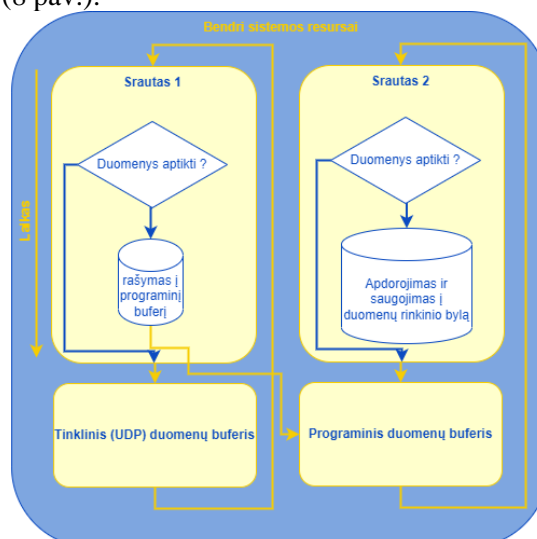
4 lentelė

„Netflow v5“ protokolo įrašo formatas

Baitai	Lauko pavadinimas	Aprašymas
0-3	Siuntėjo IP	„Netflow“ protokolo versija
4-7	Gavėjo IP	Srautų įrašų kiekis pakete (1-30)
8-11	Sekantis sietuvas	Sietuvo IP adresas
12-13	SNMP indeksas įeinančio prievado	Paprastojo tinklo valdymo protokolo įeinančio prievado indeksas
14-15	SNMP indeksas išeinančio prievado	Paprastojo tinklo valdymo protokolo išeinančio prievado indeksas
16-19	Paketų kiekis	Paketų kiekis atskirame sraute
20-23	Oktetai	Pilnas tinklo lygmens paketų baitų kiekis
24-27	Pradinis laikas	Sistemos gyvavimo laikas kai pirmą kartą buvo aptiktas srautas
28-31	Pabaigos laikas	Sistemos gyvavimo laikas kai paskutinį kartą buvo aptinkamas srautas
32-33	Siuntėjo prievadas	Transporto lygmens siuntėjo prievadas
34-35	Gavėjo prievadas	Transporto lygmens gavėjo prievadas
36	nenaudojamas	
37	TCP požymiai	TCP transporto lygmens protokolo požymių baitas
38	Protokolas	Tinklo arba transporto lygmens protokolas
39	IP serviso tipas (ToS)	Lokaliai apibrėžtas srauto tipas
40-41	Siuntėjo AS	Siuntėjo autonominė sistema
42-43	Gavėjo AS	Gavėjo autonominė sistema
44	Siuntėjo IP kaukė	Siuntėjo IP adreso kaukė
45	Gavėjo IP kaukė	Gavėjo IP adreso kaukė
46-47	Nenaudojami	

Protokolo imtuvo programinė įranga yra sudaryta naudojant lygiagretų programavimą srautų (angl. „Threading“) sudarymo pagalba. Šis būdas lygiagrečiai vykdo kodą ir palyginus su daugiaprocesiniu kodu yra geresnis, dėl to, kad išskiriama viena resursų erdvė, taip vieno srauto procesas gali pasiekti kito srauto kintamuosius ir atvirkščiai.

Pirmas srautas yra nukreiptas į pastovų UDP buferio tikrinimą. Atsiradus duomenims buferyje, naudingoji apkrova yra išsaugojama atmintyje ir vykdoma naudojant kitą srautą. Daugiasraučio modelio naudojimas leidžia nedelsiant atlaisvinti buferio tikrinimo resursus, ir skaityti sekancius duomenis, nevykdant nuosekliai apdorojimo logikos (8 pav.).



8 pav. „Netflow“ duomenų surinkimo ir apdorojimo modelis

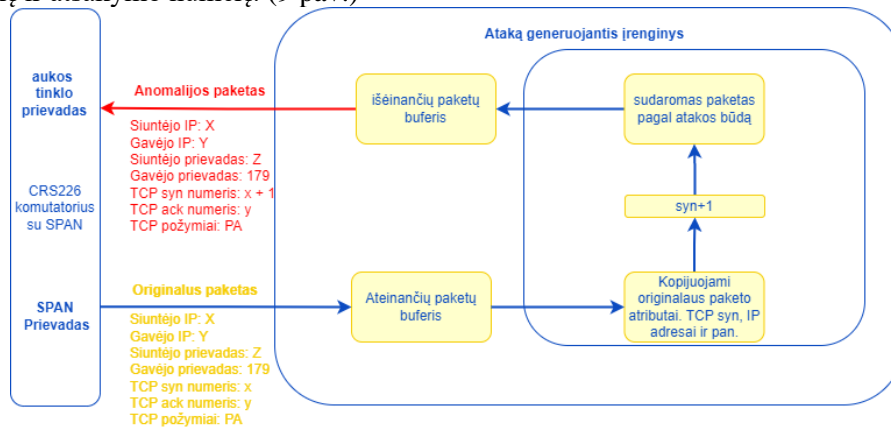
Šaltinis: sudaryta autorių

Srauto analizavimas yra mažiau tinkamas BGP anomalijų aptikimui, tačiau, dinaminio maršrutizavimo protokolas BGP naudoja transporto lygmenyje TCP į sujungimą orientuotą protokolą, todėl anomalijas galima inicijuoti naudojant TCP pažeidžiamumus.

Dirbtinės atakos algoritmo kūrimas su mokymo duomenų rinkinio atributais

Tyrime naudojamų mašininio mokymo modelių patikrinimas gali būti vykdomas tiksliai žinant, kuris paketas yra pažeidžiantis tinklą, t. y. laiko tarpas, kurio metu buvo vykdoma ataka. Taigi dirbtinė ataka sugeneruoja mokymo duomenų rinkinį.

Dirbtinės atakos generavimas yra vykdomas naudojant papildomą paketų imtuvą, į kurį yra persiunčiami paketai iš bendro srauto naudojant SPAN technologiją. Atsižvelgiant į tai, kad BGP protokolas paremtas TCP transporto lygmeniu, tam kad įvykdyti sėkmingą ataką reikia atkreipti dėmesį į TCP protokolo atributus, tokius kaip eilės numerį ir atsakymo numerį. (9 pav.)



9 pav. Anomalijų generavimo algoritmo diagrama

Šaltinis: sudaryta autorių

Generuojamo paketo tipas ir ilgis priklauso nuo atakos pobūdžio. Darbe naudojamos trys pagrindinės atakos:

1. Nesankcionuoto nutraukimo siuntimas – būdas kai yra siunčiama „NOTIFICATION“ tipo žinutė su sesijos nutraukimo klaidos kodu (6) ir administracinio sesijos nutraukimo sub- kodu (4). Atliekant tokio tipo ataką mazgas, kuriam yra siunčiama žinutę grąžina baigtinės būsenos mašinos būseną į neveikos (angl. Idle);
2. Papildomo maršruto pridėjimo prašymo siuntimas – būdas, kai yra siunčiami maršrutai pildantys gavėjo maršrutizavimo lentelę. Siunčiama „UPDATE“ tipo žinutė su NLRI atributo verte ir kelio atributais;
3. Maršrutų nutraukimo prašymo siuntimas – būdas, kai maršrutas yra panaikinamas iš maršrutizatoriaus maršrutų lentelės. Siunčiama „UPDATE“ tipo žinutė su atšaukiamų prefiksų atributais;
4. Papildomų bendrovių siuntimas – būdas, kai maršrutizatoriui yra siunčiamas vieno žinomo maršruto nutraukimas, bei pridėjimas su nauju kelio atributu. Ši ataka nukreipta tik į maršrutų tarnybinę stotį, tam, kad nufiltruoti leidžiamą prefiksą ir nutraukti ryšį su vienu iš tinklų;
5. Pasikartojančios autonominės sistemos siuntimas, arba netinkamo autonominių sistemų kelio siuntimas – siunčiamas autonominių sistemų rinkinys, kuris neatitinka teisingo kelio, taip yra nutraukiamas ryšis su vienu iš tinklų.

Nurodytais būdais galima įtakoti kelio atributus bei sesiją, kas aiškiai bus matoma analizuojant duomenų rinkinio atributus.

Siunčiant paketus reikia kartoti ne vieną kartą, tai susiję su apdorojimo laiku, ataka gali neįvykti kai tarp pagauto ir siunčiamo anomalinio paketo sesijoje yra persiunčiamas dar vienas paketas, taip didinant TCP eilės numerį. Jei TCP eilės numerio atributas turės pokytį, atsiras dubliavimas bei transporto sesijos apsaugos algoritmai atšauks paketą ir jo informacija nepasieks BGP procesą. Dirbtinės atakos generavimo metu generuojama 50 eilių po 10 paketų (kombinuojant skirtingų tipų atakas), tai reiškia, kad atakos sėkmingumas priklausys nuo 50 pagautų paketų.

Paketų ir srauto analizės duomenų rinkinio parametrų parinkimas

Dauguma statinių parametrų gali būti naudojami anomalijų aptikimui ir gali būti aptikti ir nufiltruojami maršrutizatorių programinės įrangos algoritmų pagalba, todėl statiniai parametrai nėra naudojami klasifikatoriaus mokymui ir testavimui.

Anomalijų aptikimui yra naudojami dinaminiai parametrai priklausantys nuo mokymo duomenų rinkinio apskaičiuotų parametru. 10 pav. yra parodytas žinutės formatas JSON struktūra.

```
{
  "zinites_ilgis": 69,
  "tipas": "Update",
  "SIUNTEJO_IP": "77.241.206.11",
  "GAVEJO_IP": "77.241.206.1",
  "TTL": 1,
  "LAIKAS": 1683385425.17657,
  "zinite": {
    "ATSAUKIAMI_PREFIKSAI": [],
    "KELIO_ATRIBUTAI": {
      "ORIGIN": "INCOPLETE",
      "AS_PATH": [
        1
      ],
      "NEXT_HOP": "77.241.206.11",
      "DISCRIMINATOR": 0,
      "COMMUNITIES": 578888321
    },
    "PILDOMI_PREFIKSAI": [
      "8.8.4.0/24",
      "8.8.8.0/24",
      "133.1.0.0/22"
    ]
  }
}
```

10 pav. Paketų duomenų rinkinio įrašas JSON formatu

Šaltinis: sudaryta autorių

5 lentelė

Surinktos duomenų struktūros aprašymas

Parametro pavadinimas	Raktas duomenų rinkinyje	Aprašymas
Žinutės ilgis	ZINUTES_ILGIS	BGP naudingosios apkrovos ilgis baitais. Viso paketo dydis aukščiau transporto lygmens
tipas	Tipas	BGP žinutės tipas
Siuntėjo IP	SIUNTEJO_IP	Mazgo iš kurio yra siunčiamas paketas IP adresas
Gavėjo IP	GAVEJO_IP	Mazgo, kuriam yra siunčiamas paketas IP adresas
TTL	TTL	Paketo maksimalus persiuntimo kiekis, darbe naudojamas ne daugiamazgis BGP protokolas todėl TTL lygus vienetui
Laikas	LAIKAS	Paketo priėmimo laikas analizuojančiu įrenginiu
Atšaukiami prefiksai	ATSAUKIAMI_PREFIKSAI	„UPDATE“ žinutės parametras su nurodymu ištrinti masyve pateiktus prefiksus
Protokolo tipas	ORIGIN	Protokolo tipo nustatymas
AS kelias	AS_PATH	Autonominės sistemos pasiekiant žinutėje nurodytus prefiksus
Sekantis sietuvas	NEXT_HOP	Sekančios sietuvo per kurį yra persiunčiami prefiksai IP adresas
Diskriminatorius	DISKRIMINATOR	Papildomas kelio atributas parodantis maršruto svarbą esant pasikartojančioms žinutėms
Bendrovės	COMMUNITIES	Papildomi prefiksų atributai, pagal kuriuos vykdomas filtravimas maršrutų tarnybinėje stotyje
Pildomi prefiksai (NLRI)	PILDOMI_PREFIKSAI	Prefiksai, kurie gali būti įstatyti į priimančio žinutę maršrutatoriaus maršrutų lentelę.

Nurodyti parametrai (5 lentelė) yra statiniai, todėl jie turi būti paversti į dinaminis siekiant apmokyti klasifikatoriaus modelį. Parametrai, kurie gali būti naudojami mokymui, yra kiekis persiunčiamų arba atšaukiamų prefiksų per tam tikrą laiko tarpą. Autonominių sistemų persiunčiamų per tam tikrą laiko tarpą vidurkis, maksimumas ir unikalių verčių kiekis. Bendrovės gali būti naudojamos aptinkant unikalių bendrovių kiekį per tam tikrą laiko tarpą bei vidutinė vertė. Pagal sekancio sietuvo lauką galima stebėti kiek skirtingų IP adresų yra anonsuojama per tam tikrą laiko tarpą. Vidutinis paketo dydis taip pat gali būti naudojamas kaip dinaminis atributas. Paruoštos paketų ir srauto analizei duomenų rinkinių struktūros yra parodytos 6 lentelėje.

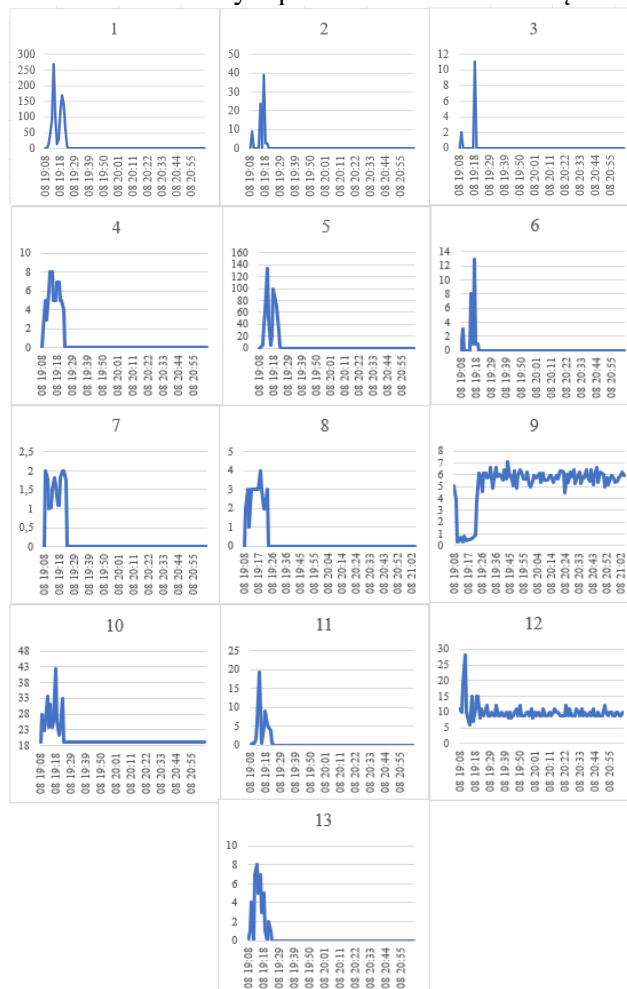
6 lentelė

Atributai naudojami mašiniam mokymui

Atributo numeris	Atributo Pavadinimas	Aprašymas
Paketų analizės atributai		
1	Anonsuotų prefiksų kiekis	Lauko „Pildomi prefiksai“ kiekis per minutę
2	Atšaukiamų prefiksų kiekis	Lauko „Atšaukiami prefiksai“ kiekis per minutę
3	Pasikartojančių atšaukiamų prefiksų kiekis	Pasikartojančių prefiksų kiekis per minutę
4	Pasikartojančių anonsuojamų prefiksų kiekis	Pasikartojančių anonsuojamų prefiksų kiekis per minutę
5	Tuščių atšaukiamų prefiksų kiekis	Paketų, kuriose nėra pažymėtas nei vienas atšaukiamas prefiksas per minutę

Atributo numeris	Atributo Pavadinimas	Aprašymas
6	Tuščių anonsuojamų prefiksų kiekis	Paketų, kuriuose nėra pažymėtas nei vienas anonsuojamas prefiksas per minutę
7	Vidutinis AS ilgis	Vidutinis skaičius autonominių sistemų priimamų per minutę
8	Vidutinis unikalių AS ilgis	Vidutinis unikalių autonominių sistemų ilgis per minutę
9	Vidutinis paketų periodas	Vidutinis paketų siuntimo dažnis skaičiuojant kas vertę kas minutę
10	Vidutinis žinutės dydis	Vidutinis žinutės dydis per minutę
11	UPDATE ir KEEPALIVE santykis	Santykis tarp UPDATE ir KEEPALIVE tipo paketų už minutę
12	NOTIFICATION paketų kiekis	NOTIFICATION paketų kiekis
13	OPEN paketų kiekis	Naujų BGP sesijos inicijavimų per minutę
Srautų analizės atributai		
14	TCP požymiu vidurkis	TCP požymių baitų vidurkis per minutę
15	Paketų skaičius	Paketų skaičius per minutę
16	Srautų laiko tarpas	Srautų vidutinis ilgis per minutę
17	Tinklo srautas	Tinklo srautas bitas per minutę
18	Visų siuntėjo prievadų santykis su 179 prievadu	Santykis tarp visų prievadų ir BGP prievado
19	Vidutinis paketo ilgis	Vidutinis paketo ilgis per minutę
20	Paketų kiekis su pasiekimo prievadu 179	Paketų su pasiekimo prievadu 179 kiekis per minutę

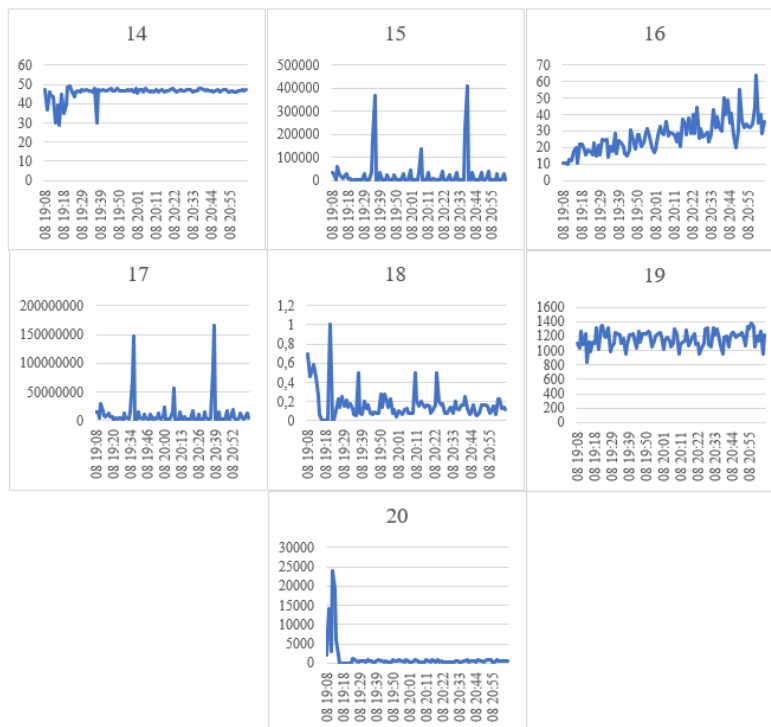
Tinkamam parinkimui kiekvienas iš atributų yra tikrinamas atskirai (11 pav.) (grafiko numeris atitinka atributo numerį) yra pateikti grafikai parodantys parametru pasikeitimą. Pagal pasikeitimo būdus galima nustatyti ar atributas koreliuoja su anomaliniu srauto generavimo laiku ir nustatyti ar atributas yra tinkamas klasifikatoriaus mokymui. Netinkami atributai yra panaikinami iš bendro sąrašo.



11 pav. Paketų analizės duomenų rinkinio atributų priklausomybės nuo laiko grafikai
Šaltinis: sudaryta autorių

Atlikus statistinę pateiktų paketų atributų analizę galima teigti, jog visi parinkti parametrai koreliuoja su anomalijų atsiradimo tikimybe ir gali būti naudojami klasifikavimui. Atsižvelgiant į tai, kad parametų vertės nėra vienoje ordinačių skalėje, kiekvienas atributas reikalauja normalizavimo, tam, kad visi atributai turėtų vienodą įtaką mašininio mokymo procese. Nenormalizuojant duomenų didesnę aptikimo įtaką turės atributas su didesnėmis vertėmis bei klasifikatorius gali būti nepakankamai tikslus skirtingų tipų atakoms.

Srauto analizės duomenų grafikai (12 pav.) rodo, kad tinkle tyrimo metu buvo aptikti momentai, parodantys į anomalijas nesusijusias su tiriamu protokolu, tai parodo ekstremumai parametų 15 ir 17 kur atsiranda pavieniai taškai, kurių vertės išauga 10 kartų. Atributai 15, 17 ir 18 reikalauja ne tik standartizacijos bet ir normalizacijos, tam, kad nuimti mašininio mokymo procesui nepageidaujamus ekstremumus.



12 pav. Srauto analizės duomenų rinkinio atributų (lentelės 5 ir 6) priklausomybės nuo laiko grafikai
Šaltinis: sudaryta autorių

Duomenų rinkinio optimizavimas ir normalizavimas

Vienas iš duomenų rinkinio atributų optimizavimo metodų yra funkcijos glaudinimas. Egzistuoja keturi pagrindiniai glaudinimo metodai (Zhaowei et al., 2021):

1. Paprastasis eksponentinis (angl. *Simple Exponential*) – vienas iš populiariausių eksperimentinių duomenų glaudinimo metodų, naudojantis vidurkio ir eksponentinį svorį, kurį įtakoja momentinės vertės;
2. Slenkantis vidurkis (angl. *Moving average*) - eksperimentinių duomenų glaudinimo metodas naudojamas ilgalaikių duomenų glaudinimui. Algoritmo metu dinamiškai skaičiuojamas vidurkis, tačiau jis priklauso nuo pradinio vidurkio vertės bei mažėja arba didėja priklausant nuo funkcijos;
3. Eksponentiškai slenkantis vidurkis (angl. *Exponential Moving Average*) – šis metodas labiausiai tinkantis darbo specifikai. Algoritmas yra analogiškas paprastajam eksponentiniam skaičiavimo atžvilgiu, tačiau skaičiavimas vykdomas naudojant siauresnį istorinių duomenų ruožą. Atsižvelgiant į tai, kad anomalijos užima mažesnę laiko tarpą nei normalus tinklo operavimas, bei anomalijai atsiradus vertės gali augti sparčiai, šis metodas labiausiai tinka darbo duomenų rinkiniui

Egzistuoja trys pagrindinės parametų normalizavimo technikos. Atsižvelgiant į parametro verčių kaitos būdą parenkamas optimaliausias normalizavimo metodas. Pagrindiniai normalizavimo metodai yra (Nogueira et al., 2020):

1. Z normalizavimas (angl. *Z-Score Normalization*). Z normalizavimas parodo vienos atributo momentinės vertės nuokrypį nuo vidurkio. Algoritmas apskaičiuoja koks yra standartinis nuokrypis nuo vidurkio. Gaunama taško vertė gali svyruoti nuo -3 iki 3. Taigi Z normalizavimas yra skirtas duomenų rinkiniams, kai reikia palyginti vertes su vidurkiu. Atsižvelgiant į tai, kad BGP protokolo anomalijų metu atributų verčių vidurkis gali augti sparčiai, bei nustatyti netinkamą duomenų rinkinio vidurkio vertę, dėl to gali atsirasti normalaus srauto klaidingas interpretavimas ir modelio tikslumas kris;

2. Min-maks. normalizavimas (angl. *Min-Max*). Algoritmas išdėsto variacinės eilutės narius nuo minimaliausio iki maksimaliausio taikant skaitinę vertę nuo 0 iki 1, kur 0 yra minimali vertė ir 1 maksimali vertė. Toks algoritmas yra optimaliausias BGP protokolo anomalijų duomenų rinkinio atributų normalizavimas. Atsižvelgiant į atributų kitimo grafikus galima pastebėti, kad nesant anomalijoms, vertės pasiskirsto tolygiai, bei esant anomalijai vertė auga arba mažėja;

3. Dešimtainės mastelio keitimo normalizavimas (angl. *Decimas Scale Normalization*). Algoritmas naudoja vertės kablelio poslinkį. Rezultate gaunama vertė nuo 0 iki 1, tačiau nulinio taško padėtis nepriklauso nuo mažiausios vertės, taip ir vieneto padėtis nepriklauso nuo maksimalios vertės. Taigi šis algoritmas turi panašumų su „Min-Max“ tačiau yra mažiau tikslus dėl nepriklausimo verčių režio nustatymų.

Taigi visi duomenų rinkinio atributai yra optimizuojami naudojant eksponentiškai slenkančio vidurkio (2 formulė) algoritmą bei normalizuojami naudojant minimumo-maksimumo normalizavimą (3 formulė).

$$EMA_x = \frac{2}{1+N} + \left(1 - \frac{2}{1+N}\right) * EMA_{x-1} \quad (2)$$

čia EMA_x – esamo taško vertė po optimizavimo, N – verčių kiekis

$$x_{normalizuotas} = \frac{x - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad (3)$$

čia x – variacinės eilutės narys.

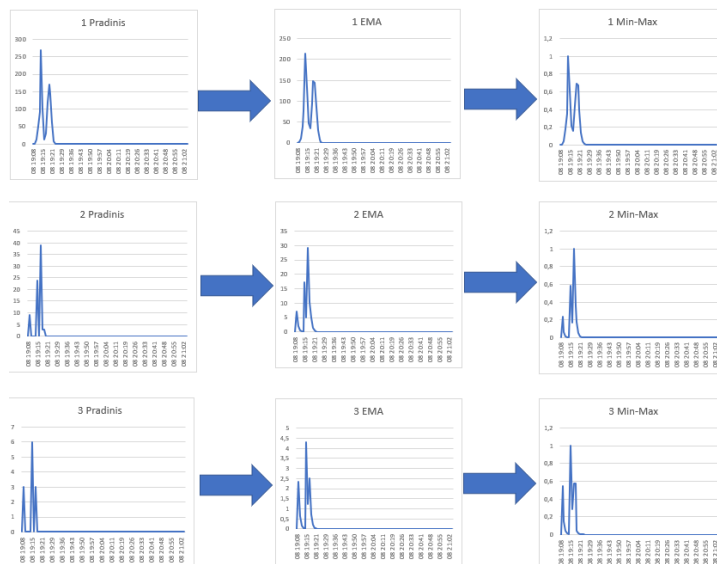
Neapdoroto duomenų rinkinio vaizdas yra parodytas 13 pav.

	laikas	1	2	3	4	5	6	...	14	15	16	17	18	19	20
0	08 19:08	0	0	0	0	0	0	...	47.058824	32045	10.344158	15203032	0.700000	1094.588235	1989
1	08 19:09	2	9	0	2	1	3	...	36.818182	26884	10.627463	15720848	0.466667	1041.030303	14014
2	08 19:10	13	0	0	5	5	0	...	46.000000	5070	9.722393	4762680	0.500000	1273.066667	2925
3	08 19:12	50	0	0	3	40	0	...	44.210526	61009	12.404219	30145856	0.583333	1086.837093	23959
4	08 19:13	91	0	0	6	60	0	...	43.684211	24453	12.298743	16989648	0.461538	1224.312782	19266
...
94	08 21:00	0	0	0	0	0	0	...	46.875000	3744	63.597356	4141696	0.230769	1195.000000	624
95	08 21:01	0	0	0	0	0	0	...	46.875000	3744	35.120493	3938688	0.230769	1134.000000	624
96	08 21:02	0	0	0	0	0	0	...	47.222222	4680	39.659069	5535504	0.125000	1270.222222	468
97	08 21:03	0	0	0	0	0	0	...	46.875000	29536	28.482272	13433472	0.142857	949.000000	416
98	08 21:04	0	0	0	0	0	0	...	47.368421	5187	35.987641	5922072	0.117647	1220.210526	494

13 pav. Neapdoroto duomenų rinkinio vaizdas (nepilnas duomenų rinkinys su viena generuota anomalija)

Šaltinis: sudaryta autorių

Optimizavimui naudojamas eksponentinio slenkančio vidurkio algoritmas, realizuojant panaudojus „Python“ programavimo kalbos biblioteką „Pandas“ ir taikomąją funkciją „ewm“. Normalizavimui naudojama 3 formulė pritaikant vietoje argumento „x“ gautą „Pandas“ duomenų rinkinio objektą. Gaunamas optimizuotas bei normalizuotas duomenų rinkinys (14 pav.).



14 pav. Atributų (lentelės 5 ir 6) priklausomybės nuo laiko funkcijų kitimas po optimizacijos ir normalizavimo (parodyti 1-3 atributai)

Šaltinis: sudaryta autorių

Iš grafikų galima daryti išvadą, kad glaudinimas panaikino tam tikrus funkcijų ekstremumus bei normalizavimas išdėstė visų atributų vertės viename ruože nuo 0 iki 1. Po normalizavimo visi parametrai turi panašią įtaką modelio mokymui.

Mašininio mokymo modelio algoritmai

Mašininio mokymo modeliai yra parenkami naudojant skirtingų mokslinių straipsnių analizę. Labiausiai atitinkantis darbo specifika tyrimas buvo atliktas Q. Ding et. al.. Darbe analizuojami paketų atributai, bei palyginti SVM ir LSTM modeliai. Paketų atributų analizės buvo nustatytas LSTM modelio pranašumas.

Q. Cheng et. al. darbe buvo palyginti BGP protokolo anomalijų klasifikavimo modeliai, tarp jų geriausius rezultatus užtikrino LSTM modelis (91,5 % tikslumas) bei SVM modelis (84,9 % tikslumas).

Darbuose buvo nagrinėjamos BGP protokolo anomalijos duomenų rinkinio pateikto „Ripe“ duomenų bazėje. Atsižvelgiant į bendro srauto įvairumą, galima teigti, kad laboratorinėmis sąlygomis atlikto tyrimo rezultatai bus geresni.

Taigi darbe naudojami du mašininio mokymo modeliai: atraminio vektoriaus mašinos (SVM) bei ilgasis trumpas atminties (LSTM). Eksperimento metu palyginamas abiejų modelių efektyvumas.

Pirmasis modelis yra atraminių vektorių mašina (angl. *Support Vector Machine - SVM*) – tai dirbtinio intelekto modelis skirtas klasifikavimo bei regresijos užduotims spręsti. SVM algoritmas nustato sprendimo ribas plečiant minimalius atstumus tarp duomenų rinkinio atributų taškų priskirtų atskiroms klasėms. Yra du pagrindiniai SVM modeliai: kietos maržos ir minkštos maržos. Kietos maržos SVM reikalauja kiekvieno taško tikslios klasės nustatymo, tuo metu minkštos maržos modelis leidžia keletą netikslių klasifikavimo rezultatų. Darbe naudojamas minkštos mažos SVM modelis. Sprendinių ribos aprašomos naudojant pradžios funkciją (4 formulė) su režiais (5 formulė).

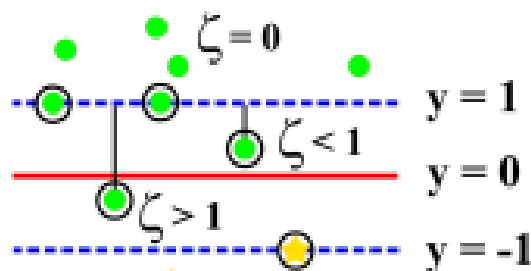
$$C * \sum_{n=1}^N \zeta_n + \frac{1}{2} ||w|| \quad (4)$$

čia C – parametras kontroliuojantis kompromisą tarp maržos bei nutraukimo termino $\frac{1}{2} ||w||$, N – verčių kiekis, ζ – laisvas kintamasis

$$t_n y(x_n) \geq 1 - \zeta_n, n = 1 \dots N \quad (5)$$

čia t_n – ieškoma vertė, $y(x_n)$ – mokymo modelis, x_n – duomenų taškai.

15 pav. atvaizduoja minkštos maržos SVM, kur ištisinė linija iliustruoja sprendimų ribą bei brūkšninės linijos atvaizduoja maržas.



15 pav. Minkštos maržos SVM

Šaltinis: Ding et al., 2016

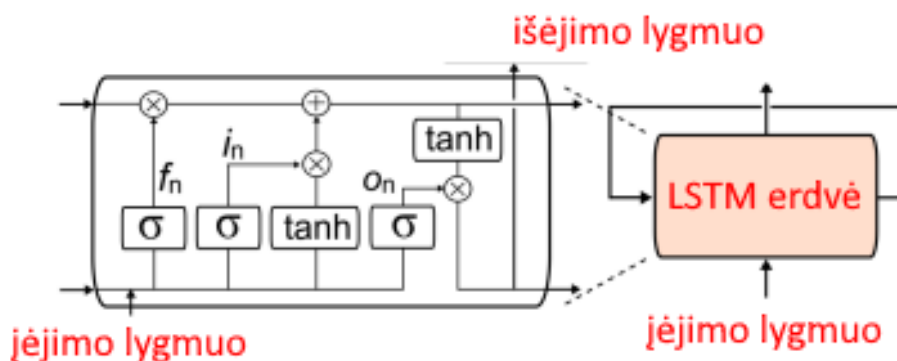
Taškai pavaizduoti kaip apskritimai ir patenkantys į maržas yra paramos vektoriai. Maksimali marža yra atstumas statmenas nuo sprendinių ribos iki paramos vektoriaus. Duomenų taškai, kurio vertė yra lygi 0 ($\zeta = 0$) yra teisingai klasifikuoti taškai bei yra ant maržos linijos arba už jos teisingoje klasėje. Duomenų taškai kuriems $0 < \zeta < 1$ yra taip pat gerai klasifikuoti taškai, nes patenka į savo klasę ir yra maržos viduje. Duomenų taškai, kuriems $\zeta > 1$ yra neteisingoje klasėje. Mokymo modelio išėjimai 1 ir -1 atvaizduoja anomaliją arba reguliarią vertę.

SVM naudoja branduolio funkciją netiesinės atskirtos funkcijos skaičiavimui ir perneša atributų plokštumą į tiesinę plokštumą. Pasirinkta radialinio pagrindo funkciją (6 formulė).

$$K(u, v) = \exp(-\lambda ||u - c||^2) \quad (6)$$

čia u ir v – duomenų rinkinio matricos, λ – konstanta aprašanti atraminių vektorių skaičių.

Antrasis modelis yra ilgalaikės trumpalaikės atminties neuronų tinklas (angl. Long Short-Term Memory - LSTM). LSTM yra specialiai rekurentinių neuronų tinklų (toliau - RNT) forma. Tradicinės RNT yra skirtas įėjimo verčių skaitymui, tam, kad pranašauti išėjimo vertę. LSTM modelis apima savyje tris pagrindinius komponentus: įėjimo lygmenį, LSTM lygmenį ir išėjimo lygmenį (16 pav.).



16 pav. LSTM neuronų tinklo modelis

Šaltinis: Ding et al., 2016

Įėjimo sluoksnis turi tiek įėjimų, kiek yra parametų. Darbe naudojami trijų tipų duomenų rinkiniai: pilnasis duomenų rinkinys, paketų analizės duomenų rinkinys bei srauto analizės duomenų rinkinys, taigi yra kuriami trys atskiri modeliai.

Išėjimo lygmenyje yra vienas išėjimas prijungtas prie LSTM išėjimo. Išėjimas yra pažymimas 1 jeigu yra anomalija bei -1 jeigu yra normalus srautas.

LSTM lygmenyje yra atminties blokas, kuris yra vadinamas LSTM cele. LSTM celė susideda iš: naikinimo vartų (f_n), įėjimo vartų (i_n) ir išėjimo vartų (o_n). Naikinimo vartai nepriima nereikalingų verčių priklausomai nuo celės būsenos. Išėjimo vartai veikia kaip išėjimo filtras. Išėjimo funkcija yra hiperbolinio tangento funkcija.

Eksperimento eiga

Eksperimento metu yra surenkami du duomenų rinkiniai. Pirmasis (DR1), kurio dalis naudota ankstesnio skyriaus duomenų rinkinio parametų parinkimo aprašyme yra modelio mokymo duomenų rinkinys. Paleidus visų tyrimo aplinkos mazgų klausymą yra surenkami srautai ir paketai. Antrasis duomenų rinkinys (DR2) yra skirtas modelio testavimui, jame yra mažesnio dažnio anomalijos, bei anomalijos yra mažiau išreikštos, taip, kad naudojant statistinę analizę aptikti anomaliją yra sudėtinga.

Duomenų rinkiniuose yra pridedami atributai, parodantys ar iš tikro tirtos minutės laiku yra anomalija. Anomalijų laikai yra surenkami iš dirbtinių atakų generavimo tarnybinės stoties.

Gavus duomenų rinkinius mokymo duomenų rinkiniai yra optimizuojami ir normalizuojami. Darbu su duomenų rinkinių naudojama „Python“ programinės kalbos biblioteka „Pandas“.

Duomenų rinkiniai yra dalinami į tris dalis:

1. Pilnasis duomenų rinkinys susideda iš visų atributų (20) gautų iš paketų ir srautų analizės;
2. Antrasis duomenų rinkinys yra sudarytas tik iš atributų gautų naudojant paketų analizės;
3. Trečiasis duomenų rinkinys yra sudarytas tik iš atributų gautų naudojant srautų analizę.

LSTM modelio sudarymui naudojama „Python“ programavimo kalbos biblioteka „Keras“ ir jos funkcijos „Sequential“, „Dense“, „LSTM“ bei „Dropout“. SVM modeliui sudaryti naudojama „Python“ programavimo kalbos biblioteka „Sklearn“ ir jos funkcijos „svm“ bei „metrics“.

7 lentelė

Sudaromų modelių ir naudojamų mokymų bei testavimų duomenų rinkinių lentelė

MM modelis	Mokymo DR	Testavimo DR
LSTM1 ir SVM1	PDR (DR1)	PDR (DR2)
LSTM2 ir SVM2	PA (DR1)	PA (DR2)
LSTM3 ir SVM3	SA (DR1)	SA (DR2)

Aktyvavimo branduolio funkcijos yra parinktos pagal rekomendacijas, apžvelgtas literatūros analizės skyriuje. Labiausiai tinkama funkcija SVM modeliui yra Gauso radialinio pagrindo funkcija (ang. *Gaussian Radial Basis function* - GRBF). Pagrindinis SVM parametras įtakojantis našumą yra C parametras. Parinktas optimaliausias C parametras yra 0,5. LSTM modeliui yra parinkta hiperbolinio tangento aktyvavimo funkcija bei sigmoidinė rekurentinio aktyvavimo funkcija. Antrasis LSTM parametras yra ribos laipsnis, kuris buvo parinktas naudojant skirtingus išskirtos laipsnius. Optimaliausias išskirtos laipsnis yra 0,4.

Modelio našumas yra aprašomas dvejais dydžiais:

Tikslumas, parodo santyki tarp teisingai ir neteisingai klasifikuotų išėjimo funkcijos taškų palyginant su sudaryta kauke (7 formulė);

F dydis (angl. *F Score*) – tikslumo ir atšauktų dydžių santykis (8 formulė).

$$\text{modelio tikslumas} = \frac{TP+TN}{TP+TN+FP+FN} \quad (6)$$

$$F \text{ dydis} = 2 * \frac{\text{tikslumas} * \text{jautrumas}}{\text{tikslumas} + \text{jautrumas}} \quad (7)$$

$$\text{tikslumas} = \frac{TP}{TP+FP} \quad (8)$$

$$\text{jautrumas} = \frac{TP}{TP+FN} \quad (9)$$

Modelio tikslumui nustatyti naudojama sprendinių matrica parodyta 8 lentelėje.

8 lentelė

Sprendinių matricos lentelė

	Modeliu parinkta klasė	
Tikra klasė	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (Neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	TP	FN
Normali BGP sesija (neigiamas)	FP	TN

Trumpiniai aprašyti sprendinių matricoje bei skaičiavimo formulėse nusako:

TP – (angl. *True Positive*) modeliu teisingai atpažinta BGP protokolo anomalija;

FP – (angl. *False Positive*) modeliu neteisingai atpažinta BGP anomalija (atpažinta anomalija kai yra normalus srautas);

FN – (angl. *False Negative*) modeliu neatpažinta anomalija;

TN – (angl. *True Negative*) modeliu teisingai atpažintas anomalijos nebuvimas (normalus srautas)

Tyrimo rezultatai

Testavimo duomenų rinkinys susideda iš 1440 įrašų ir 20 atributų, kas atitinka paros maršrutų apsikeitimo kompiuterinio tinklo stebėjimą. Testavimo duomenų rinkinyje yra 120 anomalijų bei 1320 normalaus srauto įrašų. Vertės skaičiuojamos kas minutę. Rezultatų sprendinių matricos SVM ir LSTM modeliams bei skirtingiems duomenų rinkiniams yra parodyti lentelėse:

9 lentelė

SVM modelio pilno duomenų rinkinio (1440 x 20) sprendinių matricos lentelė

	Modeliu parinkta klasė	
Tikra klasė	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	111	9
Normali BGP sesija (neigiamas)	61	1259
Apskaičiuotas tikslumas	95,1%	
Apskaičiuotas F dydis	76%	

10 lentelė

SVM modelio paketų analizės dalies duomenų rinkinio (1440 x 13) sprendinių matricos lentelė

	Modeliu parinkta klasė	
Tikra klasė	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	106	14
Normali BGP sesija (neigiamas)	34	1286
Apskaičiuotas tikslumas	96,6%	
Apskaičiuotas F dydis	81,5%	

11 lentelė

SVM modelio srauto analizės dalies duomenų rinkinio (1440 x 7) sprendinių matricos lentelė

	Modeliu parinkta klasė	
Tikra klasė	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	82	38
Normali BGP sesija (neigiamas)	42	1278
Apskaičiuotas tikslumas	94,4%	
Apskaičiuotas F dydis	67,2%	

12 lentelė

LSTM modelio pilno duomenų rinkinio (1440 x 20) sprendinių matricos lentelė

	Modeliu parinkta klasė	
Tikra klasė	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	98	22
Normali BGP sesija (neigiamas)	56	1264
Apskaičiuotas tikslumas	94,6%	
Apskaičiuotas F dydis	71,5%	

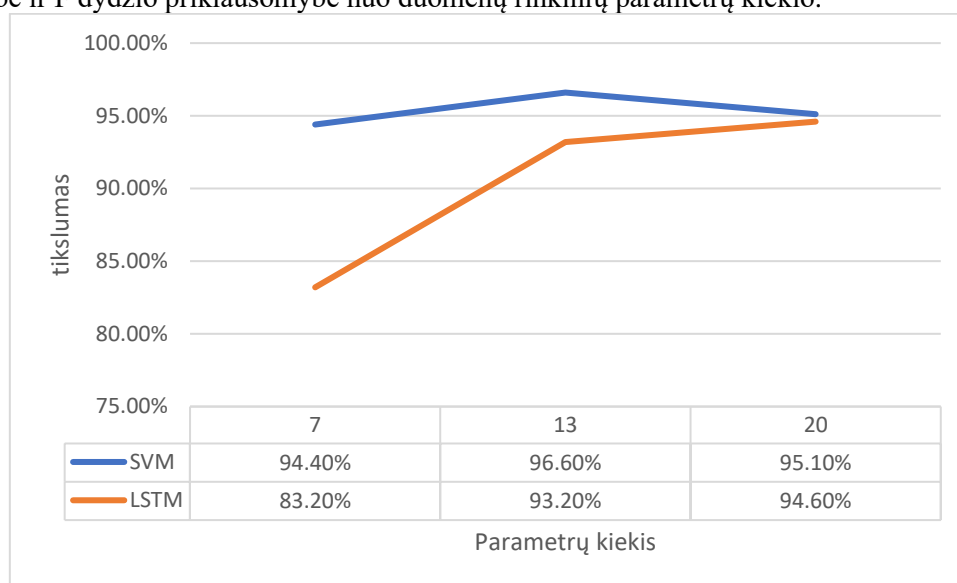
LSTM modelio paketų analizės duomenų rinkinio (1440 x 13) sprendinių matricos lentelė

Tikra klasė	Modeliu parinkta klasė	
	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	101	19
Normali BGP sesija (neigiamas)	79	1241
Apskaičiuotas tikslumas	93,2%	
Apskaičiuotas F dydis	67,3%	

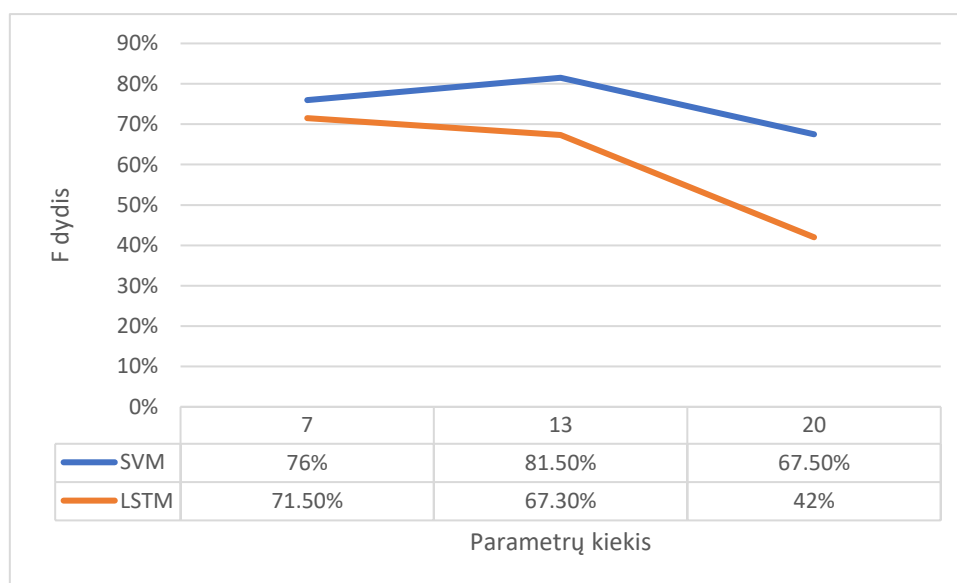
LSTM modelio srauto analizės duomenų rinkinio (1440 x 7) sprendinių matricos lentelė

Tikra klasė	Modeliu parinkta klasė	
	BGP anomalija (teig.)	Normali BGP sesija (neig.)
BGP anomalija (teigiamas)	64	56
Normali BGP sesija (neigiamas)	121	1241
Apskaičiuotas tikslumas	83,2%	
Apskaičiuotas F dydis	42,0%	

Grafikuose parodyti paketų (17 pav.) ir srauto (18 pav.) duomenų rinkinių analizės tikslumo priklausomybė ir F dydžio priklausomybė nuo duomenų rinkinių parametrų kiekio.



17 pav. Modelių tikslumų priklausomybės nuo parametrų kiekio grafikas
Šaltinis: sudaryta autorių



18 pav. Modelių F dydžių priklausomybės nuo parametrų kiekio grafikas
Šaltinis: sudaryta autorių

Išvados

1. Taikomųjų protokolų anomalijų aptikimui labiau tinkamas analizavimas pagal paketo taikomojo protokolo antraštės požymius, palyginus su srauto analize. Tai parodo tyrime atlikta maršrutizavimo protokolo analizė. Modeliai turi didesnę tikslumą naudojant tik paketų analizės duomenų rinkinio dalį. Tai parodo geriausias rodiklis taikant atraminių vektorių mašinos modelį, pasiekiant 96,6 % tikslumą.

2. BGP protokolo „OPEN“ paketų siuntimo atributas yra didžiausią įtaką turintis atributas statistinei analizei. Taikant ilgo laiko tyrimą „OPEN“ tipo paketai yra siunčiami tik sesijai pilnai nutrūkus, kartu su transporto lygmens sesija.

3. Atraminių vektorių mašinos mašininio mokymo modelis yra labiausiai tinkamas paketų, srauto klasifikavimo užduotims bei nuo laiko priklausančių duomenų rinkinių klasifikavimui, tai parodo geri tikslumo rodikliai esantys intervale nuo 94,4 % iki 96,6 %.

4. Padidėjęs jautrumo rodiklis parodo, kad klasifikatorius daro nemažai klaidų klasifikuojant normalų srautą, kaip anomalijos reiškinių. Toks klasifikatoriaus netikslumas yra paremtas sesijos atstatymo laikotarpiu po anomalijos. Įrenginiai negali sparčiai atstatyti sesijos, kuri buvo nutraukta dėl klaidos, tai įtakoja rodiklių pablogėjimą.

5. BGP protokolas turi daug pažeidžiamumų kurie buvo sėkmingai suimituoti atliekant tyrimą. Tai reiškia, kad maršrutų apsikeitimo tinklo įranga turi būti gerai apsaugota kaip konfigūracijos atžvilgių taip ir fizinio sabotazo prevencijos atžvilgiu.

6. F dydis yra atvirkščiai proporcingai priklausantys nuo modelio tikslumo, tai parodo, kad jautrumas krenta esant didesniam atributų kiekiui.

7. Ilgasis trumpalaikės atminties modelis parodė blogiausią rezultatą klasifikuojant srauto analizės duomenų rinkinį. Galima teigti, kad LSTM modelis yra mažiau tikslus nei SVM modelis.

8. Palyginus srauto analizės (LSTM modeliui: 83,2 %, SVM modeliui: 93,2 %) ir paketų analizės duomenų rinkinio klasifikavimą (LSTM modeliui: 93,2 %, SVM modeliui: 96,6 %) galima daryti išvadą, labiausiai tinkantis sprendimas BGP anomalijų aptikimui yra paketų analizė ir klasifikavimas taikant SVM modelį.

Literatūra

1. Abdulridha, D., ir AL-Khaffaf, J. (2018). Improving LAN Performance Based on IEEE802.1Q VLAN Switching Techniques. Journal of University of Babylon, Engineering Sciences, Vol.(26), No.(1): 2018.
2. Al-Musawi, B., Branch, P. ir Armitage, G. (2017). "Recurrence behaviour of BGP traffic", Telecommunication Networks and Applications Conference (ITNAC) 2017 27th International, pp. 1-7, 2017, doi: <https://doi.org/10.1109/ATNAC.2017.8215376>
3. Avispa, S., ir Kumar, G. (2014). Comparison of serial data-input CRC and parallel data-input CRC design for CRC-8 ATM HEC employing MLFSR. 2014 International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS), doi: 10.1109/ECS.2014.6892739
4. Bray, T. (2017). The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format. RFC 8259, doi: <https://doi.org/10.17487/RFC8259>
5. CACE Technologies. (2009). Remote Capture. https://www.winpcap.org/docs/docs_412/html/group_remote.html
6. Cisco Systems. (2007). Netflow Export Datagram Format. https://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/net_mgmt/netflow_collection_engine/3-6/user/guide/format.html
7. Cheng, M., Xu, Q., Lv, J., Li, Q., ir Wang, J. (2016). MS-LSTM: A multi-scale LSTM model for BGP anomaly detection. 2016 IEEE 24th International Conference on Network Protocols, ICNP 2016, doi: <https://doi.org/10.1109/ICNP.2016.7785326>
8. Dawadi, B. R., Rawat, B. D., Joshi, R. S., ir Manzoni P. (2020). Evolutionary gaming approach for decision making of Tier-3 Internet service provider networks migration to SoDIP6 networks, International Journal of communication systems, 2020, 33(11), doi: <https://doi.org/10.1002/dac.4399>
9. Ding, Q., Li, Z., Batta, P., ir Trajkovic, L. (2016). Detecting BGP anomalies using machine learning techniques. 003352-003355., 2016, doi: <https://doi.org/10.1109/SMC.2016.7844751>
10. Krenc, T., Beverly, R., ir Smaragdakis, G. (2021). AS-level BGP community usage classification. IMC '21: Proceedings of the 21st ACM Internet Measurement Conference, pp. 557-592, doi: <https://doi.org/10.1145/3487552.3487865>
11. Mattson, G. T., Anderson, A. T., ir Georgakoudis, G. (2021). PyOMP: Multithreaded Parallel Programming in Python. Computing in Science & Engineering, 23 (6), pp. 77-80, doi: <https://doi.org/10.1109/MCSE.2021.3128806>
12. Nogueira, A.L., Munita, C.S. (2020). Quantitative methods of standardization in cluster analysis: finding groups in data. J Radioanal Nucl Chem 325, 719–724, 2020, doi: <https://doi.org/10.1007/s10967-020-07186-6>
13. Rekhter, Y., Li, T., ir Hares, S. (2006). A Border Gateway Protocol 4 (BGP-4). RFC 4271, DOI 10.17487/RFC4271
14. SIA Mikrotik. (2024). CRS226-24G-2S+RM. Block Diagram. https://i.mt.lv/cdn/product_files/CRS226_161243.png

14. Zhaowei, C., Ravichandran, A., Maji, S., Fowlkes, C., Tu, Z., ir Soatto, S. (2021). Exponential Moving Average Normalization for Self-supervised and Semi-supervised Learning. arXiv, doi: <https://doi.org/10.48550/arXiv.2101.08482>

INTERNET EXCHANGE NETWORK ANOMALIES DETECTION USING PACKET AND FLOW ANALYSIS

Summary

Research goal directed to analysis of internet exchange network anomalies and their detection using machine learning techniques. Research environment based on virtualized network prototype, based on internet exchange networks principles and structure. Base object of research – dynamic routing protocol BGP. The virtualization platform used for research prototype is GNS3 network equipment emulation software. Routing server based on “Bird” application, that uses BGP protocol in underlay. During the experiment was collected two datasets: one of each packet in exchange network, second of flow attributes. Datasets are standardized and optimized for the machine learning algorithms to use. Created two neural network models: support vector machine and long short-term memory models. Datasets are processed through the models separately. During the experiment it was determined that the best results of accuracy and F-score, was obtained using SVM model with packets attributes dataset in use.

Key words: BGP, artificial neural network, LSTM, SVM, GNS3.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Vsevolod Kapustin

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorius

Darbo vieta ir pozicija: UAB „Baltnetos komunikacijos“, Tinklo inžinierius, Vilniaus Gedimino technikos universitetas Elektronikos fakulteto Kompiuterijos ir ryšių technologijų katedra, lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritis: kompiuterių tinklai, debesų kompiuterijos tinklai, tinklų saugumas, neuronų tinklai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +37069007223, vsevolod.kapustin@balt.net, vsevolod.kapustin@vilniustech.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Vsevolod Kapustin.

Science degree and name: master, lecturer.

Workplace and position: JSC Baltnetos komunikacijos, Network Engineer, Vilnius Gediminas University of Technology, Department of Computer and Communication Technologies, Faculty of Electronics, lecturer..

Author’s research interests: computer networks, cloud computing networks, network security, neural networks.

Telephone and e-mail address: +37069007223, vsevolod.kapustin@balt.net, vsevolod.kapustin@vilniustech.lt

TVARUS ŠVIETIMO INSTITUCIJOS IR VERSLO BENDRADARBIAVIMAS: KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS ATVEJIS

Lina Girdauskienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

5 pramonės revoliucija, naujos technologijos, skaitmenizacija verslams atvėrė naujas galimybes tiek plėtros, tiek ir efektyvumo kontekste, tačiau tuo pačiu suponavo naujus iššūkius – darbuotojų su tinkamomis kompetencijomis paieška ir įdarbinimu. Tad verslas pradėjo naujų darbuotojų ieškoti ne tik patys savarankiškai, įdarbinimo agentūrų pagalba, bet ir aktyviau bendradarbiauti su aukštosiomis mokyklomis ir net bendrojo ugdymo mokyklomis tiek siekdami save prisistatyti, tiek įsitraukti į studijų procesą, pasirenkant reikiamų kompetencijų specialistus. Švietimo institucijų ir verslo bendradarbiavimo modeliai yra aktuali tematika, nes vis dar stokojama tyrimų kaip efektyviai ir tvariai užtikrinti tokių modelių veikimą. Todėl šio straipsnio tikslas yra įvertinti ar tvarus yra Kauno technikos kolegijos ir verslo bendradarbiavimo modelis. Straipsnio tikslui pasiekti taikomas kokybinis tyrimo metodas- atvejo analizė. Gauti rezultatai parodė, kad Kauno technikos kolegijos ir verslo bendradarbiavimo modelis yra tvarus.

Reikšminiai žodžiai: tvarumas, švietimo institucija, verslas, bendradarbiavimas.

Įvadas

Mokslo/švietimo institucijų bendradarbiavimas sukelia sinergijos efektą. Švietimo institucijos turi galimybę tapti greitesnėmis, lankstesnėmis, įsidiesti inovacijų kultūrą, o verslas aktyviai įsitraukia į specialistų, turinčių jiems aktualių kompetencijų rengimą, naujausių mokslo žinių gavimą, jaunatviškos iniciatyvos pritraukimą į savo procesus. Studentų praktikos, darbuotojų stažuotės, paskaitos studentams jau buvo senai taikomos praktikos, tačiau atsiranda naujų bendradarbiavimo formų tarp šių dviejų juridinių vienetų. Ir nors ši tema yra tiriama jau pastarąjį dešimtmetį, vis dar vis dar stokojama tyrimų kaip efektyviai ir tvariai užtikrinti tokių bendradarbiavimo formų ir modelių veikimą. Todėl šio **straipsnio tikslas yra** įvertinti ar tvarus yra Kauno technikos kolegijos (toliau KTK) ir verslo bendradarbiavimo modelis.

Straipsnio tikslui pasiekti **keliami uždaviniai:**

1. Apibrėžti tvarų tvaraus švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimą.
2. Parengti tvaraus švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo tyrimo metodiką.
3. Įvertinti tvarų švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimą.

Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių išvalgų, metodikos, tyrimo rezultatų aptarimo ir išvadų.

Teorinės išvalgos

Pasikeitusi verslo aplinka – globalizacija, skaitmenizacija, verslą skatina aktyviau bendradarbiauti su švietimo institucijomis (Gudalienė, 2016). Švietimo institucijų ir verslo bendradarbiavimas yra ypatingai reikšmingas abejoms pusėms: švietimo įstaigos tampa modernesnės, susipažįsta su naujausiomis verslo praktikomis, technologijomis, gamybos principai, verslui atsiranda galimybė ne tik pasidalinti savo žiniomis, prisitraukti naujų darbuotojų, bet ir kartu vykdyti MTEP veiklas, dalyvauti švietimo institucijų valdyme. Pasak Peltonen et al.(2013) taip skatinamas dalijimasis žiniomis, ekosistemos partnerystės ir dinamiška bendrakūra (Nyman, 2015). Verslo organizacijos, veikdamos kartu su švietimo įstaigomis, pasidalina kaštais, susimąžina rizikas ir tampa inovatyvesnėmis (Lundberg, Andresen, 2012). Vis dėlto reikia pripažinti, kad labai dažnai bendradarbiavimo tarp švietimo įstaigų ir verslo yra fragmentuotas, nesisteminis ir nekoordinuojamas (Healy Perkmann, Louise, Kempton, 2012). Siekiant užtikrinti tvarų bendradarbiavimą, visų pirma labai svarbu užsitikrinti kiekvienos į bendradarbiavimą įsitraukusios suinteresuotosios šalies bendradarbiaujančių elgesį (Davos, 1999), kurį sudaro formalūs (nuosavybės ir kontrolės teisių suteikimas, valdymo, sprendimų priėmimo teisių suteikimas) ir neformalūs mechanizmai (sisteminė komunikacija, bendradarbiavimo gerosios patirties istorijos kūrimas, Mokslininkai įvairiai apibrėžią tvaraus bendradarbiavimo koncepciją. Dažniausiai taikomi tvaraus bendradarbiavimo koncepto laiko nuoseklumo, strateginio stabilumo ir neracionalaus elgesio kriterijus (Petrosyan, Zenkeviz, 2009, Alabugin, Aliukov, Alabugina, 2016), kiti įtraukia dar ne negatyvumo kriterijų (Kuzytin, Gromova, Pankratova 2018).

1 lentelė

Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo modeliai

Bendradarbiavimo modelis
Bendradarbiavimas tarp švietimo institucijos ir vienos įmonės
Bendradarbiavimas tarp švietimo institucijos ir daug įmonių
Bendradarbiavimas tarp vienos firmos ir daug švietimo institucijų
Bendradarbiavimas tarp daug švietimo institucijų ir daug įmonių

Bendradarbiavimo modelis
Bendradarbiavimas tarp įmonių ir švietimo institucijos, bet vadovauja trečioji šalis

Švietimo institucijos ir verslo įmonės taiko skirtingus bendradarbiavimo modelius (1 lentelė). Dažniausiai yra taikomas ne vienas modelis, bet su skirtingų modelių rinkiniai, nes tiek įgyvendinami įvairūs projektai, kuriems vadovauja trečioji šalis, bet ir vyksta nuolatinis bendradarbiavimas individualiai ar tinklais (Gudeliënė, 2016). Deutsche Telekom nurodo šešias priežastis dėl kurių verta bendradarbiauti su švietimo įstaigomis (Healy Perkmann, Louise, Kempton, 2012):

- Vidinės darbo paklausos patenkinimas kvalifikuota darbo jėga
- Bendro įsidarbinamumo lygio padidėjimas
- Esančio aukštos kvalifikacijos personalo išlaikymas
- Įmonės įvaizdžio stiprinimas
- Modernios vystymosi filosofijos skatinimas
- Bolonijos proceso įgyvendinimas

Sukurti tvarius santykius ir tvarų, ilgalaikį bendradarbiavimą yra pakankamai sudėtinga, nes labai dažnai nėra skiriami resursai iš abiejų pusių, apsiribojama tiek vienpusiu bendradarbiavimu (sąmoningumo lygis), tačiau nevyksta veiklos abejomis kryptimis (įsitraukimo, paramos lygiai), bendradarbiavimas vyksta fragmentuotai. Tad labai dažna situacija, kad pasiekiamas sąmoningumo lygis, o strateginių partnerių švietimo įstaigos turi labai nedaug.

2 lentelė

Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo įsitraukimo lygiai

Įsitraukimo lygis	Aprašymas
Sąmoningumas	Karjeros galimybės, interviu
Įsitraukimas	Stazuotės, verslo konsultavimo programos, programinės įrangos finansavimas
Parama	Įrangos finansavimas, studijų programų turinio parengimas, seminarai, kūrybinės dirbtuvės, paskaitos
Rėmimas	Stipendijos, studijų finansavimas
Strateginis partneris	Infrastruktūros finansavimas, veiklų finansavimas, jungtinė partnerystė

Šaltinis: Heally, Goddard, Kempton (2012), Hewlett Packard (n.d.)

Vertinant švietimo institucijų ir verslo bendradarbiavimo formas, tai pastebimas platus spektras tiek funkcinų bendradarbiavimų, tiek mokymosi visą gyvenimą kontekste, tyrimų vykdymo, tiek ir valdymo.

3 lentelė

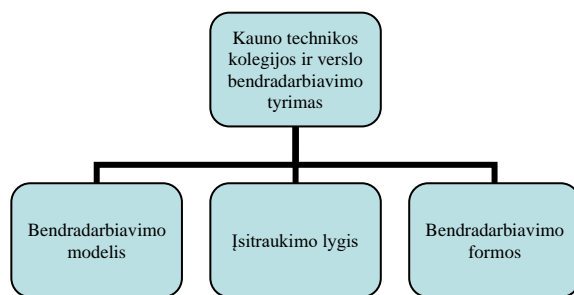
Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo formos

Sritis	Aprašymas
Bendradarbiavimas tyrimų srityje	Bendri tyrimai, konsultacijos, užsakomieji tyrimai, bendros publikacijos, bendri mokslininkų, studentų ir verslo projektai
Darbuotojų mobilumas	Laikinas arba nuolatinis mokslininkų judėjimas į verslą ir verslo judėjimas į aukštąją mokyklą
Studentų mobilumas	Laikinas arba nuolatinis studentų judėjimas į verslą ir verslo judėjimas į aukštąją mokyklą
MTEP komercializavimas	Patentai, naujos įkurtos bendros įmonės
Dalyvavimas studijų procese	Studijų tinklelių rengimas, studijų turinio rengimas, paskaitų skaitymas, praktikos, stazuotės, renginiai
Mokymasis visą gyvenimą	Neformalaus švietimo studijų programų rengimas, personalizuotų neformalaus švietimo studijų programų rengimas
Enterprenerystė	Naujų įmonių steigimas arba inovatyvios kultūros aukštojoje mokykloje kūrimas
Valdymas	Bendradarbiavimas aukštosios mokyklos ir verslo viena kitos valdyme
Finansavimas	Stipendijos, parama, investicijos į infrastruktūrą

Šaltinis: Heally, Goddard, Kempton (2012), Hewlett Packard (n.d.)

Tyrimo metodika

Tyrimui atlikti yra taikomas kokybinio tyrimo prieiga – atvejo analizė. Tiriamasis objektas – Kauno technikos kolegijos ir verslo partnerių bendradarbiavimas, subjektas – Kauno technikos kolegija ir verslai. Tyrimo eiga pateikiama paveiksle žemiau:



1 pav. Tyrimo algoritmas

Atlikta dokumentų ir duomenų bazės analizė. Tyrimo metu nustatyta, kad KTK turi 278 verslo ir socialinius partnerius. Dokumentų analizės metu išnagrinėtos bendradarbiavimo sutartys, paramos sutartys, trišalės sutartys, pavedimo kopijos, perdavimo aktai, direktoriaus įsakymai, siunčiami raštai. Duomenų bazės analizė leido įgyvendinti tyrimo algoritmą ir gauti tyrimo rezultatai pristatyti kitoje dalyje.

Tyrimo rezultatai

Pirmiausia buvo atliekama bendradarbiavimo modelio įvertinimas ir analizė.

4 lentelė

Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo modeliai (2023m. duomenys)

Bendradarbiavimo modelis	Taikymas	Komentaras
Bendradarbiavimas tarp švietimo institucijos ir vienos įmonės	Netirta	Nebuvo tiriama, nes reikia įvertinti visas įmonių turimas sutartis
Bendradarbiavimas tarp švietimo institucijos ir daug įmonių	Taikoma	278 bendradarbiavimo sutartys su verslo, švietimo, valstybinių įstaigų, savivaldos ir kt. institucijomis
Bendradarbiavimas tarp vienos firmos ir daug švietimo institucijų	Netirta	Nebuvo tiriama, nes reikia įvertinti visas įmonių turimas sutartis
Bendradarbiavimas tarp daug švietimo institucijų ir daug įmonių	Taikoma	Bendri konsorciumai, projektai, iniciatyvos, renginiai (Karjeros dienos, hakatonas su Continental)
Bendradarbiavimas tarp įmonių ir švietimo institucijos, bet vadovauja trečioji šalis	Taikoma	Iniciatyvos „Ateitis elektronikams“, kuomet dalyvavo KTK, KTU, Continental, Forvia, Kitron, Littlefuse, Teltonika Networks, „Kaunas tau limpa“ kuomet dalyvavo KTK, KTU, VDU, KK, kuomet abiem iniciatyvoms vadovavo VŠĮ Kaunas In.

Bene viena dažniausiai pasitaikomų praktikų – bendradarbiavimo modelių yra tarp švietimo institucijos ir daug įmonių. KTK turimas sutarčių skaičius rodo, kad aktyviai veikiama tokiu principu. Atliekant šio bendradarbiavimo modelio analizę, buvo nustatyti skirtingi aktyvumo lygiai, kurie bus aprašyti lentelėje žemiau. Taip pat labai populiaru praktika, kai bendradarbiauja daug švietimo institucijų ir daug įmonių. Tokią situaciją sąlygoja situacija darbo rinkis – didelė darbuotojų stoka suponuoja didelę paklausa ir įmonės, siekdamos užsitikrinti pakankamus darbuotojų skaičius, priverstos aktyviai veikti ir bendradarbiauti su švietimo institucijomis visuose lygiuose. Iš kitos pusės vertinant, aukštojo mokslo įstaigos susiduria su studentų skaičiaus mažėjimo dėl įvairių priežasčių, tačiau viena pagrindinių yra demografinė duobė. Tad aukštojo mokslo institucijos pačios aktyviai bendradarbiauja su profesinio rengimo centrais, bendrojo ugdymo mokyklomis ir gimnazijomis.

5 lentelė

Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo įsitraukimo lygiai (2023m. duomenys)

Įsitraukimo lygis	Aprašymas	Komentaras
Sąmoningumas	Karjeros galimybės, interviu	Taiko visos įmonės
Įsitraukimas	Stazuotės, verslo konsultavimo programos, programinės įrangos finansavimas	Stazuotės, verslo konsultavimo programos netaikomos. Programinę įrangą finansavo AB Kauno tiltai, UAB Parama, UAB Alkesta, UAB Kauno keliai
Parama	Įrangos finansavimas, studijų programų turinio parengimas, seminarai, kūrybinės dirbtuvės, paskaitos	UAB Lemona dovanavo 3D 3 printerius. Studijų programų turinį parengė AB Ignitis, UAB Lemona, AB Kauno tiltai. Integruotas paskaitas vedė 58k.
Rėmimas	Stipendijos, studijų finansavimas	Stipendijas teikė 31 įmonė
Strateginis partneris	Infrastruktūros finansavimas, veiklų finansavimas, jungtinė partnerystė	10 įmonių finansavo infrastruktūrą.

Vertinant švietimo institucijos ir mokslo bendradarbiavimo įsitraukimo lygį, tai sąmoningumo lygį yra pasiekusios visos įmonės, su kuriomis KTK yra pasirašiusi bendradarbiavimo sutartis. Kuo aukštesnis sąmoningumo lygis, tuo mažiau dalyvauja įmonių. Aukščiausią lygį – strateginio partnerio yra pasiekusios tik

10 įmonių iš turimų 278 sutarčių. Galima daryti išvadą, kad tvarus bendradarbiavimas KTK su verslu yra įgyvendinamas tik labai maža apimtimi.

6 lentelė

Švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo formos (2023m. duomenys)

Sritis	Aprašymas	Komentaras
Bendradarbiavimas tyrimų srityje	Bendri tyrimai, konsultacijos, užsakomieji tyrimai, bendros publikacijos, bendri mokslininkų, studentų ir verslo projektai	2023m. atliktų užsakomųjų tyrimų vertė – 172,18 tūkst. eur, bendrų tyrimų vertė – 35,5 tūkst. eur.
Darbuotojų mobilumas	Laikinas arba nuolatinis mokslininkų judėjimas į verslą ir verslo judėjimas į aukštąją mokyklą	AB Ignitis darbuotojas dirbo kaip dėstytojas, stažuotės netaikomos
Studentų mobilumas	Laikinas arba nuolatinis studentų judėjimas į verslą ir verslo judėjimas į aukštąją mokyklą	Nuolatinės ilgalaikės studentų praktikos įmonėse
MTEP komercializavimas	Patentai, naujos įkurtos bendros įmonės	KTK kartu su KTU užregistruotas patentas
Dalyvavimas studijų procese	Studijų tinklelių rengimas, studijų turinio rengimas, paskaitų skaitymas, praktikos, stažuotės, renginiai	Socialinių partnerių įsitraukimas į studijų programų atnaujinimą kaip studijų programų komiteto nariai, apvalieji stalai, 58 surengtos integruotos paskaitos, verslas 92 k. sudalyvavo KTK renginiuose, užsakė 32 baigianųjų darbų temas., 133k. priėmė studentus į praktikas (2022m. duomenys).
Mokymasis visą gyvenimą	Neformalaus švietimo studijų programų rengimas, personalizuotų neformalaus švietimo studijų programų rengimas	2023m. pravestų mokymų vertė 107,5 tūkst. eur.
Enterprenerystė	Naujų įmonių steigimas arba inovatyvios kultūros aukštojoje mokykloje kūrimas	Bendro hakatono su Continental organizavimas
Valdymas	Bendradarbiavimas aukštosios mokyklos ir verslo viena kitos valdyme	KTK tarybos nariai yra UAB Milsa vadovas, Kaunas In vadovas, HRpulsus vadovė. KTK administracijos vadovas yra SKVC valdybos narys.
Finansavimas	Stipendijos, parama, investicijos į infrastruktūrą	Stipendijos, parama – vienakartinės, vardinės, ilgalaikės, su įsipareigojimu studentui atidirbti, be įsipareigojimo. Aktyviausi rėmėjai AB Kauno tiltai, AB YIT Lietuva, AB Kelių priežiūra, UAB Teltonika networks, Forvia, Eurovia, Hella Lithuania (skirta 72,3 tūkst. eur, Investicijos į infrastruktūrą - UAB Lemona (3 d printeriai), UAB Kitron, UAB Festo, Volkswagen, UAB BCT įsteigtos laboratorijos, UAB Forvia dovanota kompiuterinė įranga, AB Kauno tiltai, UAB Parama, UAB Alkesta, UAB Kauno keliai nupirka programinę įrangą ir kompiuteriai.

Vertinant švietimo įstaigos ir verslo bendradarbiavimo formas, buvo nustatyta, kad taikomos visos bendradarbiavimo formos. Mažiausiai populiarī priemonė yra darbuotojų mobilumas, tad rekomenduojama skatinti KTK darbuotojų stažuotes verslo įmonėse ir taip pat verslo darbuotojų įdarbinimą KTK. Taip pat identifikuota, kad enterprenerystės forma – bendras KTK hakatonas su Continental buvo vienintelis faktas. Šioje srityje aktyvesnė veikla taip pat duotų teigiamų rezultatų. MTEP komercializavimas yra dar viena iš tų sričių kur reikėtų aktyvesnio darbo ir dėmesio. Viena populiariausių formų – mokymasis visą gyvenimą. Verslo partnerių įsitraukimas į studijų procesą ir finansavimas, parama yra tarp populiarių bendradarbiavimo formų.

Tvaraus bendradarbiavimo vertinimas

Atlikta bendradarbiavimo modelių, formų ir įsitraukimo vertinimas parodė, kad KTK atveju taikoma plati skalė bendradarbiavimo modelių ir formų. Vertinant įsitraukimą, čia taip pat buvo galima identifikuoti skirtingų įsitraukimo lygių: nuo sąmoningumo iki strateginio partnerio lygmens. Pagal įmonių įsitraukimą, buvo sudarytas reitingas nuo 0 iki 20, kuomet kiekvienai formai suteikiamas svertinis koeficientas ir skaičiuojamas suminis rezultatas pagal anksčiau pateiktas įsitraukimo formas. Atsižvelgiant į tyrimo rezultatus, matome, kad iš visų turimų 278 bendradarbiavimo sutarčių, aukščiausias įsitraukimo lygis buvo 17.72, kai žemiausias - 0.00. Įmonių, turinčių įsitraukimo lygį nuo 17.72 iki 10.00 yra 5, nuo 9.99 iki 5.00 yra 6, nuo 4.99 iki 1 yra 37, nuo 0.99 iki 0.10 yra 62, nuo 0.09 iki 0.01 yra 37. Likusios sutartys yra įvertintos 0.00 balu. Tokia situacija rodo, kad tvarus bendradarbiavimas yra užtikrinamas tik su 1,8 proc. įmonių. Didelė įmonių įsitraukimo lygio koncentracija diapazone nuo 4.99 iki 0.01 rodo, kad įmonės renkasi vieną arba kelias bendradarbiavimo formas, tačiau visose arba didžiojoje daugumoje nedalyvauja. Toks bendradarbiavimas

tampa fragmentuotu, nes įmonės arba siūlo tik praktikos vietas, arba paremia stipendija, tai daro ne sistemingai, bet ad hoc. Tokiu atveju užtikrinti tvarų bendradarbiavimą, kuomet sąlygų išpildymas laiko nuoseklumui, strateginiam stabilumui yra neįmanomas. Galima daryti tik prielaidą, kad neracionalus sprendimų priėmimas sąlygoja tokius rezultatus ir tampa kritine dimensija tvaraus bendradarbiavimo užtikrinimo kontekste.

Išvados

1. Apibrėžtas tvarus tvaraus švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimas, nustatytos tvarumo ir bendradarbiavimo dimensijos.
2. Parengta tvaraus švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimo tyrimo metodika, įvertinanti bendradarbiavimo modelius, įsitraukimo lygius ir bendradarbiavimo formas.
3. Įvertintas tvarus švietimo institucijos ir verslo bendradarbiavimas. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad tvarus bendradarbiavimas yra užtikrintas tik labai maža apimtimi. Rekomenduojama aktyvi komunikacija, ryšių palaikymas, siekiant padidinti verslo įsitraukimo lygį ir užtikrinti tvarų bendradarbiavimą.

Literatūra

1. Alabugin, A., Aliukov, S., Alabugina, R. (2016). Managing cooperation between business and university, quality assurance using sustainable development indicators from knowledge management system. ICERI2016 Proceedings, doi:10.21125/iceri.2016.0059
2. Gudeliėnė N. (2016). University and Business Cooperation Governance in Lithuania. Doctoral dissertation. ISBN 978-9955-19-793-5.
3. Healy, A., Perkmann, M., Goddard, J., Kempton, L. (2012). Measuring the Impact of University Business Cooperation. Final report. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2014
4. Kuzyitin D., Gromova E., Pankratova Y. (2018). Sustainable cooperation in multicriteria multistage games. Operations Research Letters, Elsevier. Vol. 46, Issue 6, pg.557-562
5. Lundberg H., Andresen E. (2012). Cooperation among companies, universities and local government in Swedish context. Industrial Marketing Management. Vol 41, Issue 3, pg. 429-437.
6. Nyman G.S. (2015). University - business-government collaboratio: from institutes to platforms and ecosystems. Triple Helix.
7. Petrosyan L.A., Zenkevich N.A. (2009). Conditions for Sustainable Cooperation. Contribution to Game Theory and Management, 2009, Volume 2, pg. 344-354.

SUSTAINABLE ABD BUSINESS COOPERATION: KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCE CASE

Summary

The 5th industrial revolution, new technologies, and digitization have opened up new opportunities for businesses both in the context of development and efficiency, but at the same time they have created new challenges - finding and hiring employees with the right competencies. Therefore, the business began to look for new employees not only on its own, with the help of recruitment agencies, but also to cooperate more actively with universities and even schools of general education, both in order to introduce themselves and to get involved in the study process, preparing specialists with the necessary competencies. Models of cooperation between educational institutions and business are a relevant topic, because there is still a lack of research on how to effectively and sustainably ensure the operation of such models. Therefore, the purpose of this article is to assess whether the model of cooperation between the educational institution and business in Kaunas University of Applied Engineering Science is sustainable. To achieve the goal of the article, a qualitative research method is applied - case analysis. The obtained results showed that the model of cooperation between Kaunas University of Applied Engineering Science and businesses is sustainable.

Key words: sustainability, educational institution, business, cooperation.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas, vadyba.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61806069, lina.girdauskiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences.

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gaming, management.

Telephone and e-mail address: 8 61806069, lina.girdauskiene@edu.ktk.lt

STUDENTŲ ĮSITRAUKIMO Į MIŠRIŲ BŪDU ORGANIZUOJAMAS STUDIJAS VEIKSNIAI: KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS STUDENTŲ NUOMONĖ

Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Aukštosios mokyklos ieško naujų, studentams patrauklių studijų formų, tačiau greta to nuolat stebi studentų įsitraukimą į studijų procesą. Atlikti moksliniai tyrimai suponuoja išvagas, kad studentų įsitraukimą į mišrias studijas lemia skirtingi veiksniai. Straipsnio tikslas – pasitelkiant KTK atvejo analizę, atskleisti studentų įsitraukimo į mišrių būdu organizuojamas studijas veiksnius. Pirmoje dalyje bus aptariamas studentų įsitraukimo į studijas teoriniai veiksniai. Atliktos teorinės analizės pagrindu bei sudarytu teoriniu tyrimo modeliu bus išskirti empirinio tyrimo teoriniai rodikliai. Antroji straipsnio dalis skirta empiriniam tyrimui, kurio tikslas - atskleisti studentų nuomonę apie įsitraukimo veiksnius, realizuojant studijas Kauno technikos kolegijoje mišrių būdu.

Siekiant atskleisti studentų nuomonę apie įsitraukimo veiksnius realizuojant studijas Kauno technikos kolegijoje mišrių būdu, buvo pasitelkta kiekybinio (metodas - apklausa raštu) metodologija. Empirinio tyrimo organizavimas grindžiamas studentų įsitraukimo į nuotolinės studijas veiksnų teoriniu modeliu. Pagal modelio rodiklius buvo sudarytas apklausos raštu klausimynas. Tyrimo tikslas - atskleisti studentų nuomonę apie studentų įsitraukimo veiksnius organizuojant studijas mišrių būdu. Atlikus tyrimą galima daryti išvadas: pagrindiniai studentų įsitraukimo į mišrių būdu organizuojamas studijas veiksniai yra socialinis ir kultūrinis kontekstas, fizinės sąlygos, mokymosi aplinka, studijų proceso organizavimas, studijų turinys. Kauno technikos kolegijos studentų nuomone, svarbiausi studentų įsitraukimo veiksniai yra socialiniai kultūriniai veiksniai (t. y. aukštosios mokyklos istorija, kultūra, vertybės, bendravimas ir bendradarbiavimas tarp kolegų studentų, dėstytojų ir pan.) bei studijų turinys (studijų dalykai, studijų rezultatai, praktikos ir teorijos dermė ir pan.); mažiau svarbūs veiksniai yra fizinės sąlygos ir mokymosi aplinka.

Reikšminiai žodžiai: studentų įsitraukimas į studijas, nuotolinės studijos, mišrių būdu organizuojamos studijos.

Įvadas

Šiuolaikinėje aukštojo mokslo sistemoje vykstant spartiems mokymo modernizavimo procesams, atsiranda vis naujesnės mokymo priemonės ir būdai, kurie skirti efektyviam mokymo procesų įgyvendinimui bei švietimo optimizavimo procesų užtikrinimui.

XXI amžius yra vadinamas modernių informacinių mokymo priemonių amžiumi, nes šiandien moderniems mokymosi būdams yra skiriamas ypatingas dėmesys. Ši dėmesį lemia sparčiai besivystančios technologijos ir globalinės inovacijos, kurios daro įtaką aukštojo mokslo įstaigų veiklos procesų įgyvendinimo efektyvumui. Siekiant užtikrinti ugdymo procesų efektyvumą bei prieinamumą, daugelis aukštojo mokslo įstaigų studijų procesą organizuoja pasitelkdami įvairias studijų organizavimo formas, pvz., nuotolinį mokymą, mišrias studijas ir pan. Studijų organizavimo formų įvairovė atliepia įvairius studentų poreikius, padeda išlaikyti jų pažangą, sudaro optimalias sąlygas racionaliame laiko paskirstymui ir pan. Nuotolinis mokymas padeda įgyvendinti strateginius švietimo sistemos siekius – sudaryti mokymosi galimybes visiems besimokantiems, kurti efektyvesnę mokymo procesą bei užtikrinti lankstesnę mokymo veiklos organizavimą, pasitelkiant virtualias mokymo aplinkas.

Studijų procesą organizuojant mišrių būdu, studijos tampa prieinamos visiems besimokantiems, nepriklausomai nuo socialinės padėties, amžiaus, gyvenamosios vietos. Taigi vienas iš pagrindinių tokių studijų organizavimo tikslų – išplėtoti socialiai teisingą, visiems prieinamą švietimo sistemą, sudarančią sąlygas visuomenei mokytis visą gyvenimą (Bakonis, 2020). Terminas „mišrus mokymas/is“ apibrėžiamas kaip nuotolinio ir kontaktinio mokymosi derinimas. Šiame straipsnyje „mišrių būdu organizuojamos studijos“ bus suprantamos kaip integruotas tradicinio mokymo/si ir internetinių metodų ir įrankių derinys, kur dalį studijuojamo dalyko turinio besimokantieji atlieka grupėje/klasėje, o dalį turinio įsisavina taikant nuotolinį mokymą/si.

Studentų įsitraukimas į studijas yra nauja, tačiau labai aktuali mokslinė problema aukštajame moksle. Tyrėjų grupė (Bond, Buntins, Bedenlier, Zawacki-Richter, Kerres, 2020) pastebi, kad studijas renkasi skirtingo išsilavinimo, amžiaus, patirties besimokantieji. Jie turi skirtingus lūkesčius, pasižymi individualiomis psichosocialinėmis savybėmis. Todėl studijuojant mišrių būdu asmens įsitraukimas į studijas tampa ypač aktualus, nes tai studijas skatinanti veikla, kurioje besimokantysis proaktyviai reaguoja į jį supančią aplinką. N. Zepke (2019) pažymi, kad studentų įsitraukimas yra glaudžiai susijęs su akademiniais ir studijų rezultatais (pasiekimais, lankomumas, elgesys, iškritimas/baigimas) bei karjeros projektavimu. Šiame straipsnyje sąvoka „studentų įsitraukimas į studijas“ bus suprantama kaip studento pastangos ir veikla proaktyviai įsitraukti į mokymą/si ir studijas.

Aukštosios mokyklos ieško naujų, studentams patrauklių studijų formų, tačiau greta to nuolat stebi studentų įsitraukimą į studijų procesą. Atlikti moksliniai tyrimai (Bond at all, 2020) suponuoja hipotetinę mintį, kad studentų įsitraukimą į mišrias studijas lemia skirtingi veiksniai.

Tikslas – pasitelkiant KTK atvejo analizę, atskleisti studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas veiksnius.

Pirmoje dalyje bus aptariami studentų įsitraukimo į studijas teoriniai veiksniai. Atliktos teorinės analizės pagrindu bei sudarytu teoriniu tyrimo modeliu išskirti empirinio tyrimo teoriniai rodikliai. Antroji straipsnio dalis skirta empiriniam tyrimui, kurio tikslas - atskleisti studentų nuomonę apie įsitraukimo veiksnius, realizuojant studijas Kauno technikos kolegijoje mišriu būdu. Pateikiami kiekybinio tyrimo rezultatai. Tyrime taikyta kiekybinio (metodas - apklausa raštu) tyrimo metodologija.

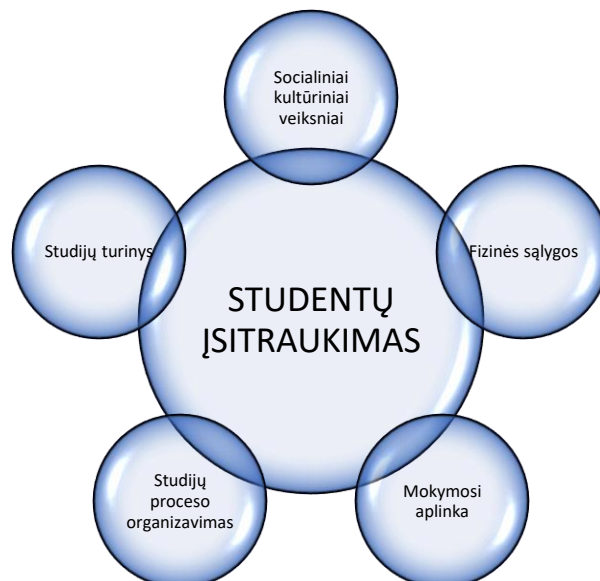
Studentų įsitraukimo į studijas veiksnių teorinės išvalgos

Pasaulyje vykstantys intensyvūs socialiniai, ekonominiai, kultūriniai, geopolitiniai pokyčiai formuoja besikeičiančius visuomenės poreikius, kuriuos atliepiant ypatingas vaidmuo tenka švietimui. Švietimo bendruomenės ieško naujų, patrauklių studijų organizavimo formų, skiria ypatingą dėmesį studijų prieinamumui, kokybei, patrauklumui ir lankstumui.

Siekiant didinti studijų prieinamumą, auštųjų mokymo įstaigų studentams studijos organizuojamos nuotoliniu arba mišriu būdu, pasitelkiant įvairias virtualias nuotolinio ir kontaktinio mokymo ir mokymosi aplinkas bei metodus. Tačiau tyrimai parodė, jog studentai, kurie studijuoja nuotoliniu arba mišriu būdu, yra labiau pažeidžiami, greičiau stabdo ar nutraukia studijas, nes tuo pat metu studijas derina su darbu ir kitais įsipareigojimais, žemesnis studijas baigusių studentų skaičiaus rodiklis. Kaip teigia E. R. Kahu (2013), mažesnis studentų baigimo rodiklis gali būti siejamas su studentų įsitraukimo į studijas veiksniais, tokiais kaip laiko valdymas ir gyvenimo krūvis, nereali lūkesčiai, izoliacija. Taigi atlikti tyrimai suponuoja mintį, kad studentų akademiniai pasiekimai, studijų baigimas laiku ir kt. akademiniai procesai priklauso nuo studentų įsitraukimo į studijų procesą. Bond et al (2020) pažymi, kad studentų įsitraukimo procese svarbus veiksnys yra besimokančiojo ir dėstytojo bendravimas ir bendradarbiavimas, užduočių, veiklų, galinčių skatinti įsitraukimą, planavimas, edukacinių ir fizinių aplinkų tinkamas pritaikymas. Autoriaus atlikti tyrimai leidžia teigti, kad studentai, kurie yra labiau įsitraukę mišriu būdu ar nuotolinį mokymą/si, daugiau bendrauja su dėstytojais ir aktyviau dalyvauja grupių diskusijose. Pažymi, kad studentų įsitraukimą į studijas formuoja tokie veiksniai kaip mokymo/si aplinka, mokymo/si veiklos, motyvacija, psichosocialiniai veiksniai, mokymosi sąlygos, bendravimas ir bendradarbiavimas su kitais studentais.

Pasak Buelow, Barry, Rich (2018), studentų elgesys ir institucinės sąlygos yra pagrindiniai veiksniai, skatinantys studentų įsitraukimą. Autorių tyrimas atskleidė, kad studentai, bendradarbiaujantys su dėstytojais tiek akademiniais, tiek asmeniniais klausimais, labiau linkę įsitraukti į studijas ir pasiekti akademinį rezultatą, o institucinės sąlygos, tokios kaip palaikantys, suteikiantys pagalbą dėstytojais, saugi mokymo/si aplinka, diskusijos paskaitų metu, yra veiksniai, turintys didesnę įtaką akademiniai sėkmei ir studentų įsitraukimui.

Apibendrinat autorių mintis, galima sudaryti teorinį studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas modelį (1 pav.).



1 pav. Teorinis studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas modelis

Atliktos teorinės įžvalgos leidžia teigti, kad studentų įsitraukimas į mišriu būdu organizuojamas studijas yra sudėtingas ir integralus reiškinys, kuriame pirmiausia akcentuojamos paties studento pastangos, o socialinis ir kultūrinis kontekstas, fizinės sąlygos, mokymosi aplinka, studijų proceso organizavimas, studijų turinys yra tie veiksniai, kurie lemia studentų įsitraukimą į mokymąsi bei studijas.

Europos aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) akcentuojama, kad aukštasis mokslas yra esminis socialinio ir ekonominio bei kultūrinio vystymosi elementas, o augantis įgūdžių ir kompetencijų poreikis reikalauja iš aukštojo mokslo prisitaikyti prie esamos situacijos iš naujo. Didėsnis aukštojo mokslo prieinamumas sudaro galimybę aukštosioms mokykloms pasinaudoti vis didėjančia individualių patirčių įvairove. Didėjanti aukštojo mokslo įvairovė, augantys lūkesčiai, orientacija į besimokantįjį koregavo ir Kauno technikos kolegijos studijų organizavimo pobūdį, kur didžiausias dėmesys skiriamas į studentą orientuoto mokymo ir mokymosi metodams, lankstiems mokymo/si būdams, studijų formų pasiūlai. 2022 metais studijos kolegijoje pradėtos organizuoti mišriu būdu, kai teorinės paskaitos yra skaitomos nuotoliu, o kontaktiniai užsiėmimai yra orientuoti į praktinių, laboratorinių, kitų individualių darbų atlikimą. Tačiau pastebėta, kad ne visi studentai sėkmingai įsitraukia į studijų procesą, o kai kurie veiksniai turi teigiamos, kai kada – neigiamos įtakos studentų akademiniam rezultatams. Taigi antroje straipsnio dalyje bus atskleisti studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas veiksniai.

Studentų įsitraukimo į studijas veiksnių empirinis pagrindimas

Siekiant atskleisti studentų nuomonę apie įsitraukimo veiksnius Kauno technikos kolegijoje realizuojant studijas mišriu būdu, buvo pasitelkta kiekybinio tyrimo metodologija. Empirinio tyrimo organizavimas grindžiamas studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas veiksnių teoriniu modeliu. Pagal modelio rodiklius buvo sudarytas apklausos raštu klausimynas.

Tyrimo tikslas - atskleisti studentų nuomonę apie studentų įsitraukimo veiksnius, organizuojant studijas mišriu būdu. Tyrimo duomenys buvo renkami 2023 m. spalio 1-15 dienomis. Kiekybinis tyrimas pasirinktas todėl, kad buvo siekiama išmatuoti dominančio reiškinio paplitimą tam tikroje populiacijoje, pamatuoti tiriamojo objekto požymius bei statistiškai pagrįsti objekto esminius parametrus, prielaidas ir lemiančius veiksnius. Ši metodologija rėmėsi dedukcine tyrimo proceso logika, pasitelkiant empirinius duomenis pasirinktai teorijai patikrinti. Taigi, tyrėjų dėmesys buvo nukreiptas į iš anksto apibrėžtų (žinomų ar numatomų) žmonių nuostatų nagrinėjimą ir matavimą.

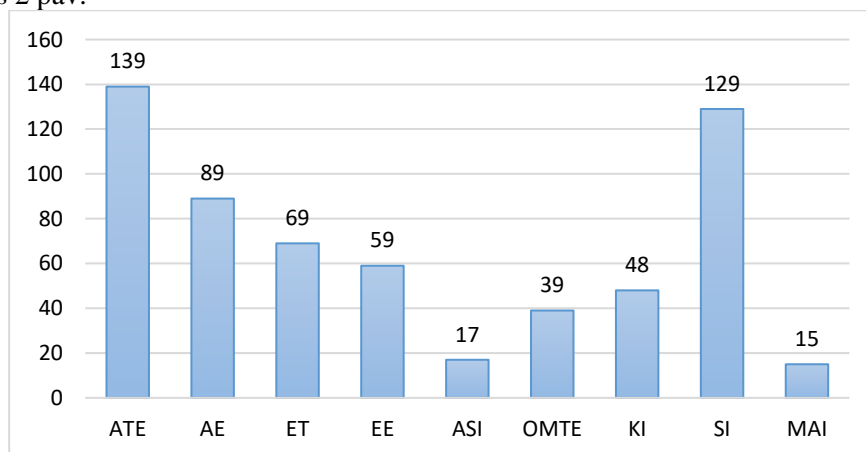
Tyrimo dalyviai ir jų atranka. Buvo taikytas tikimybinis atrankos būdas, kai kiekvieno tiriamos populiacijos nario tikimybė pakliūti į imtį yra žinoma. Taigi planuota, kad tyrime dalyvaus visi KTK studentai (iš viso 940). Tokiu būdu buvo siekiama patikrinti teorines prielaidas statistiškai patikima imtimi. Tyrime sudalyvavo 604 respondentai (su 5% tikimybine paklaida).

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.

Studentų įsitraukimo į studijas veiksnių tyrimo rezultatai ir jų analizė

Analizuojant tyrimo rezultatus, svarbu aptarti respondentų sociodemografinius požymius.

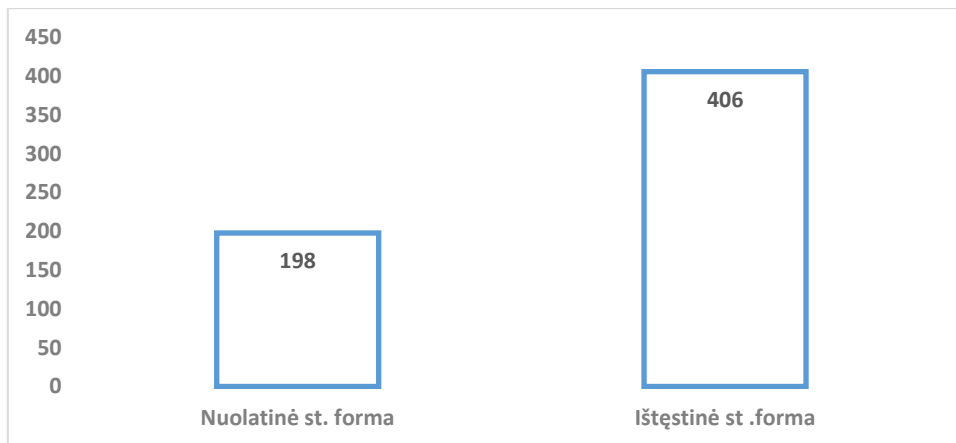
Kauno technikos kolegijoje realizuojamos 9 studijų programos: Automobilių techninis eksploatavimas (toliau – ATE), Autotransporto elektronika (toliau – AE), Elektronikos technika (toliau – ET), Avionikos sistemų inžinerija (toliau – ASI), Kelių inžinerija (toliau – KI), Statybos inžinerija (toliau – SI), Medžiagų apdirbimo inžinerija (toliau – MAI). Tyrime dalyvavusių studentų skaičiaus pasiskirstymas pagal studijų programas pateiktas 2 pav.



2 pav. Respondentų skaičiaus pasiskirstymas pagal studijų programas

Taigi tyrime dalyvavo ir savo nuomonę išreiškė studentai iš visų Kauno technikos kolegijoje realizuojamų studijų programų. Pastebimas dalyvavusių tyrime studentų skaičiaus skirtingose studijų programose netolygumas. Šį faktą galima paaiškinti tuo, kad kai kuriose programose, pvz., MAI, ASI yra mažas studijuojančių studentų skaičius.

Studentų įsitraukimo į studijas veiksniai gali būti skirtingi ir priklausomai nuo studentų pasirinktos studijų formos (nuolatinės ar iššėstinės); 3 paveiksle atsispindi tyrime dalyvavusių studentų skaičius pagal studijų formą (iš viso nuolatinėse studijose studijuoja 629, iššėstinėse studijose – 311 studentų).

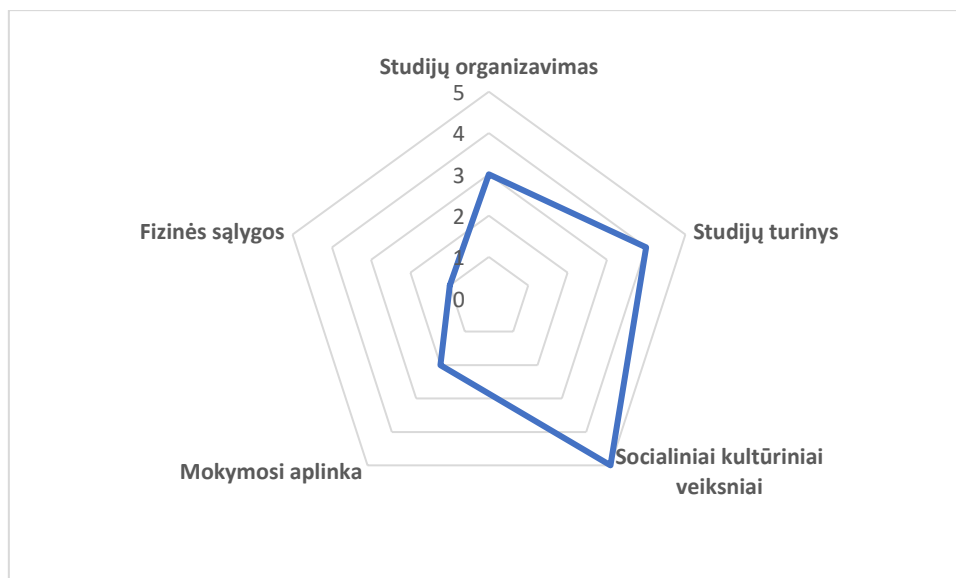


3 pav. Respondentų skaičiaus pasiskirstymas pagal studijų formas

Taigi galima teigti, kad tyrime dalyvavo tiek nuolatinė, tiek iššėtinių studijų studentai, kurių patirtis mokymo/si procese ir įsitraukimas į studijų procesą gali būti skirtingas.

Apklauso dalyvių buvo paprašyta įvertinti teoriniame modelyje išskirtus studentų įsitraukimo į studijas veiksnys, kai 5 – labai svarbus veiksnys, 4 – svarbus veiksnys, 3 – nei svarbus, nei nesvarbus veiksnys, 2 – nesvarbus veiksnys, 1- visiškai nesvarbus veiksnys.

Respondentų atsakymai pateikti 4 pav.



4 pav. Studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas veiksnijų vertinimas

Respondentų atsakymai suponuoja mintį, kad vieni iš svarbiausių įsitraukimo į studijas veiksnijų yra socialiniai kultūriniai veiksniai (t.y. aukštosios mokyklos istorija, kultūra, vertybės, bendravimas ir bendradarbiavimas tarp kolegų studentų, dėstytojų ir pan.) bei studijų turinys (studijų dalykai, studijų rezultatai, praktikos ir teorijos dermė ir pan.). Kaip mažiau svarbų veiksnį respondentai įvardino studijų organizavimo veiksnį bei mokymo/si aplinką. Žemiausiai buvo įvertintas mokymo/si aplinkos veiksnys. Galima daryti prielaidą, kad studentams yra užtikrinamos optimalios studijų ir mokymo/si aplinkos bei sąlygos, todėl jie tai traktuoja kaip jau esamą procesą, o ne kaip įsitraukimo į studijas veiksnį.

Kaip buvo minėta, apklausoje dalyvavo nuolatinė ir iššėtinių studijų studentai, todėl svarbu žinoti

skirtingų studijų formų studentų nuomonę apie įsitraukimo į studijas veiksnius.

Nuolatinių studijų studentai kaip labai svarbų ir svarbų veiksnį išskyrė socialinius kultūrinius veiksnius bei studijų turinį, mažiausiai svarbius – fizinės sąlygas ir mokymo/si aplinką. Išėstinių studijų studentai kaip svarbiausią įsitraukimo į studijas veiksnį pažymėjo studijų turinį bei studijų organizavimą. Mažiausiai svarbius – fizinės sąlygas bei mokymo/si aplinką.

Taigi apibendrinant galima teigti, kad studentų įsitraukimo į studijas veiksniai sudaro optimalias prielaidas studentų kompetencijų ir gebėjimų ugdymui/si bei į studentą orientuotos mokymosi aplinkos kūrimui.

Išvados

1. Pagrindiniai studentų įsitraukimo į mišriu būdu organizuojamas studijas veiksniai yra socialinis ir kultūrinis kontekstas, fizinės sąlygos, mokymo/si aplinka, studijų proceso organizavimas, studijų turinys.

2. Atlikto empirinio tyrimo pagrindu galima teigti, kad Kauno technikos kolegijos studentų nuomone, svarbiausi studentų įsitraukimo veiksniai yra socialiniai kultūriniai veiksniai (t.y. aukštosios mokyklos istorija, kultūra, vertybės, bendravimas ir bendradarbiavimas tarp kolegų studentų, dėstytojų ir pan.) bei studijų turinys (studijų dalykai, studijų rezultatai, praktikos ir teorijos dermė ir pan.); mažiau svarbius veiksniai yra fizinės sąlygos ir mokymo/si aplinka.

Literatūra

1. Bakonis E. (2020). Nuotolinis mokymas ar mokymo organizavimas nuotoliniu būdu? ŠMSM.
2. Buelow, J.R., Barry, T., & Rich, L.E. (2018). Supporting learning engagement with online students. *Online Learning*, 22(4), 313-340. doi:10.24059/olj.v22i4.1384
3. Bond, M., Buntins, K., Bedenlier, S., Zawacki-Richter, O., & Kerres, M. (2020). Mapping research in student engagement and educational technology in higher education: a systematic evidence map. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 17
4. Daukšienė, E., Trepulė, E., & Naujokaitienė, J. (2023). Towards Quality in Distance Education: The First Lessons Learned by Schools During COVID-19 Pandemics. *Pedagogika /Pedagogy*, 142(2), 5–23. <https://doi.org/10.15823/p.2021.142.1>
5. Europos aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatos ir gairės (2015). Patvirtintos Ministrų konferencijoje Jerevane. SKVC
6. Kahu, E. R. (2013). Framing student engagement in higher education. *Studies in Higher Education*, 38(5), 758–773. https://doi.org/10.1080/0307_5079.2011.598505.
7. Zepke, N.. (2019). Student engagement research 2010-2018: continuity and emergence (Version 1). *Advance*. <https://doi.org/10.31124/advance.7871984.v1>

FACTORS OF STUDENT ENGAGEMENT IN BLENDED STUDIES: OPINION OF KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJA (KTK) STUDENTS

Summary

Higher education institutions are looking for new forms of study that are attractive to students, but at the same time, they constantly monitor the engagement of students in the study process. The conducted research suggests insights that different factors determine students' engagement in blended studies. The aim of the article is to reveal the factors of students' engagement in blended studies using the KTK case analysis. The first part will discuss the theoretical factors of students' engagement in studies. On the basis of the theoretical analysis and the created theoretical research model, the theoretical indicators of the empirical research were distinguished. The second part of the article is devoted to an empirical study, the purpose of which is to reveal the students' opinion about the factors of engagement implementing blended studies at KTK.

The theoretical insights carried out allow us to state that the engagement of students in blended studies is a complex and integral phenomenon, in which the student's own efforts are primarily emphasized, while the social and cultural context, physical conditions, learning environment, organization of the study process, study curriculum are the factors that determine students' engagement in learning and studies.

In order to reveal the students' opinion about the factors of engagement in blended studies at KTK, a quantitative (method - written survey) methodology was used. The organization of the empirical study is based on the theoretical model of the factors of students' engagement in distance learning. According to the indicators of the model, a written survey - questionnaire was developed. The purpose of the study is to reveal the students' opinion about the factors of student engagement in blended studies. After conducting the research, it is possible to draw the following conclusions: the main factors of students' engagement in blended studies are the social and cultural context, physical conditions, learning environment, organization of the study process, study curriculum. According to the opinion of KTK students, the most important factors of student engagement are social and cultural factors (i.e., history, culture, values, communication and cooperation between fellow students, teachers, etc.) and study curriculum (study subjects, learning

outcomes, combination of practice and theory, etc.); less important factors are physical conditions and the learning environment.

Key words: Student engagement, Blended studies.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Giedrė Adomavičienė

Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų (edukologija) daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, Inžinerinių kompetencijų centro vadovė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: studijų proceso kokybės tyrimai, aukštojo mokslo didaktika.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61157620; el.paštas: giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Judita Štreimikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: studijų proceso kokybės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 18803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Giedrė Adomavičienė

Science degree and name: Social Sciences (Educology) Doctor, Associate Professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Head of Department for Commercialisation of Applied Research and Services

Author's research interests: Research of the Quality of the Study process, didactics of higher education

Telephone and e-mail address: 8 61157620; giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Judita Štreimikienė

Science degree and name: Master

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, lecturer.

Author's research interests: Research of the Quality of the Study process,

Telephone and e-mail address: 8 618 18803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

EDUKACINIŲ TECHNOLOGIJŲ SKIRTŲ PERSONALIZUOTAM MOKYMUI VERTINIMAS

Lina Girdauskienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Z ir A kartų ugdymas suponuoja personalizuoto ugdymo ir aktyvaus technologijų taikymo poreikį. Personalizuotas ugdymas yra iššūkius keliantis procesas, nes reikalauja skirtingų mokymo metodų rinkinių konfigūravimo. Taip pat labai svarbus yra ir edukacinių technologijų integravimas, atliepiant Z ir A kartų specifiškumą. Tad šio straipsnio tikslas yra įvertinti edukacines technologijas taikomas personalizuotam mokymui. Straipsnio tikslui pasiekti buvo atliktas kokybinis tyrimas, ekspertinis vertinimas. Tyrimo rezultatai parodė, kad personalizuotam ugdymui taikomos edukacinės technologijos yra vertinamos teigiamai.

Reikšminiai žodžiai: Z/A karta, personalizuotas mokymas, edukacinės technologijos.

Įvadas

Pasaulinė interaktyviojo edukacinių technologijų rinka sparčiai plečiasi. Jaunoji Z ir A karta yra technologijų karta, todėl edukacinių technologijų vartotojų rinka turi didelį potencialą: el. platformų, el. įrankių, edukacinių žaidimų ir kitų el. išteklių ir paslaugų bendrojo lavinimo sistemos ir neformaliojo ugdymo poreikis nuolat auga. Edukacinės technologijos sprendžia ne tik mokymo/mokymosi turinio klausimus, bet ir įsitraukimo, dėmesio išlaikymo, motyvacijos, studijų nutraukimo ir kritinio mąstymo klausimus (Kurt, 2015). Dar daugiau pasidaro reikšmingas personalizuotas mokymas, leidžiantis pasiekti geresnių mokymosi rezultatų, nes tokiu būdu sudaromi geriausi mokymo /mokymosi metodų rinkiniai. Tačiau tyrimų šioje srityje vis dar stokojama, tad **šio straipsnio tikslas** yra įvertinti edukacines technologijas taikant personalizuotą mokymą.

Straipsnio uždaviniai:

1. Apžvelgti edukacinių technologijų taikant personalizuotą mokymą problematiką.
2. Parengti kokybinio tyrimo metodiką.
3. Įvertinti edukacines technologijas taikant personalizuotą mokymą.

Straipsnis susideda iš anotacijos, reikšminių žodžių, teorinių išvalgų, metodikos, tyrimo rezultatų aptarimo ir išvadų.

Teorinės išvalgos

Pastaruoju metu daug dėmesio skiriant modernių ugdymo formų ir būdų paieškai, vis dažniau minima personalizacija ir mišri mokymosi (blended learning) koncepcija. Ši koncepcija integruoja tradicinius mokymosi metodus su mokymosi online, savarankišką mokymąsi ir mokymąsi su mokytoju, individualų bei komandinį mokymąsi. Visgi, nesant visuotinio sutarimo, koks turi būti mišraus mokymosi dizainas, keliamas klausimas kokius mokymosi metodus, būdus ir formas kokiomis proporcijomis integruoti siekiant geriausio žinių įsisavinimo. Šis tyrimų poreikis ypač aktualizuojasi vaikų ir jaunimo ugdymo kontekste. Tai sietina visų pirma su vaikų ir jaunimo, kaip tikslinės grupės, apimančios Z ir A kartas, specifika. Vaikams ir jaunimui būdingas nekantrumas, koncentracijos stoka, greitas susidomėjimo praradimas (Csobanka, 2016), jie yra individualistai, nepripažįstantys autoritetų, multi-atlikėjai, kūrybiški, tačiau sunkiai sutelkiantys dėmesį, emociškai nekompetentingi, pasižymintys „kilpiniu mąstymu“ (Csobanka, 2016, Nagy & Székely, 2012; Tari, 2011). Ypač pastarasis požymis, kai besimokantysis informaciją suvokia greičiau, bet mažais kiekiais, verčia permąstyti visą mokymosi ir ugdymo procesą. Tačiau reiktų atkreipti dėmesį į dar vieną Z kartos savybę - inovatyvumą (Savanevičienė ir kt., 2019), bei ypatingą mobiliųjų technologijų pomėgį (Statnickė ir kt., 2019), kurį reikia įvertinti Z kartos mokymosi procese (Schwieger ir Ladwig, 2018).

Kuriant mišria mokymosi koncepcija grįstas vaikų ir jaunimo ugdymo sistemas, būtina atsižvelgti į vieną iš svarbiausių, pasak Feuerstein et al. (2002), pažinimo funkcijų – ryšių tarp surinktų duomenų nustatymą. Kuo geriau besimokantysis duomenų apdorojimo metu nustato ryšius, tuo geriau jis įsisavina informaciją, ją prisimindamas ir taikydamas. Petry (2014) teigia, kad siekiant užtikrinti Z kartos atstovų mokymosi efektyvumą reikia skirti ypatingą dėmesį jų motyvacijai, efektyviems mokymo(si) metodams, naujoms mokytojų rolėms palaikančioms „nepriklausomą mokymąsi“ („independent learning“), skaitymą paliekant antroje vietoje, akcentuoti fizinį aktyvumą ir bendradarbiavimą. A karta, kuri jau mokosi tiek formaliai, tiek ir neformaliai, dar labiau akcentuoja mokymosi dėl linksmumo idėją (Franke, 2018). Todėl įvairiausių mokymosi formų, būdų ir metodų komplektavimas leidžia pritaikyti kiekvienam besimokančiajam labiausiai tinkamą mokymosi metodų rinkinį. Naujausios edukacinės technologijos tokios kaip mobilus mokymas ir skaitmeninės platformos, DI grįsta mokymosi aplinka, papildyta ir virtuali realybė, žaidybinimas, nešiojamos technologijos, automatizuotas vertinimas, adaptyvus mokymasis, debesų kompiuterija, socialinė

medija, blokų grandinės, video papildoma pagalba mokymo procese vis labiau įsitvirtina, leidžia personalizuoti mokymąsi ir tokiu būdu pasiekti geriausių rezultatų (Suk, 2023, Bui, 2020; Kurt, 2015). Žinoma, naujausių edukacinių technologijų taikymas kelia ir įvairių moralinių, teisinių ir etinių iššūkių, aukštų techninių reikalavimų įrangai, dizainui.

Tyrimo metodika

Tyrimui pasirinkta sukurta personalizuota išmani mokymosi platforma. Sistemą sudaro virtualios mokinių paskyrų valdymo modulis, mokymosi grupės ir mokymo medžiaga, grįžtamojo ryšio modulis, veiklų valdymo modulis, personalizacijos testas, kainodaros modulis, sąskaitų valdymo modulis, lankomumo stebėsenos modulis. Šios sistemos įvertinimui pritaikytas kokybinis tyrimas – eksperimentas, kuomet atrinkti kriterijus tenkinantys ekspertai (švietimo sistemos atstovai ir A/Z kartos atstovai) atlieka ekspertinį vertinimą pagal nustatytus parametrus. Vertinimas atliekamas taikant 4 balų Likerto balų skalę, kai 1- visiškai netinkama, 2 - netinkama, 3 – tinkama, 4 - labai tinkama. 1 lentelėje pateikiami vertinimo kriterijai.

1 lentelė

Tyrimo kriterijai

Kriterijų grupės nr.	Kriterijų grupė	Kriterijai	
1	Demografiniai duomenys	<u>Reikalavimai testuotojams:</u> Amžius Darbo patirtis Pareigos	<u>Reikalavimai patikimumui:</u> Minimum 10 eksperimentų Minimum 5 ekspertai Minimum 10 A/Z atstovų
2	Sistemos vertinimo kriterijai	<u>Turinys:</u> Mokymosi modulių funkcionalumas Mokymų metodų vertinimas įsitraukimo į mokymosi procesą aspektu	<u>Patogumas:</u> Sistemos paprastumas Sistemos pateikiamo grįžtamojo ryšio apie mokymosi pasiekimus vertinimas
3	Sistemos techniniai sprendiniai	Vizualizacija	Naršyklės Aplikacijų sąsajos

Parinkant ekspertus, buvo siekiama atliepti visus kriterijus – amžiaus, pareigų ir darbo patirties.

2 lentelė

Demografiniai ekspertų duomenys

Informanto kodas	Amžius	Pareigos	Darbo patirtis
I1	28	Mokytojas	5
I2	42	Mokytojas	12
I3	54	Mokytojas metodininkas	25
I4	30	Mokytojas	7
I5	62	Mokytojas metodininkas	32

Demografiniai informantų duomenys rodo, kad tyrime dalyvavo ir A, tiek ir Z kartų atstovai.

3 lentelė

Demografiniai A/Z kartos atstovų testuotojų duomenys

Testuotojo kodas	Amžius	Karta
T1	10	A
T2	10	A
T3	9	A
T4	12	Z
T5	9	A
T6	12	Z
T7	15	Z
T8	15	Z
T9	16	Z
T10	17	Z

Tyrimo rezultatai

Atlikto tyrimo rezultatai leido įvertinti edukacinių technologijų „švietimo sistemos kokybę turinio ir paprastumo naudotis (funkcionalumo, įsitraukimo į mokymąsi, paprastumo ir grįžtamojo ryšio apie mokymąsi) aspektu. Ekspertai visus šiuos kriterijus vertino gerai arba labai gerai.

Švietimo sistemos ekspertų sistemos testavimo rezultatai

Vertinimo kriterijus	T1	T2	T3	T4	T5
Mokymosi modulių funkcionalumo aspektu	4	4	3	4	4
Mokymų metodų vertinimas įsitraukimo į mokymosi procesą aspektu	4	4	3	4	3
Sistemos paprastumas	3	4	3	4	3
Sistemos pateikiamo grįžtamojo ryšio apie mokymosi pasiekimus vertinimas	4	4	3	4	4

A/Z kartos atstovai, vertindami sistemą, buvo šiek tiek skeptiškesni. Mokymosi modulių funkcionalumas, mokymo metodų vertinimas įsitraukimo į mokymosi procesą aspektu, sistemos paprastumas ekspertų buvo įvertintas net 2 kaip netinkamas: „T2:...mokymosi metodai labia įprasti, neįdomūs..sistema sudėtinga,“T7: ...moduliuose reikėtų daugiau video medžiagos, galimybės pasikonsultuoti su klasiokais..“

A/Z kartos atstovų sistemos testavimo rezultatai

Testuotojo kodas	Kriterijai			
	Mokymosi modulių funkcionalumas	Mokymų metodų vertinimas įsitraukimo į mokymosi procesą aspektu	Sistemos paprastumas	Sistemos grįžtamojo mokymosi vertinimas pateikiamo ryšio apie pasiekimus
T1	3	3	3	3
T2	3	2	2	3
T3	4	3	3	4
T4	3	3	3	4
T5	4	3	3	4
T6	3	4	3	4
T7	2	3	3	3
T8	3	4	4	3
T9	3	2	2	3
T10	3	4	3	4

Sistemos testavimas iš techninių sprendimų perspektyvos

Vertinant sistemą iš techninių sprendimų perspektyvos gauti rezultatai parodė, kad sistema sukonstruota tinkamai ir labai tinkamai: „...T5:Puikūs sprendimai, lengva naršyti, labai aiškiai viskas struktūruota..“ Geriausiai įvertintos naršyklės, gavusios „labai tinkamai“ įvertinimą iš visų ekspertų

Švietimo sistemos ekspertų sistemos techninių sprendinių testavimo rezultatai

Vertinimo kriterijus	T1	T2	T3	T4	T5
Vizualizacija	3	4	3	3	3
Naršyklės	4	4	4	4	4
Aplikacijų sąsajos	3	3	4	3	3

Labai panašią nuomonę turėjo ir A/Zkartos atstovai, vertindami sistemos techninių sprendinių kokybę.Visi trys kriterijai buvo įvertinti kaip tinkami arba labai tinkami.

A/Z kartos atstovų sistemos techninių sprendinių testavimo rezultatai

Testuotojo kodas	Kriterijai		
	Vizualizacija	Naršyklės	Aplikacijų sąsajos
T1	3	3	3
T2	3	4	3
T3	4	3	4
T4	3	3	4
T5	4	3	3
T6	3	4	3
T7	3	3	4
T8	4	3	4
T9	3	3	3
T10	3	4	3

Išvados

1. Atlikta mokslinės literatūros analizė leido apžvelgti edukacinių technologijų taikymo formuojant personalizuotą mokymąsi problematiką.

2. Parengta empirinio tyrimo metodika suponavo kokybinio tyrimo taikymą, apklausiant švietimo sistemos ekspertus ir A/Z kartos atstovus.

3. Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad sukurta personalizuota ir mišria mokymosi metodų koncepcija sistema atliepia besimokinančių poreikius ir yra vertinama teigiamai.

Literatūra

1. Csobanka, Z. E. (2016). Z Generation. Acta Technologica Dubnicae. Volume 6, 2016, Issue 2.
2. <https://elearningindustry.com/top-educational-technology-trends-2020-2021>
3. <https://educationaltechnology.net/educational-technology-an-overview/>
4. <https://www.hurix.com/trends-in-education-technology-that-will-have-a-major-impact/>
5. Nagy, Á., & Székely, L. (2012). The Basis And The Structure Of The Tertiary Socialisation Field And The "Youth-Affairs" As An Autonomous Area. Acta Technologica Dubnicae, 2(2), 1-18.
6. Petry, A. (2014). Our Digitals. Retrieved From: [Http://Http://Www.Anyanyelv-Pedagogia.Hu/Cikkek.Php?Id=432](http://Http://Www.Anyanyelv-Pedagogia.Hu/Cikkek.Php?Id=432)
7. Statnickė, G. (2020). Darbo aplinkos veiksnių poveikis skirtingų kartų darbuotojų įsitraukimui į darbą ir organizaciniam įsitraukimui. Daktaro Disertacija, Kaunas, Technologija.
8. Statnickė, G.; Savanevičienė, A.; Šakys, I. (2019). The Relationship Between Work Engagement Of Different Generations And Mobile Learning // Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis. Brno : Mendel University Press. 67(6),. 1627-1642.
9. Schwieger, D, Ladwig, Ch. (2018). Reaching And Retaining The Next Generation. Tari, A. (2011). Z Generation. Budapest: Tericum Könyvkiadó.

EVALUATION OF EDUCATIONAL TECHNOLOGIES FOR PERSONALIZED LEARNING

Summary

Generation Z and A education presupposes the need for personalized education and active use of technology. Personalized education is a challenging process, as it requires the configuration of different sets of teaching methods. The integration of educational technologies, responding to the specificity of generations Z and A, is also very important. Therefore, the purpose of this article is to evaluate educational technologies applied to personalized training. In order to achieve the goal of the article, a qualitative study and an expert assessment were conducted. The results of the study showed that educational technologies applied to personalized education are evaluated positively.

Key words: Z/A generation, personalized teaching, educational technologies

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Lina Girdauskienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmonių išteklių valdymas, žinių valdymas, kūrybinės industrijos, žaidybinimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 61806069, lina.girdauskiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Lina Girdauskienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences.

Author's research interests: human resource management, knowledge management, creative industries, gaming, management.

Telephone and e-mail address: 8 61806069, lina.girdauskiene@edu.ktk.lt

PEDAGOGŲ SKAITMENINĖS KOMPETENCIJOS SVARBA UGDYMO PROCESĖ

Romualdas Gedvilas
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Straipsnyje pristatomas skaitmeninio raštingumo ir pedagogų skaitmeninės kompetencijos teorinė apžvalga ir atlikto kiekybinio tyrimo rezultatai. Šiame straipsnyje buvo siekiama atskleisti skaitmeninio raštingumo svarbą ir pedagogų technologines kompetencijas, susijusias su jų taikymu ugdymo procese. Tyrimui atlikti taikyta anketinė apklausa, kuri buvo atliekama elektroniniu ir popieriniu būdu. Tyrime dalyvavo 124 respondentai (profesinio ugdymo pedagogai).

Respondentų atranka buvo atsitiktinė. Tyrimas atliktas laikantis etikos normų. Surinkti duomenys buvo anonimiški. Atsakymams taikytos ranginės skalės. Taikyti aprašomosios statistikos metodai: skaičiuoti dažniai ir procentai. Straipsnyje analizuojama tik dalis atlikto tyrimo rezultatų. Rezultatai buvo atrinkti atsižvelgiant į darbo tikslą. Taigi rezultatai yra ir diagnostiniai, ir taikomieji.

Teoriniai ir empiriniai tyrimo rezultatai pagrindžia skaitmeninio raštingumo kompetencijos svarbą pedagoginio darbo tikslams ugdymo procesuose. Tyrimo rezultatai išryškino daugumos respondentų siekį skaitmeninės kompetencijos gebėjimams tobulinti.

Reikšminiai žodžiai: Skaitmeninis raštingumas, skaitmeninė kompetencija, kompetencijos sritis, ugdymas.

Įvadas

Skaitmeninis raštingumas tapo neatsiejama kiekvieno pedagogo ugdymo proceso dalimi, taip pat jis neatsiejamas ir nuo pedagogo kompetencijos planuoti ir organizuoti pedagoginio darbo tikslus, nes skaitmenizacija liečia praktiškai visas darbo sritis, o kompiuterinis raštingumas yra vienas kertinių gebėjimų dabartiniame laikmetyje. Skaitmeninis raštingumas – tai viena iš kompetencijų, kuri apima gebėjimus patikimai ir kritiškai naudotis skaitmeninėmis technologijomis ieškant informacijos, bendraujant ir sprendžiant pagrindines problemas visose pedagoginės veiklos srityse, planuojant ugdymo procesą.

Tyrimo objektas – skaitmeninio raštingumo gebėjimai.

Tyrimo tikslas - atskleisti skaitmeninio raštingumo svarbą ir pedagogų technologines kompetencijas, susijusias su jų taikymu ugdymo procese. Iškeltam tikslui siekti suformuluoti šie uždaviniai:

- pagrįsti skaitmeninio raštingumo ir pedagogų skaitmeninės kompetencijos aktualumą;
- atskleisti pedagogų skaitmeninio raštingumo gebėjimus ir jų taikymą pedagoginio darbo tikslams pasiekti.

Tyrimo metodai:

- kritinė ir sisteminė mokslinės literatūros analizė ir interpretavimas;
- kiekybinio tyrimo tipas, anketinė apklausa.

Tyrimo dalyviai:

Tyrimo dalyvavo 124 profesinio ugdymo pedagogai. Respondentų atranka buvo atsitiktinė. Tyrimas atliktas laikantis etikos normų. Surinkti duomenys buvo anonimiški. Čia pateikti rezultatai yra tik dalis tyrimo. Rezultatai buvo atrinkti atsižvelgiant į darbo tikslą. Taigi rezultatai yra ir diagnostiniai, ir taikomieji.

Skaitmeninio raštingumo teorinė analizė

Mokslinėje terminijoje Skaitmeninis raštingumas apibūdinamas įvairiomis apibrėžtimis: skaitmeninė kompetencija, skaitmeniniai gebėjimai, skaitmeninės technologijos. Tai populiarūs terminai, kurių reikšmė ir svarbumas reiškia tokį patį veiksma: galimybė naudoti įvairias technologijas norint pilnavertiškai gyventi, mokytis ir dirbti skaitmeninėje visuomenėje dabar ir ateityje. Skaitmeninė kompetencija – tai gebėjimas naudotis skaitmeninėmis technologijomis užduotims atlikti, mokytis, problemoms spręsti, dirbti, bendrauti ir bendradarbiauti, valdyti informaciją, efektyviai, tinkamai, saugiai, kritiškai, savarankiškai ir etiškai kurti ir dalintis skaitmeniniu turiniu (Balvočius A., Lozdienė A., Žandaris A., 2021). Todėl pastarajame laike svarbus išplėstinis požiūris į skaitmeninį raštingumą ir pedagogų skaitmeninę kompetenciją. Kitaip tariant, nepakanka tik techninių skaitmeninio raštingumo gebėjimų, o pasisakoma už holistiškesnę ir platesnę sampratą, kurioje pripažįstama, kad vis sudėtingesnės žinios ir gebėjimai, kurių reikia besiuogdantiems asmenims, kad jie galėtų veikti etiškai, saugiai ir produktyviai įvairiose skaitmeninėse aplinkose (Falloon G., 2020).

Pedagogo skaitmeninis raštingumas pastebimas per jo profesinę pedagoginę veiklą, įsitraukimą į inovatyvumo paieškas ir jų taikymą mokymo turinyje. Skaitmeninis raštingumas pedagogams padeda sėkmingiau vystyti komunikaciją su besimokančiais (Balzarienė E., 2021). Tačiau kai kurių mokslininkų atlikti tyrimai rodo, kad besimokančiųjų skaitmeninių kompetencijų nustatymui galima kurti skaitmeninio raštingumo skales, o siekiant pagerinti asmenų raštingumą gali būti kuriamos skaitmeninių gebėjimų

tobulinimui intervencijos (Reddy P., Sharma B, Chaudhary K., 2020). Skaitmeninio raštingumo plėtojimas, atsižvelgiant į jo teigiamą įgyvendinimą mokymo ir mokymosi procesuose, yra toks pat svarbus kaip ir neigiamų bendro naujų medijų naudojimo aspektų žinojimas (Tomczyk Ł., 2020). Todėl, norint efektyviai suprasti ir naudoti informacinio raštingumo technologijas, būtinas pedagogams skaitmeninio raštingumo taikymo kompetentingumo lygmuo. Siekiant suprasti ir efektyviai taikyti skaitmeninio raštingumo gebėjimus būtina parodyti skaitmeninį raštingumą penkiose pagrindinėse srityse (1 pav.). (Europos pedagogų skaitmeninių kompetencijų sistema „DigCompEdu“, 2017):



1 pav. Skaitmeninio raštingumo kompetencijos sritys
Šaltinis: sudaryta autoriaus pgl. Skaitmeninės kompetencijos sandara, 2017

1 kompetencijos sritis: informacijos ir duomenų naudojimo raštingumas. Tai svarbios žinios, kaip rasti patikimą informaciją ir naudoti šaltinius vartojimui. Svarbus gebėjimų demonstravimas identifikuojant, vertinant ir filtruojant skaitmeninę informaciją.

2 kompetencijos sritis: bendravimas ir bendradarbiavimas skaitmeninėje aplinkoje, dalijimasis ištekliais internete, ryšio su kitais palaikymas ir bendradarbiavimas naudojant skaitmenines priemones, dalyvavimas bendruomenės ir tinklų kūrimo veiklose, suvokiant tarpkultūrinius ypatumus. Kadangi didžioji dalis darbo ir mokymosi atliekama skaitmeniniu būdu, svarbu gebėti naudotis įvairiomis skaitmeninėmis priemonėmis, kurios padeda vystyti komunikaciją su kitais.

3 kompetencijos sritis: mokymosi turinio kūrimas, taikant skaitmenines technologijas. Į šią sritį įsikomponuoja visas skaitmeninio turinio kūrimas (nuo tekstų iki vaizdo ir garso), naudojant ir įtraukiant kūrybines išraiškas ir programavimą, taikant intelektinės nuosavybės teises ir licencijas. Tai apima originalaus turinio ar idėjų įkėlimą į skaitmenines platformas ("Instagram", "YouTube" ir kt.).

4 kompetencijos sritis: saugus skaitmeninių technologijų naudojimas, kuris apima asmens duomenų ir skaitmeninių tapatybių apsaugą. Todėl būtinas saugumo priemonių skaitmeninės tapatybės išmanymas, ir jų saugus bei tvarus skaitmeninių technologijų naudojimas.

5 kompetencijos sritis: problemų sprendimas, naudojant skaitmenines priemones. Šią kompetencijos sritį apima gebėjimas nustatyti skaitmeninius poreikius ir išteklius, priimti pagrįstus sprendimus dėl tinkamiausių skaitmeninių sprendimų tikslui ar poreikiams patenkinti, sprendžiant konceptualias problemas skaitmeniniu būdu. Taip pat gebėti atnaujinti savo problemų sprendimo įgūdžius, kūrybiškai naudojant skaitmenines priemones. (Skaitmeninės kompetencijos sandara, 2017. https://www.nsa.smm.lt/wp-content/uploads/2020/10/DigComp_2.1_translation_LT.pdf)

Gebėjimas prisitaikyti prie pokyčių yra neatsiejama darbo su skaitmeninėmis technologijomis dalis. Aiškinantis skaitmeninio raštingumo aktualiją ir kokybiško prieinamumo klausimą, Europos komisijos skaitmeninio raštingumo veiksmų plane (2021–2027 m.) numatyti du prioritetai: Skatinti efektyvios skaitmeninės švietimo ekosistemos plėtrą ir gerinti skaitmeninei pertvarkai būtinus skaitmeninius įgūdžius ir gebėjimus. Digital education action plan (2021–2027 m.). Pirmuoju prioritetu grindžiama: gerinti skaitmeninio švietimo veiksmus, taikyti mišriojo mokymosi metodus, nuolat atnaujinti skaitmeninio švietimo turinį bei įrangą, etiška suvokti dirbtinio intelekto naudojimą ugdymo procesuose. Antruoju prioritetu siekiama parengti skaitmeninio raštingumo bendras gaires pedagogams, atnaujinant Europos skaitmenines programas, sukuriant Europos skaitmeninių įgūdžių sertifikata, taikant skaitmeninių galimybių stažuotes, sukuriant STEM platformas. EK įsipareigoja remti abi prioritetines sritis, įsteigiant Europos skaitmeninio švietimo centrą, kuris

ES lygmeniu stiprins bendradarbiavimą ir mainus skaitmeninio švietimo srityje. <https://education.ec.europa.eu/lt/focus-topics/digital-education/action-plan>.

Skaitmeninio raštingumo kompetencija tapo būtina, norint orientuotis nuolat besivystančiame pasaulyje. Kaip teigia autoriai, kad nepakanka švietimo programų ir kursų, kuriuose pedagogams būtų pristatomi praktiniai pavyzdžiai, kaip šiuolaikinė interaktyviosios skaitmeninės technologijos gali būti naudojamos mokant tam tikrus praktinius dalykus, be to pedagogams jau nepakanka didaktinių priemonių ugdyme. (Záhorec J. Hašková A., Munk M., 2019).

Svarbu akcentuoti, kad Skaitmeninio raštingumo gebėjimų raiška grindžiama keturiais pagrindiniais principais: supratimu, kūryba, tarpusavio priklausomybe ir socialiniais veiksniais.

Supratimas. Žmogus geba iš skaitmeninio raštingumo išgauti skaitmeninės informacijos prasmę.

Kūryba. Šį įgūdį galite išsiugdyti, kai įgysite daugiau pasitikėjimo kuruojant internetinį turinį - atrandant, saugant ir rūšiuojant turinį.

Tarpusavio priklausomybė. Vienas iš skaitmeninės informacijos privalumų yra tas, kad ji gali būti susieta su kitais šaltiniais. Skaitmeninio raštingumo specialistai supranta šią tarpusavio priklausomybę ir sąsajas tarp duomenų, turinio ir platformų.

Socialiniai veiksniai. Tai reiškia, kad reikia suprasti internetinių bendruomenių kūrimo poveikį ir asmeninio atsparumo bei savisaugos stiprinimą (What is digital literacy and why is it important?, 2022).

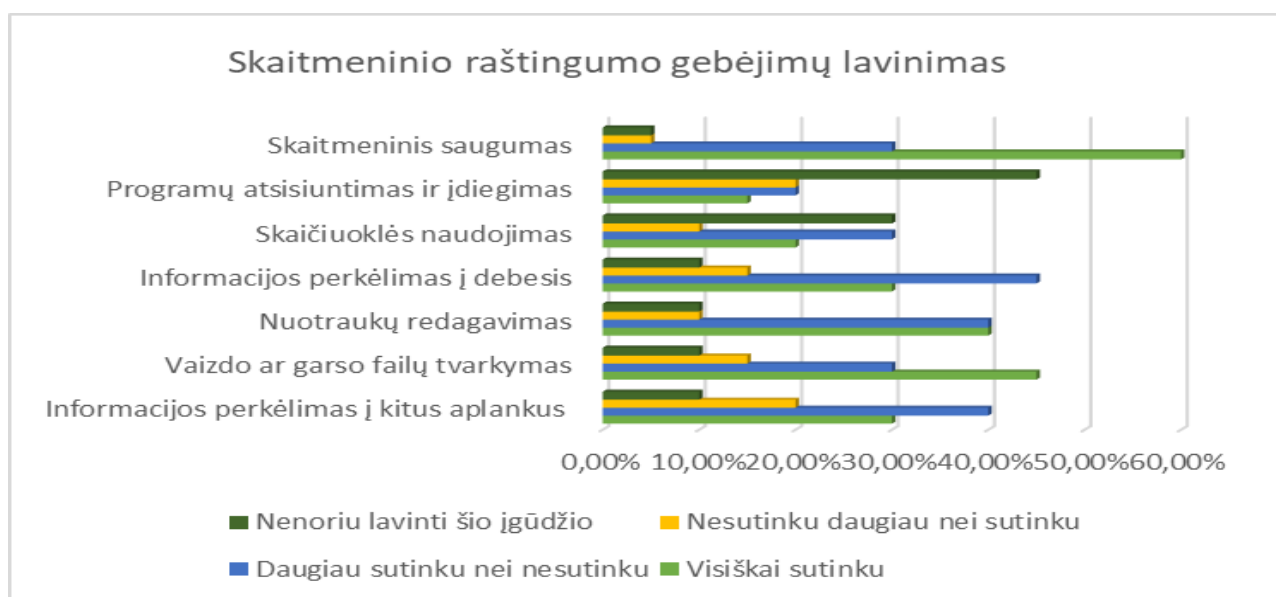
Pedagogų skaitmeninio raštingumo gebėjimų tyrimo rezultatai

Šiuolaikinėje skaitmeninėje visuomenėje žmonių gebėjimas įgyti įvairias skaitmenines kompetencijas yra ne tik privalumas, bet ir reikmė, siekiant skaitmeninės kompetencijos ugdymo procese. Klausiant respondentų, kuriuos iš minėtų gebėjimų labiausiai norėtumėte lavinti, atsakymuose pateikiamas ryškus vaizdas apie skaitmenines galimybes, kurios laikomos svarbiausiomis įvairiose situacijose.

Skaitmeninis saugumas apima saugų naudojimąsi skaitmeninėmis technologijomis, asmens duomenų bei privatumo saugą skaitmeninėje erdvėje, tinkamą skaitmeninių technologijų naudojimą siekiant saugoti aplinką, skaitmeninių prietaisų bei informacinių sistemų saugą. Šiuose tyrimo rezultatuose skaitmeninis saugumas yra pirmaujanti sritis iš norimų lavinti gebėjimų. Iš viso 60 % atsakiusiųjų respondentų, rodo norą sužinoti apie rizikas internete ir turėti praktinių žinių informacijai apsaugoti. Kad šį gebėjimą būtina lavinti, daugiau sutinka nei nesutinka respondentų, o tai aiškiai rodo esminį respondentų poreikį apsaugoti duomenų vientisumą ir asmeninį privatumą bendraujant skaitmeninėje erdvėje.

Vaizdo ar garso failų tvarkymas aktualus 45 % atsakiusiųjų respondentų, o tai rodo, kad daugialypės terpės vaidmuo komunikacijoje, informacijos sklaidoje ir turinio kūrime vis labiau pripažįstamas.

Nuotraukų redagavimas nors ir ne aukščiausias, tačiau visiškai sutinka 40 % respondentų, o tai rodo į vizualinę kultūrą, kurioje manipuliavimas ir vaizdų tobulinimas vis labiau tampa įprastais gebėjimais asmeninėje ir profesinėje srityse (2 pav.).

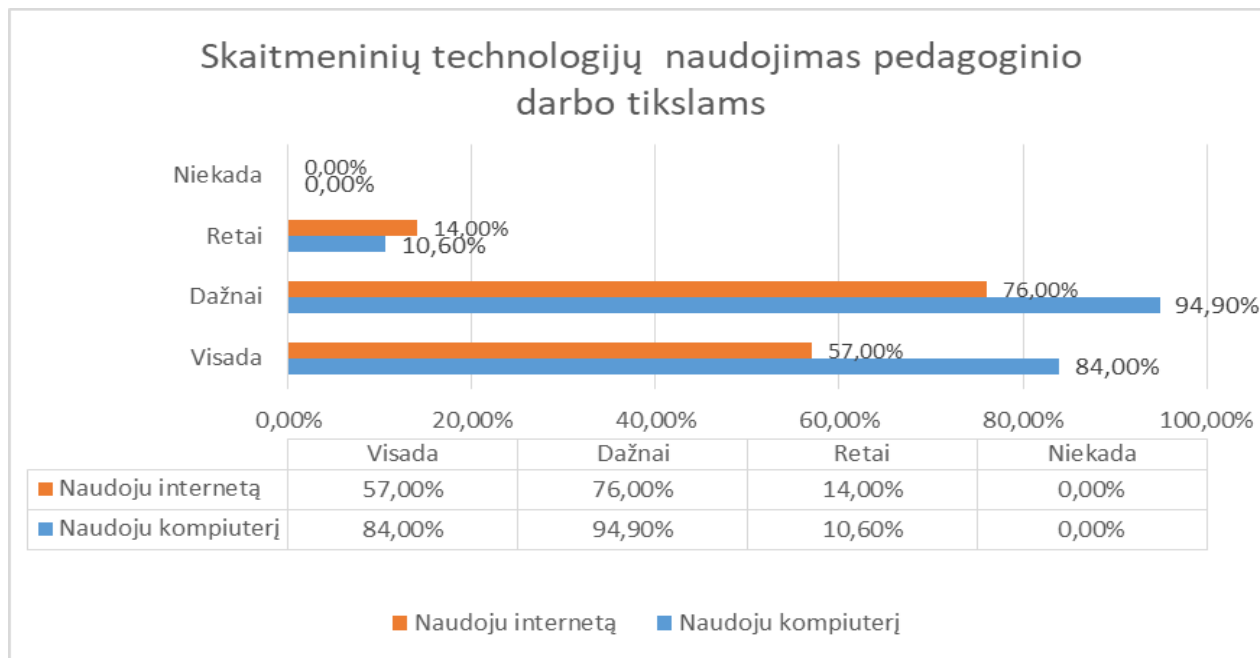


2 pav. Skaitmeninio raštingumo gebėjimų lavinimas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Apie kompiuterio ir interneto naudojimą pedagoginio darbo tikslams - rezultatai pasiskirsto įvairiai.

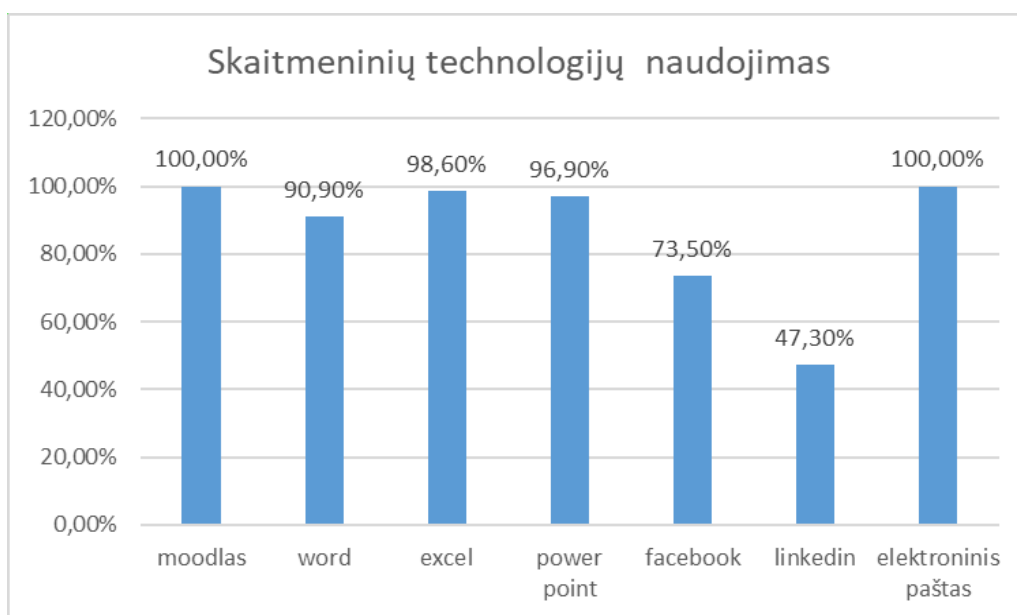
Kompiuterio ir Interneto naudojimas. Kompiuterio ir interneto naudojimas taip pat rodo su dėmesį atkreipiančiais rezultatais: 84% respondentų kompiuterį naudoja visada ir 94,90 % dažnai, o Internetą iš tyrimo dalyvių 76 % dažnai ir 57% visada. Gauti rezultatai atskleidžia, kad didesnė dauguma pedagogų atitinka šiuolaikinio skaitmeninio laikmečio pobūdį ir yra inovatyvūs planuodami pedagoginio darbo tikslus. Šie gebėjimai yra pagrindiniai šiandienos technologijų aplinkos ramsčiai, būtini norint sklandžiai atlikti kasdienes profesines užduotis ir asmeninę veiklą (3 pav.).



3 pav. Kompiuterio ir Interneto naudojimas pedagoginio darbo tikslams

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Visi apklausoje dalyvavę respondentai, teigia savo darbe naudojantys Microsoft Office programinį paketą. Kaip ir kokiems tikslams dalyviai naudoja, rezultatai pasiskirstė įvairiai: komunikacijos vystymui elektroninį paštą naudoja absoliučiai visi 100%, kai tuo tarpu facebook 73,50% apklaustųjų, tačiau dalis tiriamųjų bendravimo ir bendradarbiavimo vystymui naudoja linkedin 47,30%. Rezultatai rodo, kad pedagogai skaitmenines technologijas (power point- 96,90%, exce-98,60%, ir word- 90,90%,) intensyviai naudoja pedagoginio proceso vystymui: absoliučiai visi respondentai naudoja moodle sistemą (100%) (4 pav.).



4 pav. Skaitmeninių technologijų naudojimas

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Apibendrinant galima teigti, kad dažniausiai minėtas skaitmenines technologijas respondentai naudoja informacijos paieškai, sisteminiui ir dalinimuisi su kitais. Taip pat galima pabrėžti, kad per covid 19 pandemijos laikotarpį išmokti gebėjimai yra intensyviai taikomi pedagoginio darbo procesuose.

IŠVADOS

Dėl skaitmeninės revoliucijos skaitmeninis raštingumas tapo esmine kompetencija visose veiklos srityse, vis daugiau dėmesio skiriant kibernetiniam saugumui, duomenų valdymui ir skaitmeninės komunikacijos priemonėms. Skaitmeninio raštingumo kompetencijos įgijimas tampa viena iš prioritetinių Europos Sąjungos užimtumo politikos sričių.

Gauti rezultatai rodo, kad būtinas nuolatinis pedagogų skaitmeninių kompetencijų lavinimas, kuris skatintų nuolat atnaujinti skaitmeninio raštingumo gebėjimus. Tai galėtų užtikrinti visapusišką skaitmeninių gebėjimų rinkinį, kuris įgalintų pedagogus efektyviai naudoti savo darbo laiką ir gauti maksimalų rezultatą.

Pagrindinis dėmesys gali būti skiriamas skaitmeninei saugai, kompiuterių naudojimui ir mobiliųjų įrenginių naudojimo įgūdžiams lavinti. Platesnis požiūris į skaitmeninį raštingumą neabejotinai apimtų daugialypės terpės valdymo, ugdymo turinio kūrimo, vaizdo ar garso failų tvarkymo, informacijos perkėlimo į debesį ar kitus aplankus, bei kitus gebėjimus. Todėl skaitmeninio raštingumo mokymasis turėtų apimti pagrindinius skaitmeninių technologijų gebėjimus, kibernetinio saugumo supratimą ir pažangių skaitmeninių įrankių naudojimo įgūdžius.

Atlikto kiekybinio tyrimo rezultatai atskleidė, kad stiprioji pedagogų gebėjimų pusė yra skaitmeninių technologijų naudojimas pedagoginio darbo tikslams.

LITERATŪRA

1. Balvočius A., Lozdienė A., Žandaris A. (2021). Skaitmeninė kompetencija. Prieiga per internetą: <https://www.mokykla2030.lt/wp-content/uploads/2021/11/SKAITMENINE%CC%87-KOMPETENCIJA-2021-11-03.pdf>
2. Balzarienė, E. (2021). Skaitmeninio mokytojo kompetentingumo įtaka lyderystei klasėje. Holistinis mokymasis, 2021, nr. 5, p. 27-33.
3. Europos pedagogų skaitmeninių kompetencijų sistema „DigCompEdu“. (2017). Europos Komisijos mokslinių tyrimų padalinys, 2017 [žiūrėta 2020 m. rugsėjo 26 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.upc.smm.lt/naujienos/dokumentai/digcompedu-lt/DigCompEdu-LT.pdf>
4. Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: the teacher digital competency (TDC) framework. *Education Tech Research Dev* **68**, 2449–2472 (2020). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>
5. Nacionalinė švietimo agentūra. Pristatoma projekto „Skaitmeninės švietimo transformacijos („EdTech“)“ skaitmeninių kompetencijų programa. Nacionalinė švietimo agentūra [interaktyvus]. 2022 [žiūrėta 2022 m. balandžio 26 d.]. Prieiga per internetą: <https://www.nsa.smm.lt/2022/04/20/pristatoma-projekto-skaitmenines-svietimotransformacijos-edtech-skaitmeniniu-kompetenciju-programa/>
6. Reddy P., Sharma B, Chaudhary K. (2020). Digital Literacy: A Review of Literature. *International Journal of Technoethics (IJT)* 11(2) Copyright: © 2020 |Pages: 30 DOI: 10.4018/IJT.20200701.oa. Prieiga per internetą: <https://www.igi-global.com/article/digital-literacy/258971>
7. Tomczyk Ł. (2020). Skills in the area of digital safety as a key component of digital literacy among teachers. *Educ Inf Technol* **25**, 471–486 (2020). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1007/s10639-019-09980-6>
8. .Záhorec J. Hašková A., Munk M. (2019). Teachers' Professional Digital Literacy Skills and Their Upgrade. Published in the Slovak Republic *European Journal of Contemporary Education* E-ISSN 2305-6746 2019, 8(2): 378-393 DOI: 10.13187/ejced.2019.2.378 Prieiga per internetą: www.ejournal1.com
9. What is digital literacy and why is it important? (2022). Prieiga per internetą: <https://potomac.edu/what-is-digital-literacy/>

THE IMPORTANCE OF DIGITAL COMPETENCE OF TEACHERS IN THE EDUCATIONAL PROCESS

Summary

The paper presents a theoretical overview of digital literacy and digital competence of educators and the results of a quantitative study. The aim of this paper was to reveal the importance of digital literacy and the technological competences of educators in relation to their application in the educational process. The research was carried out by means of a questionnaire survey, which was carried out electronically and on paper. 124 respondents took part in the survey.

The selection of respondents was random. The study was carried out in accordance with ethical standards. The data collected was anonymous. Manual scales were used for the responses. Descriptive statistical methods were used: frequencies and percentages were calculated. The paper analyses only part of the results of the study. The results were selected according to the purpose of the work. The results are thus both diagnostic and applied.

The theoretical and empirical results of the research substantiate the importance of digital literacy competence for the goals of pedagogical work in educational processes. The results of the study highlighted the majority of respondents' aspirations for the development of digital competence skills.

Key words: Digital literacy, digital competence, competence area, education.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Romualdas Gedvilas

Mokslo laipsnis ir vardas: Magistras. Lektorius.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija, studijų programos Medžiagų apdirbimo inžinerija lektorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: metalo apdirbimo technologijos, darbo sauga.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 67412940, gedromas@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Romualdas Gedvilas

Science degree and name: Master. Lecturer.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, lecturer of the Materials Processing Engineering study program.

Author's research interests: metal processing technologies, work safety.

Telephone and e-mail address: 8 67412940, gedromas@gmail.com

INŽINERINIŲ STUDIJŲ STUDENTŲ MOKYMOSI MOTYVACIJOS ANALIZĖ

Audrius Čereška^{1,2}, Svetlana Toropovienė², Roma Aleknieė²

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

Anotacija

Mokymosi motyvacija - viena iš svarbių ir aktualių edukacinių problemų. Motyvacijos tyrimai svarbūs, nes padeda atskleisti motyvus, lemiančius besimokančiųjų motyvaciją. Dėstytojams svarbu žinoti studentų motyvacijos veiksnius, kad būtų galima taikyti atitinkamas mokymosi strategijas. Šiame straipsnyje pateikti inžinerinių studijų studentų mokymosi motyvacijos tyrimai, siekiant išsiaiškinti studentų mokymosi motyvaciją sąlygojančius veiksnius bei įvertinti studijuojančių studentų motyvaciją. Tyrimas susideda iš dviejų dalių: teorinės ir praktinės. Teorinė dalis apima mokslinės literatūros ir kitų šaltinių apie motyvaciją ir ją lemiančius veiksnius analizę. Praktiniam tyrimui buvo apklausti Vilniaus Gedimino technikos universiteto ir Vilniaus Technologijų ir Dizaino Kolegijos studentai. Apibendrinus gautus rezultatus, buvo išsiaiškinti studentų mokymąsi skatinantys ir mažinantys motyvai.

Reikšminiai žodžiai: mokymosi motyvacija, motyvacijos veiksniai, inžinerinės studijos, Vilniaus Gedimino technikos universitetas, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegija.

Įvadas

Lietuvos švietimo sistemos modernizavimas apima ne tik studijų kokybės gerinimo pokyčius, bet ir naujų švietimo rezultatų siekimą, kurie atitiktų švietimo standartų reikalavimus. Profesinių žinių, įgūdžių ir gebėjimų galima siekti tik esant teigiamam studentų požiūriui į edukacinę veiklą. Todėl vienas svarbiausių aukštųjų mokytojų institucijų tikslų yra motyvuotas studento asmenybės, gebančios gyventi ir dirbti dinamiškai besikeičiančioje aplinkoje ugdymas. Šiuo metu akcentuojamas poreikis kuo labiau atskleisti ir ugdyti besimokančiojo asmenybę, sukurti sąlygas studentų savirealizacijai, savęs tobulinimui, o taip pat ir absolventų gebėjimui prisitaikyti prie sparčiai besikeičiančios darbo rinkos ir visuomenės.

Šiuolaikinio aukštojo mokslo tendencijos ir jų raiška Lietuvos aukštajame moksle lemia studentų požiūrio į mokymąsi tyrimo aktualumą; kadangi, remiantis mokymosi visą gyvenimą paradigma, žmogus mokosi ne tik formaliai, bet ir neformaliai bei savaime (Teresevičienė 2001). Universitetų ir kolegijų studentų mokymosi veiklos motyvacijos problemą aktyviai tiria dėstytojai, psichologai, sociologai ir kitų sričių specialistai. Tačiau daugelis autorių konstatavę, kad mokymosi motyvacija yra vienas pačių svarbiausių mokymosi sėkmės ir su tuo susijusių darinių komponentas, nustatę sąlygas, galinčias susilpninti ar sustiprinti mokymosi motyvaciją, dažnai tuo ir apsiriboja (Jensen 1999). Mokymosi motyvacija ir motyvavimas mokytis gali būti įvardijami kaip pasaulinė edukacinė problema, todėl šios srities tyrimai visada aktualūs teoriniu, praktiniu ir lyginamuoju požiūriu (Brophy, Evertson 1976).

Studentų motyvacijos tyrimai yra ypač svarbūs, nes padeda atskleisti neigiamus motyvus, lemiančius besimokančiųjų motyvaciją. Aukštųjų mokyklų dėstytojams privalu žinoti studentų motyvacijos veiksnius, kad būtų galima taikyti atitinkamas mokymosi strategijas.

Uždaviniai – apibūdinti mokymosi motyvacijos reikšmę besimokančiajam, remiantis mokslinės literatūros ir kitų šaltinių analize, atskleisti studentų mokymąsi skatinančius ir mažinančius veiksnius. Įvertinti techninių specialybių studijų programose studijuojančių studentų motyvaciją.

Praktinė tyrimo reikšmė – galimybė plačiai naudoti jo rezultatus, tobulinant bet kurios aukštojo mokslo institucijos švietimo komponentus, formuoti tvarią studentų motyvacijos sistemą, įgyti žinių ir tuo remiantis pagerinti studijų kokybę VILNIUS TECH ir VTDK.

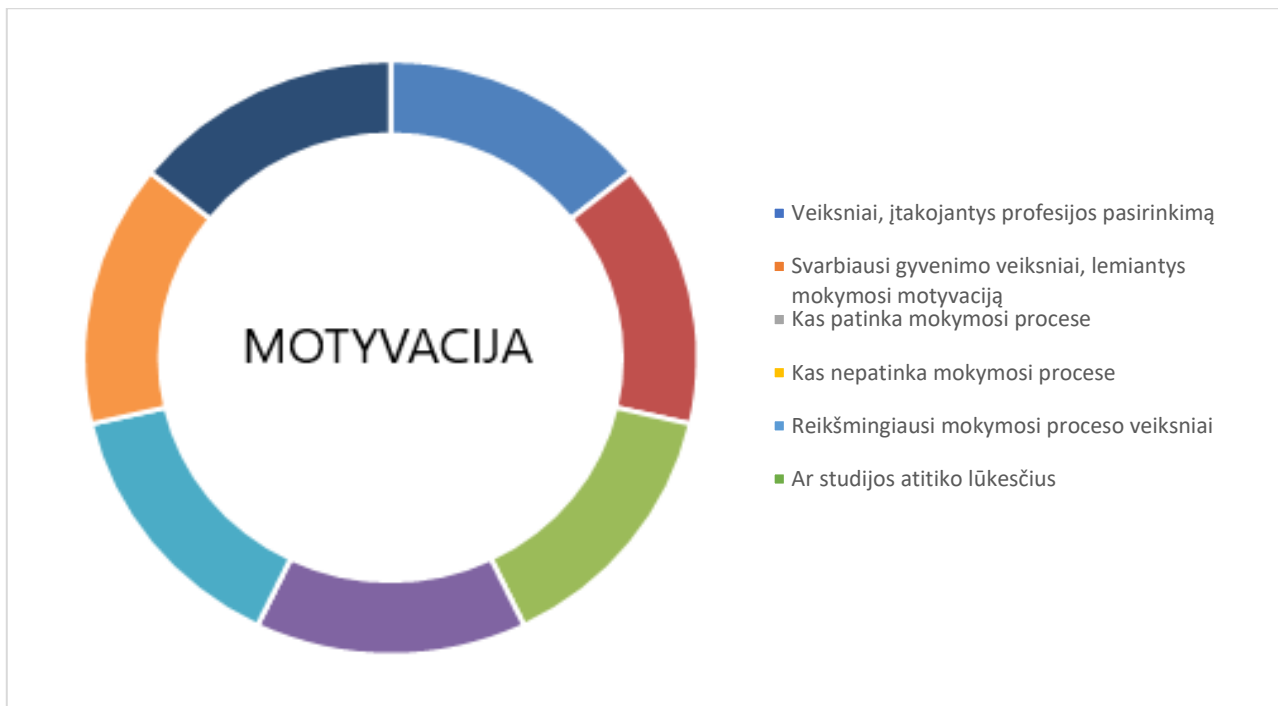
Tyrimo tikslas – išsiaiškinti Vilniaus Gedimino technikos universiteto, Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos techninių specialybių studijų programų studentų mokymosi motyvaciją sąlygojančius veiksnius.

Tyrimo metodas mokslinės literatūros analizė, anketinė apklausa, anketinių duomenų analizė.

Metodologija

Motyvacija kyla iš asmenybės bruožų, kurie yra įsitvirtinę giliai sąmonėje (McClellandas 1987). Studentų motyvacija ir metodologija yra svarbūs veiksniai, lemiantys studijų sėkmę ir tolesnę karjerą. Šie veiksniai yra labai susiję, nes tinkama metodologija gali padėti studentams išlaikyti motyvaciją ir geriau susitelkti į savo tikslus. Jei studentas supranta įgyjamų teorinių ir praktinių žinių reikšmę, tai labai skatina jo tolesnį mokymąsi (Beresnevičienė 1998).

Atliekant apklausą taikytos septynios motyvų grupės (1 pav.).



1 pav. Motyvų grupės

Atliekant studentų mokymosi motyvacijos tyrimą, atlikta anketinė apklausa, gautų tyrimo duomenų analizė, grafinių duomenų analizė, rezultatų interpretavimas ir apibendrinimas.

Motyvacija teoriniu aspektu

Motyvacijos sąvoka mokslinėje literatūroje neturi bendrai pripažintos sampratos. Pastebima, kad motyvacijos terminas dažniausiai vartojamas dviem prasmėmis:

- motyvacija, kaip elgesio priežastis, elgesio energijos šaltinis, kuris žmogų skatina veikti, teorinis konstruktas, vartojamas paaiškinti elgsenos priežastį, kryptingumą, intensyvumą ir pastovumą (Brophy 1998).
- motyvacija – procesas, skatinantis žmogų elgtis taip, kad būtų pasiekti jam svarbūs tikslai, patenkinti poreikiai, energija, kuri nukreipia elgesį viena ar kita linkme (Barkauskaitė, Motiejūnienė 2004).

Edukologai motyvaciją sieja su asmenybe bei įvairiais ugdymo procesui turinčiais įtakos veiksniais. Mokslininkai teigia, kad nėra vienos, viską apibrėžiančios mokymosi motyvacijos teorijos (Butkienė, Kepalaitė 1996).

Galima išskirti vidinius ir išorinius motyvacijos veiksnius. Vidinių veiksnių ištakos glūdi pačioje asmenybėje - tai poreikiai, vertybės, tikslai, siekiai, interesai, emocijos. Išoriniai veiksniai – stimulai yra išorinė aplinkybės. Vidinė ir išorinė motyvacija yra susijusios. Dispozicijos gali būti atnaujintos veikiant tam tikrai situacijai, o aktyvius tam tikras dispozicijas, subjektas keičia situacijos suvokimą. Vidinę motyvaciją sudaro meistriško siekis, noras dirbti bei lenktyniavimas. Nustatyta, kad vidinė motyvacija paprastai lemia didelius laimėjimus, ko negalima pasakyti apie išorinę motyvaciją (Myers 2000). Išorine motyvacija, pavyzdžiui, pagyrimais, paskatinimais galime informuoti studentus apie jų mokymąsi, įdomų darbą. Toks atlygis, kai informuojama apie veiklą, gerina vidinę motyvaciją ir stiprina kompetencijos jausmą. Be skirstymo į vidinę ir išorinę motyvaciją, sutinkama ir kitų motyvacijos rūšių. Pavyzdžiui, R. Jusienė ir A. Laurinavičius (Jusienė, Laurinavičius 2007) motyvaciją skirsto į nesąmoningą ir sąmoningą. Nesąmoninga motyvacija autoriai laiko tokią motyvaciją, kurios įtakotas žmogus elgiasi nesuvokdamas savo elgesio priežasčių. Tuo tarpu sąmoninga motyvacija, anot R. Jusienės ir A. Laurinavičiaus, būdinga tokiems žmonėms, kurie geba paaiškinti savo elgesio priežastis. Dažnai literatūroje sutinkamas ir pasiekimų motyvacijos terminas. Pasiekimų motyvacija suvokiama, kaip troškimas, orientuotas į įvairius ateities pasiekimus. Kita vertus, nėra paprasta apibrėžti pasiekimų motyvaciją, kadangi ji labai susijusi su mokymosi motyvacija, laimėjimų motyvacija bei ateities planais.

Pati galingiausia motyvacinė jėga yra nepatenkintas poreikis (Hargreaves 2008). Vystantis visuomenei, kiekviename etape atsiranda naujos žmonių kartos su vis kitais norais ir poreikiais. Motyvacijų teorijų yra daug ir visų teorijų ištakos yra susijusios su Maslow poreikių teorija, kuri yra pakankamai statiška ir skatina atkreipti dėmesį į žmogaus poreikius. Galima sakyti, kad žmogaus elgesys yra valdomas emocinio malonumo, fizinių ir psichologinių, diskomforto modelių. Pasak D. G. Myers (Myers 2000), motyvacija yra jėgos, kurios teikia energiją ir nukreipia elgesį. Kaip sudėtinį konstrukta, apibūdina H. Benesch (Benesch 2001), teigdamas, kad

motyvacija gali aiškinti: psichinį akstiną („kad“ kažkas pradeda vyksti), funkcinę kilmę („iš kur“ atsiranda postūmis ir „kur link“ jis veda) bei elgesio įvairovę („kodėl“ vienas reaguoja vienaip, kitas - kitaip). Stoškaus ir Beržinskienės (Stoškus ir Beržinskienė 2005) teigimu, svarbiausias motyvacijos šaltinis yra motyvas. Tos pačios mintys atsispindi skirtingų mokslininkų pateikiamose motyvacijos sampratos. L. Jovaiša teigia, kad „motyvacija – psichofiziologinis procesas, reguliuojantis asmenybės veiklą ir santykius su aplinka motyvų kaitos pagrindu“ (Jovaiša 2007). J. Laužikas (Laužikas 1974) mano, kad motyvacija siejasi su reguliuojančiomis psichinėmis savybėmis ir „asmenybės veiklą dažniausiai skatina visas motyvų kompleksas“, t. y. veikti skatina, tam tikrų poreikių visuma, troškimai, įsisąmoninti norai, interesai, polinkiai, vertybės, pažiūros, įsitikinimai, kartais jausmai ir emocijos arba charakterio bruožai. Kiekvienas poreikis savaime iškelia jo patenkinimo motyvus, kurie kreipia elgseną į tikslo siekimą.

Įvairių mokslininkų suformuluoti motyvacijos apibrėžimai leidžia prieiti išvados, kad mokslininkai, formuluodami motyvacijos apibrėžimą akcentuoja tris pagrindinius dalykus (Rheinberg 2000):

- žmogaus veiklos tikslingumą;
- pastangas;
- kryptingumą, siekiant užsibrėžtų tikslų.

Motyvacijos tyrimai, gvildinti užsienio mokslininkų darbuose (Jensen 1999; Pollard 2006), atskleidžia, kad mokinių motyvacijos gali neskatinti ir ta pati mokykla, jos sukurta mokymosi aplinka, mokymo būdai, namų aplinka. Kaip studentai suvokia mokymosi užduotis ar visą studijų kursą, lemia jų ankstesnė patirtis. Panašios tendencijos pastebimos ir Lietuvos mokyklose.

Motyvacijos sąvoka apibendrina žmogaus veiklą, tikslų siekius ir veiksmų įvairovę (Benesch 2002). Mokymosi motyvacija mažai kuo skiriasi nuo bendro motyvacijos apibrėžimo. Tai - vidinių mokymosi paskatų visuma ir jų sutelkimas mokymuisi. Mokymosi motyvacijai didelę reikšmę turi aplinka, socialinė padėtis, profesijos perspektyvos.

Mokymosi motyvacija orientuota į pažinimo atsaką, pavyzdžiui, studentų polinkio siekis bus prasmingas ir naudingas, kai akademinė veikla teiks naudos iš atliekamų veiklų (Santrock 2007). Studentai, kurie turi mokymosi motyvaciją, skirs ypatingą dėmesį paskaitoms, skaitytai medžiagai, todėl jie gali suprasti esmę ir sustiprinti įvairias mokymosi strategijas. Be to, studentai taip pat bus įtraukti į mokymosi veiklas, turės smalsumo ieškodami susijusių šaltinių tam tikra tema bei vykdydami paskirtas užduotis.

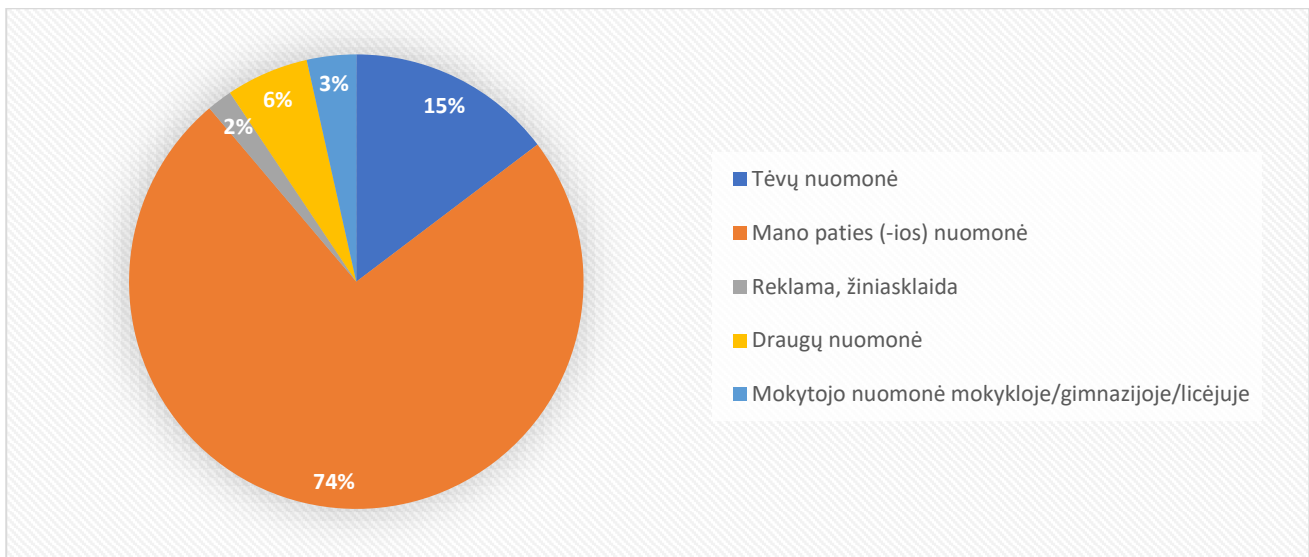
Nagrinęjant motyvacijos svarbą mokymosi, vokiečių psichologas Hansas Lowe motyvaciją laiko būtina mokymosi visą gyvenimą sąlyga bei prielaida. Perspektyva, mokymosi procesas yra neabejotinai nulemtas motyvacijos: joks mokymasis (išskyrus atsitiktinį mokymąsi) neįmanomas be motyvacijos. Iš Lietuvos perspektyvos, motyvacija yra svarbus veiksmus skatinantis veiksnys. Aukštųjų mokyklų pagrindinė paskirtis yra suteikti studentams galimybę tapti gerais savo srities specialistais. Tačiau šiam tikslui pasiekti ir įgyvendinti studentas turėtų turėti motyvaciją.

Anketinio tyrimo duomenų rezultatai ir analizė

Vilniaus Gedimino technikos universiteto Mechanikos fakultete ir Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos Technikos fakultete 2023 m., vasario-kovo mėn. buvo atlikta sociologinė studentų apklausa. Apklausoje buvo pateikta 12 klausimų. Anoniminė apklausa buvo atlikta tarp I-IV kurso studentų. Į klausimyną atsakė 161 studentas.

Ugdymo proceso efektyvumas, motyvacijos lygis, žinios ir individuali studentų sėkmė priklauso nuo mokyklinio lygio paruošimo. Tai yra svarbi grandis švietimo schemeje „mokykla – kolegija/universitetas“. Studentų stojimo balai leidžia daryti išvadą, kad prieš - kolegijinis/universitetinis studentų rengimas yra gana gero lygio, bet netgi ir tada kai įvertinimas buvo „Puikus“ ar „Geras“ tai negarantavo, kad studentai turi pakankamai žinių arba reikalingą lygį studijoms kolegijoje/universitete. Be to, patirtis rodo, kad mokykla nepakankamai moko studentus pradinių darbo su įvairiais šaltiniais įgūdžių, mokomosios literatūros citavimo principais, mokomosios medžiagos pristatymu įvairiais formatais. Todėl pirmakursiai studentai palaipsniui prisitaiko prie aukštojo mokslo akademinės veiklos, paskaitų sistemos ir specifinės profesinės medžiagos įsisavinimo. Tai sukelia sunkumų pirmakursių akademinėje veikloje, nesėkmes egzaminų sesijos metu bei studijų rezultatų nepasitenkinimo jausmą.

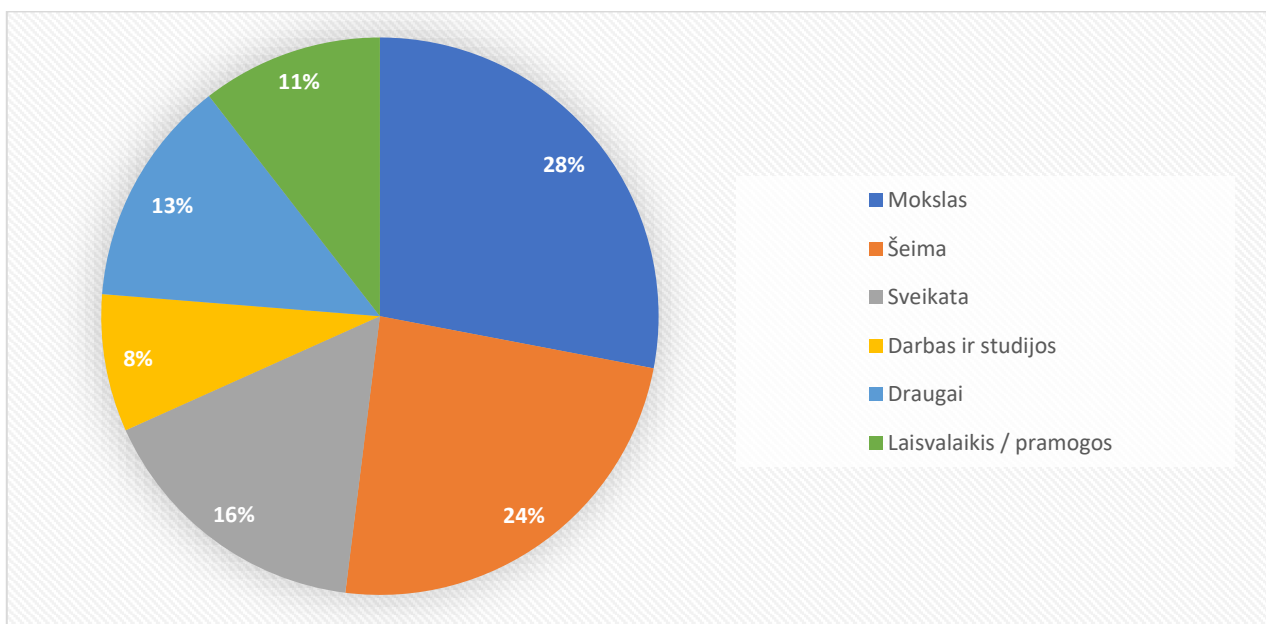
Šios problemos nustatymui ir gilesnei analizei reikalinga informacija, kuri buvo gauta iš studentų pirmakursių. Norint iširti veiksnys, turinčius įtakos profesijos ir mokymo krypties pasirinkimui, studentų buvo paprašyta atsakyti į klausimą: kas turėjo įtakos būsimos profesijos pasirinkimui? Respondentų atsakymai į šį klausimą pateikti 2 paveiksle.



2 pav. Veiksniai, įtakoiantys profesijos pasirinkimą

Gauti duomenys rodo pakankamą jaunų žmonių savarankiškumą ir jų veiksmų suvokimą renkantis specialybę. Motyvai, nulėmę techninės specialybės pasirinkimą: galimybė nemokamai studijuoti – 37,3 %, palanki kaina – 9,3 %, draugų ir artimųjų patarimai – 16,8 %. Teikiama studijų kokybė – 18,0 %, studijų programos unikalumas – 20,5 %, patogi universiteto vieta/padėtis – 16,1 %. Studijuojant įvairių kursų studentų atsakymus į klausimą „Kas jūsų gyvenime šiuo momentu yra svarbiausia? Leido mums padaryti išvadą, kad mokslas užima dominuojančią vietą studentų gyvenime – 56,5 %.

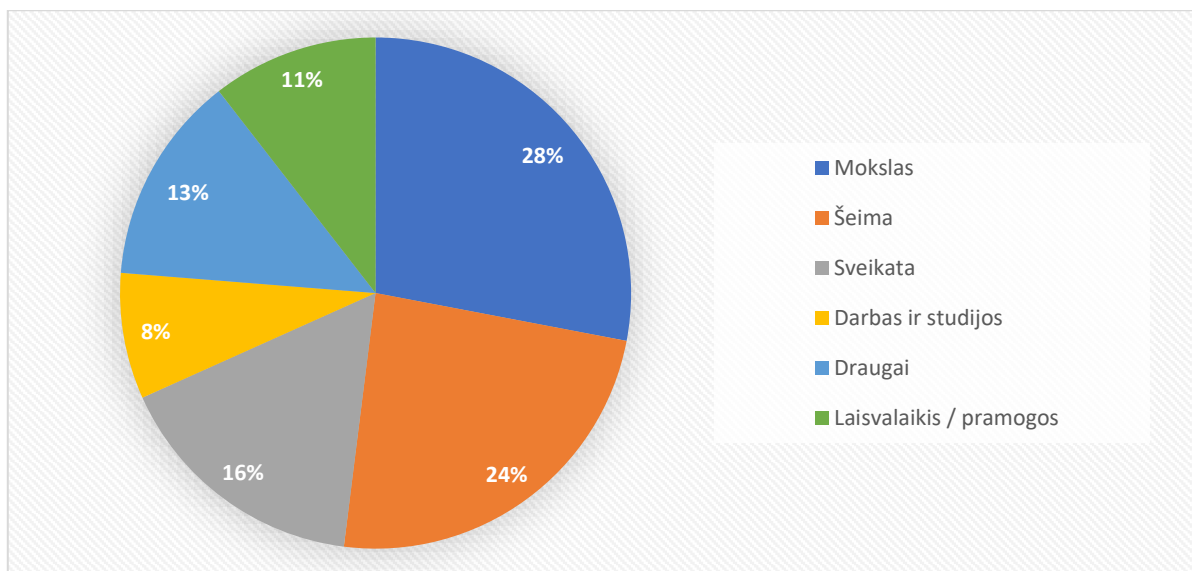
Antrąją vietą studentų gyvenimo prioritetuose užima šeima – 48,4 %. Sveikata yra svarbus faktorius, kuris taip pat lemia studentų motyvaciją, šiais laikais, jis sudaro 32,9 %. Draugų svarba sudaro – 26,7 %, pramogos 24,2 %, o darbas ir laisvalaikis 16,1 %. Rezultatai pateikti 3 paveiksle.



3 pav. Svarbiausi gyvenimo veiksniai, lemiantys studentų mokymosi motyvaciją

Studentams patinka mokytis, nes į klausimą „Ar jums patinka studijuoti?“ 67,1 % studentų atsakė „taip“, 7,5 % - „ne“ ir 21,7 % - buvo sunku atsakyti. Dauguma kolegijos studentų pažymėjo, kad jiems sėkmingai mokytis trukdo tingėjimas 41,0 %, žinių stoka 16,1 % ir laiko planavimo įgūdžių stoka 24,8 %, 36,0 % apklaustų studentų atsakė, kad jiems niekas netrukdo mokytis sėkmingai.

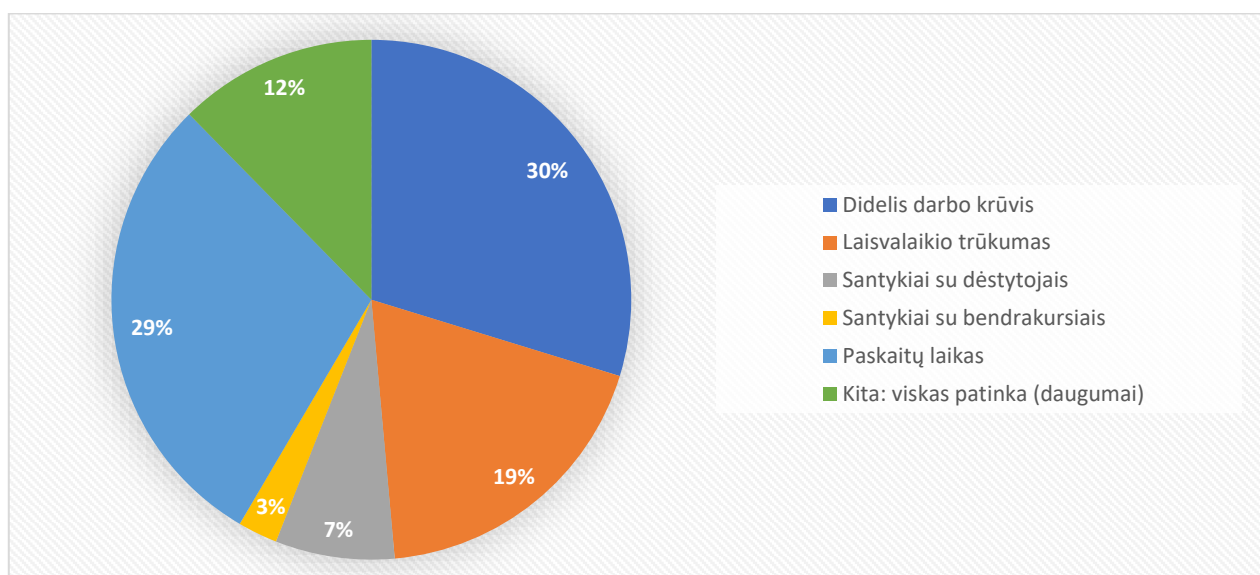
Visų veiksnių visuma daro įtaką studentų motyvacijai įgyti aukštąjį išsilavinimą. Studentų lūkesčiai mokytis gali didėti arba mažėti. Studentų atsakymai į klausimą „Kas jums patinka mokymosi procese?“ pateikti 4 pav.



4 pav. Kas patinka mokymosi procese

Labiausiai mokymo procese studentams patinka praktiniai užsiėmimai padedantys gilinti savo profesines žinias. Į klausimą „Kas jums patinka mokymosi procese?“ net 14,8 % studentų pažymėjo atsakymą „Kita“ ir pakomentavo taip: „Galimybė studijų metu bendrauti su kitų specialybių studentais“ arba „Dėstytojų požiūris į dėstomą dalyką“, tačiau didžioji dalis tik pažymėjo šį punktą, bet neparašė jokių komentarų.

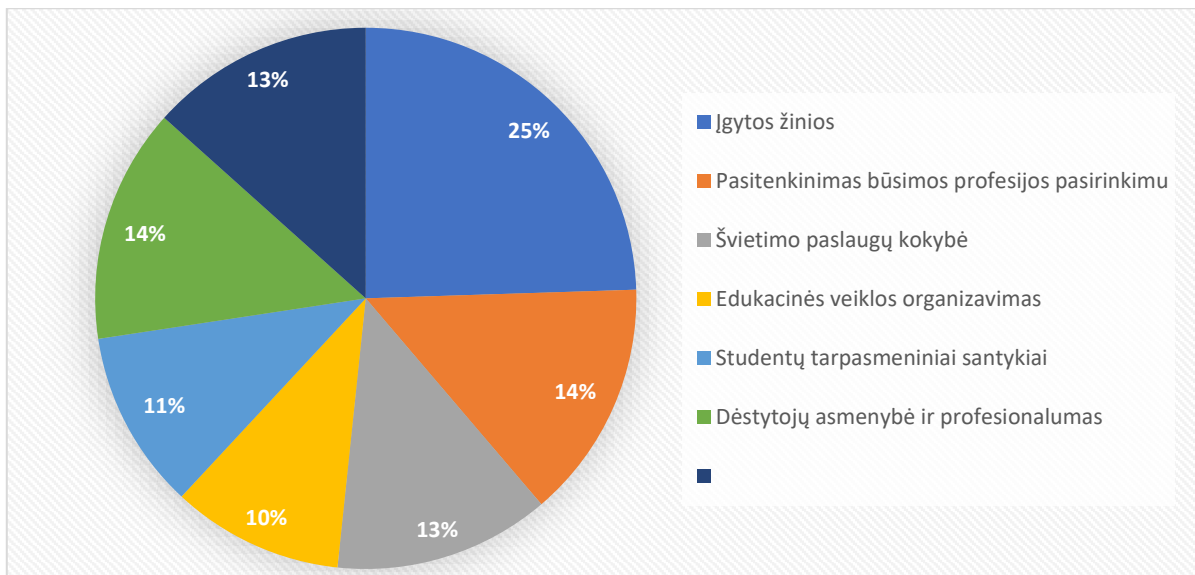
Studentų atsakymai į klausimą „Kas jums nepatinka studijų procese?“ pateikti 5 pav.



5 pav. Kas nepatinka mokymosi procese

Šie duomenys mums rodo, kad tokie veiksniai kaip neįprastai didelis darbo krūvis ir paskaitų laikas turi neigiamą poveikį kolegijos studentų motyvacijos formavimuisi. Nerimą kelia tai, kad dar pasitaiko problemų tarpasmeniniuose studentų santykiuose, studentų ir dėstytojų bendradarbiavime. Šių sąveikų derinimas yra svarbi aplinkybė, turinti įtakos bendram studentų pasitenkinimui būti kolegijos nariu, formuoti kolegijos įvaizdį ir konkurencingumą.

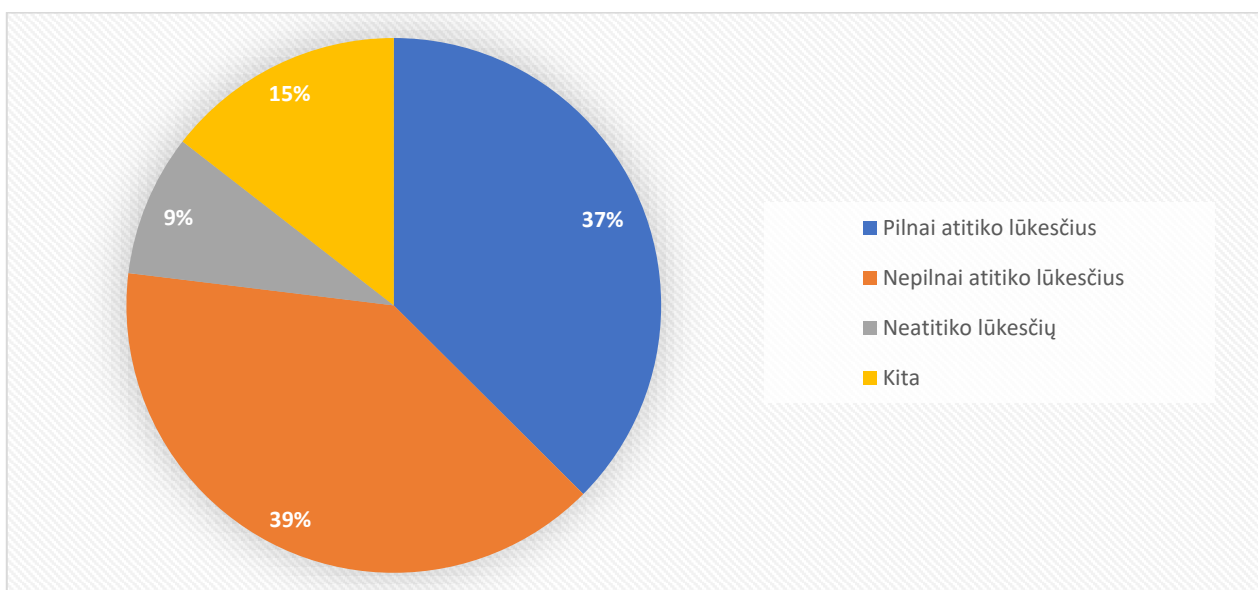
Apklausoje rezultatai (6 pav.) parodė, kad svarbiausi ir reikšmingiausi aukštosiose mokyklose yra studentų mokymo proceso veiksniai. Įgytos žinios svarbios net 68,3 % studentų.



6 pav. Reikšmingiausi mokymosi proceso veiksniai

Į klausimyno klausimus kaip studentai vertina studijų sąlygas ir aplinką (auditorijas, laboratorijas, materialinę bazę), studentų nuomonė pasiskirstė taip: 50,3 % studentų mano, kad aukštosiose mokyklose gera materialinė bazė, kad materialinė bazė labai gera pritaria 30,4 %; 6,8 % respondentams buvo sunku atsakyti į šį klausimą.

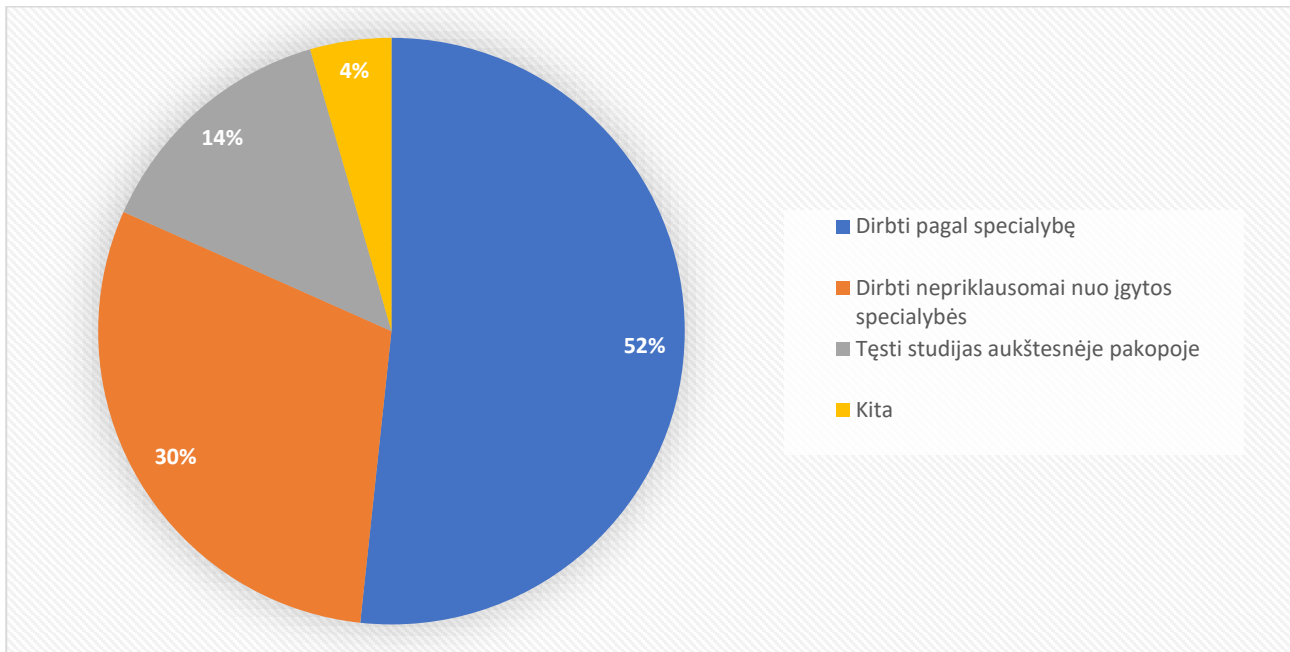
Atsakymo į klausimą „Ar studijos atitiko jūsų lūkesčius, kuriuos turėjote prieš įstojimą į VGTU ar VTDK?“, analizė leido nustatyti studentų studijų lūkesčius. Studentai pripažįsta, kad studijos atitiko lūkesčius prieš stojant į aukštąją mokyklą 72,7 %, neatitiko – 8,1 %; buvo sunku atsakyti – 13,7 %. Rezultatai grafiškai pavaizduoti 7 pav.



7 pav. Ar studijos atitiko lūkesčius

Kai kurių dėstytojų nuomone, studentų motyvacija mokytis priklauso tik nuo jų pačių valios, savybių ir noro įgyti žinių. Tačiau tai nėra visiškai tiesa. Kūrybingas, individualaus dėstytojo požiūris į darbo su studentais organizavimą gali ugdyti besimokančiųjų susidomėjimą mokymusi ir padidinti jų motyvaciją. Svarbiausias daugelio dėstytojų trūkumas yra mokytis teorinių žinių, be konkrečių praktinių pavyzdžių, kurių reikšmė dabartinei situacijai ir būsimai profesinei veiklai yra ypač svarbūs šiais laikais. Studentas įstoja į kolegiją gauti žinių, kurios leis jam tapti geru profesionalu savo profesijos srityje. Dėstytojas turi mokėti įrodyti studentams, kad jo tema tikrai bus naudinga būsimoje profesinėje veikloje. Jei tarp studento ir dėstytojo nėra jokio kontakto išskyrus minimalios paskaitos auditorijoje nėra ir kalbos apie studentų motyvaciją. Studentui labai svarbu, kad dėstytojas būtų jo mentorius, kartu lengviau ugdyti savo talentus ir siekti profesinių aukštumų, studentas gauna individualius patarimus, konsultacijas, pagalbą planuojant savo asmeninį

tobulėjimą. Į klausimą apie dėstytojo asmenybės ir kompetencijos įtaką jų motyvacijai, studentai pasirinko šį veiksnį kaip vieną svarbiausių (81,4 %). Pastaraisiais metais kolegijos absolventų užimtumo problema tampa ypač opi. Skirtingų specialybių darbuotojų paklausa didėja, darbdavių reikalavimai patirčiai auga, kurios jaunieji specialistai paprasčiausiai neturi. Kiek tokiomis sąlygoms studentai yra pasirengę? Ką jie planuoja veikti baigę studijas? Kokie yra darbo pasirinkimo motyvai? Ar jie mano, kad jie pasiruošę būsimajai profesinei karjerai? Atsakymų rezultatai į klausimą: „Kokie jūsų įsidarbinimo planai?“ pateikti 8 pav.



8 pav. Įsidarbinimo planai

Matoma, kad daugiau kaip pusė studentų planuoja dirbti pagal specialybę. Tai gera žinia, kadangi darbo rinkoje didžiausias trūkumas būtent techninių specialybių darbuotojų. Yra planuojančių dirbti ir artimoje studijuotai specialybei srityje, taip planuojančių 5,0 %.

Išvados

Šiuolaikinio studento gyvenime yra nemažai sunkumų. Vienas reikšmingiausių yra mokymosi veiklos motyvacijos didinimas. Daugeliui studentų reikia tam tikros pagalbos, palaikymo ir valios ugdymo, atsidavimo, savirealizacijos. Pagrindinis mokymosi motyvacijos didinimo uždavinys yra švietimo veiklos, kuri atskleistų vidinio studento asmenybės potencialą, organizavimas. Todėl pagrindinis dėmesys turi būti sutelktas į besimokančiojo sėkmės siekimo tikslingos veiklos organizavimą. Pagrindinis vaidmuo šiame procese tenka dėstytojui, kuris, naudodamas įvairius naujus mokymo metodus, formuotų tikslingą akademinę ir edukacinę studentų veiklą. Studijų kokybė priklauso ne tik nuo aukštosios mokyklos dėstytojų, bet ir nuo studentų požiūrio į studijas, aktyvumo, pažintinių interesų, vertybių sistemos, kokią asmeninę prasmę jie teikia mokymuisi. Galima teigti, kad atsakomybę už mokymąsi dažniausia lemia studentų mokymosi aukštojoje mokykloje motyvai ir ko jie siekia.

Tyrimu nustatyta, kad mokymasis yra specifinė protinė veikla, kurios pobūdį sąlygoja daugelis veiksnių tai: mokymo organizavimo, amžiaus, individualių savybių, studentų veiklos motyvų ir laikoma psichinė, fizinė žmogaus energija, nukreipta tam tikrai veiklai atlikti, tikslui pasiekti, ir kuo stipresnė motyvacija, tuo daugiau pasiekama.

Literatūra

1. Barkauskaitė, M., Motiejūnienė, E. (2004). Mokymosi motyvacijos problema ir jos sprendimo galimybės. Pedagogika, 70.
2. Benesch, H. (2001-2002). Psichologijos atlasas. Vilnius: Alma littera.
3. Brophy, J. E., Evertson, C. M. (1976). Learning from teaching a development perspective. Boston: Allyn and Bacon.
4. Beresnevičienė D. Universiteto misija nuolatinio mokymosi sistemoje // Ugdymo psichologija. Vilnius, 1998.
5. Butkienė, G., Kepalaitė, A. (1996) Mokymasis ir asmenybės brendimas. Vilnius: Margi raštai.
6. David C. McClelland, Human Motivation 1987.
7. Hargreaves, A. (2008). Mokymas žinių visuomenėje. Vilnius: Homo Liber
8. Jensen, E. (1999). Tobulas mokymas: daugiau kaip 1000 praktinių patarimų vaikų ir suaugusiųjų mokytojams.

Vilnius: AB OVO.

9. Jovaiša, L. (2007). Enciklopedinis edukologijos žodynas. Vilnius: Gimtasis žodis.
10. Jusienė, R., Laurinavičius, A. (2007). Psichologija. Vilnius: MRU.
11. Laužikas, J. (1974). Mokinių pažinimas ir mokymo diferencijavimas. Kaunas: Šviesa.
12. Maslow, A.H. (2006). Motyvacija ir asmenybė. Vilnius: Apostrofa.
13. Myers, D. (2000). Psichologija. Kaunas: Poligrafija ir informatika.
14. Pollard, A. (2006). Reflektyvusis mokymasis. Vilnius: Garnelis.
15. Rheinberg, F. (2000). Motivation. Stuttgart. Kohlhammer.
16. Santrock, J. W. (2007). Child development. Boston: McGraw Hill.
17. Stoškus, S., Beržinskienė, D. (2005) Vadyba. Kaunas: KTU Technologija.
18. Teresevičienė, M., (2001). Mokymosi visą gyvenimą edukologinės dimensijos. Kaunas:VDU.

ANALYSIS OF ENGINEERING STUDIES STUDENTS' LEARNING MOTIVATION

Summary

Learning motivation is one of the most important and relevant educational problems nowadays. Motivation research is important because it helps to reveal the motives that determine the motivation of learners. It is important for educators to know the motivation factors of students in order to apply appropriate learning strategies. This article presents research on the learning motivation of students of engineering studies in order to find out and evaluate the factors that determine their motivation. The study consists of two parts: theoretical and practical. The theoretical part includes the analysis of scientific literature and other sources about motivation and its determining factors. Students of Vilnius Gediminas Technical University (VGTU) and Vilnius College of Technologies and Design (VCTD) were interviewed for the practical research. After summarizing the obtained results, the factors which increase or decrease students' motivation were clarified.

Key words: learning motivation, motivation factors, engineering studies, Vilnius Gediminas Technical University, Vilnius College of Technologies and Design.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Audrius Čereška

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, profesorius

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus Gedimino technikos universiteto (VILNIUS TECH), Mechanikos fakulteto, Mechanikos ir medžiagų inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: mechaninių statinių ir dinaminių sistemų diagnostika ir monitoringas

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 606 90514, audrius.cereska@vilniustech.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Svetlana Toropovienė

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: užsienio kalbų dėstymo metodologija, techninė terminija, gretinamoji kalbotyra, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: +37067410954, s.toropoviene@vtdko.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Roma Alekniene

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Vilniaus technologijų ir dizaino kolegijos, Technikos fakulteto, Mechanikos inžinerijos katedros lektorė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: dalykinio bendravimo psichologija, taikomųjų tyrimų metodologija, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 610 64379, r.alekniene@vtdko.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Audrius Čereška

Science degree and name: doctor, professor

Workplace and position: Vilnius Gediminas Technical University (VILNIUS TECH), Faculty of Mechanics, Mechanical and Material Engineering Department Professor

Author's research interests: diagnostics and monitoring of static and dynamic mechanical systems

Telephone and e-mail address: +370 606 90514, audrius.cereska@vilniustech.lt

Author name, surname: Svetlana Toropovienė

Science degree and name: -

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering Lecturer

Author's research interests: foreign language teaching methodology, technical terminology, comparative linguistics, educology

Telephone and e-mail address: +37067410954, s.toropoviene@vtdko.lt

Author name, surname: Roma Alekniene

Science degree and name: -

Workplace and position: Vilnius College of Technologies and Design, Faculty of Technology, Department of Mechanical Engineering Lecturer

Author's research interests: subject communication psychology, applied research methodology, educology

Telephone and e-mail address: +370 610 64379, r.alekniene@vtdko.lt

KAUNO TECHNIKOS KOLEGIJOS ORGANIZACIJOS KLIMATO VERTINIMAS STUDENTŲ POŽIŪRIU

Kęstutis Vitkauskas, Jolita Bučelienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Bendraja prasme organizacijos klimatas - tai visuma veiksnių, įtakančių efektyvią organizacijos veiklą, jos produktyvumą, darbuotojų pasitenkinimą darbu, jų motyvaciją ir t.t. Organizacijų klimatas darbuotojų (studentų) suvokiamas, jaučiamas bei vertinamas kaip *palankus* arba *nepalankus*. Todėl kalbant apie palankų ar nepalankų organizacijos klimatą, svarbu žinoti, kaip vienas ar kitas iš jų pasireiškia organizacijoje.

Straipsnyje, remiantis moksline literatūra, analizuojamas organizacijos klimato tyrimas Kauno technikos kolegijoje. Remiantis studentų apklausos rezultatais, nagrinėjami žmogiškajai aplinkai įtakos turintys veiksniai: organizacinė struktūra ir vidinė komunikacija, vadovavimo ir lyderiavimo stilius, individo savęs identifikavimo organizacijoje laipsnis, poreikių patenkinimo galimybės, tarpasmeniniai santykiai ir t.t. Taip pat kaip vienas organizacijos klimato suvokimą įtakančių veiksnių - ištirtas studentų požiūris į paskaitų ir mokomosios praktikos kokybę.

Tyrimas atliktas anoniminio anketavimo būdu. Anketos analizės metodas – palyginti teiginio *svarbą* ir jo praktinį *atitikimą*, o esamą skirtumą tarp jų (jeigu teiginio *atitiktis* mažesnė už jo *svarbą*) santykinai vertinti kaip organizacijos klimato tam tikro aspekto problemą ir kaip vystymosi galimybių rezervą.

Tyrimas parodė, kad daugeliui studentų organizacijos klimatas yra priimtinas, tačiau atskiri jo aspektai tik iš dalies atitinka studentų lūkesčius, todėl turėtų būti gerinami.

Reikšminiai žodžiai: organizacijos klimatas, organizacinė elgsena, vidinė įstaigos komunikacija.

Įvadas

Aukštos kvalifikacijos inžinieriaus ugdymas – tai procesas, apimantis specialybės, techninių, etikos, psichologijos ir kitų mokslų studijas. Viena svarbiausių šio proceso sėkmės sąlygų – sukurti palankų organizacijos klimatą (straipsnyje organizacija suprantama kaip Kolegija, organizacijos darbuotojai – studentai.). Moksliniais tyrimais patvirtinta, kad organizacijos klimatas ir jos veiklos rezultatai yra glaudžiai susiję (Patterson, 2004:194; Schneider, 2002: 220). Net geri specialistai ir stipri techninė bazė negarantuos aukštojo išsilavinimo siekiančios asmenybės ugdymo sėkmės, jei pats studijų procesas vyks esant nepalankiam organizacijos klimatui (Vitkauskas, 1999:135). Todėl išprususio inžinieriaus parengimas įmanomas tik organizacijai sukūrus tokį vidinį klimatą, kuris, įtakodamas studijuojančiųjų suvokimą ir elgseną, garantuotų nuolatinį produktyvumo augimą bei darbo kokybės gerinimą. Organizacija turėtų rūpintis ne tik savo vidinės struktūros ar veiklos plėtra, bet ir užtikrinti tarpusavio pasitikėjimu grįstą įstaigoje atmosferą.

Kauno technikos kolegijos (toliau – Kolegijos) vizijoje užsibrėžta rengti aukštos kvalifikacijos techninės inžinerinės krypties specialistus bei vykdyti pažangią plėtrą savo regione. Kolegijos Statute iškeltas uždavinys – „užtikrinti, kad teikiama išsilavinimo lygis ir studijų kokybė atitiktų Lietuvos ir Europos Sąjungos standartus“ (KTK Statutas, 2012:3). Šiems siekiams įgyvendinti Kolegija apsibrėžė ir vertybinį tikslą – „pasiekti aukščiausių paslaugų kokybę, kuri užtikrinama kiekviename žingsnyje - aplinkoje, auditorijose ir laboratorijose, studijų procese, mokymosi medžiagoje, dėstytojų kompetencijoje“ (KTK 2016 - 2030 metų strategija).

Visos organizacijos turi savo kultūras ir klimatus, įtakančius jų narių elgesį, jausmus bei pažinimo procesą. Jei organizacijos kultūra apibrėžia realią vidinę aplinką organizacijoje, kertinius jos bruožus, tai organizacinis klimatas parodo, kaip darbuotojai tą aplinką suvokia bei prima. Palankus klimatas organizacijoje padeda išvengti eilės nepageidaujamų reiškinių – vidinių konfliktų, ne lojalumo, prasto mokymosi, studijų nutraukimo, atviro kenkimo organizacijai ir pan. Kiekvienam vadovui pravartu žinoti, koks vyrauja organizacijoje klimatas, nes tuomet galima keisti daugelį jį įtakančių veiksnių ir gerinti darbuotojų pasitenkinimą darbu bei jų darbo rezultatus.

Organizacijos klimato tyrimas gali padėti suprasti įstaigoje esančių procedūrų, taisyklių, vadovybės priimamų sprendimų efektyvumą ir poveikį studijų procesui bei įstaigos veiklai apskritai. Vertinant organizacijos klimato tyrimus svarbu priimti tiek teigiamus, tiek neigiamus jų rezultatus ir savalaikiai taikyti atitinkamas korekcijas situacijai keisti.

Kolegija, kaip ir kiekviena organizacija, turi savo kultūrą, tradicijas ir veiklos metodus. Šių trijų veiksnių visuma ir sudaro jos organizacijos klimatą, kurį savo ruožtu veikia akademinės bendruomenės grupių (ne tik studentų) psichologinis klimatas. Jis rodo žmonių psichologinę savijautą, priklausančią nuo tarpusavio santykių grupėje. Organizacijos klimatui didelę reikšmę turi asmeninės studentų savybės, jų tikslų, vertybinių sistemų lygis, taip pat ir administracijos, dėstytojų kompetencijos bei vertybinės orientacijos.

Organizacijos elgsenos modelis, veiklos metodai tiesiogiai veikia studentų motyvaciją, poreikių patenkinimą, pasitenkinimą pasirinktomis studijų programomis. 2021 m. atlikto *studentų kaitos tyrimo* duomenimis, per pastarąjį dešimtmetį kasmet Kolegijoje vidutiniškai 20 - 22 proc. studentų nutraukdavo studijas, iš jų „paties prašymu“ 46 – 52,9 proc., dėl nepažangumo – 42 – 44 proc. studentų; 2015 - 2020 metais iš visų studijas nutraukusių pirmakursių, „savo noru“ jas mesdavo net 61,6 proc. studentų. Tyrimo autorių nuomone, studijų nutraukimo „pačiam prašant“ mastas, turėjo inspiruoti kompleksinius tyrimus motyvaciją studijoms įtakojantiems veiksniams nustatyti. (Bučelienė, Vitkauskas, 2021:151). Šios aplinkybės suponuoja siekį ištirti studentų požiūrį į mokymo įstaigos organizacijos klimatą.

Lietuvoje organizacijų klimato teorinius aspektus nagrinėjo P. Jucevičienė, R. Kalinauskaitė, G. Merkys, G. Dubauskas, P. Zakarevičius, J. Kvedaravičius ir kiti autoriai. Privataus sektoriaus verslo organizacijų užsakymu yra atliekami taikomieji atskirų įmonių organizacijos klimato tyrimai, tačiau jų rezultatai paprastai neviešinami, o naudojami vidiniams įstaigų poreikiams tenkinti, kas riboja galimybę plačiau susipažinti su jų tyrimų rezultatais. Viešojo sektoriaus ir švietimo ar mokslo įstaigose tokio pobūdžio tyrimai atliekami kur kas rečiau.

Tyrimo tikslas - ištirti Kauno technikos kolegijos organizacijos klimatą studentų vertinimo aspektu.

Tyrimo uždaviniai:

- 1) Apžvelgti organizacijų klimato tyrimų bei sampratos teorinius aspektus;
- 2) Apibrėžti organizacijos klimato reikšmę jos veiklos rezultatams.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros, organizacijos vidinių teisės aktų bei studentų anketinės apklausos rezultatų analizė.

Tyrimo naudoti metodai: 1) mokslinės literatūros šaltinių analizė, palyginimas bei apibendrinimas; 2) empirinių duomenų rinkimui – anoniminiu būdu atliktas anketavimas ir apklausos metu gautų kiekybinių duomenų statistinės analizės, apibendrinimas bei grafinis duomenų pateikimas.

Organizacijos klimato tyrimo teoriniai aspektai

Bendrajai prasme, organizacijos klimato samprata siejama su darbuotojų savo darbinės aplinkos suvokimu (Reicher, Schneider, 1990:5-39). Mokslininkų darbuose organizacijų klimatas dažnai traktuojamas kaip objektyvus, tačiau subjektyviu suvokimu pagrįstas fenomenas (Schneider, 1990). Kiti tyrėjai organizacijos klimatą įvardija kaip bendrą suvokimą apie organizaciją, formuojamą darbuotojų tarpusavio sąveikos ir sąveikos su organizacija bei jos kultūra.

Pastebėtina, kad populiariojoje literatūroje bei atskirų autorių darbuose organizacijos *klimato sąvoka kartais* tapatinama su *organizacijos kultūros sąvoka*, tačiau, nors jos ir artimos (abi sudaro organizacijos socialinį kontekstą ir veikia darbuotojų elgseną), tačiau organizacijos kultūra – tai objektyvių organizacijos vertybių, įsitikinimų, nuostatų visuma, o organizacijos klimatas išreiškia tai, kaip darbuotojai subjektyviai suvokia ir jaučia savo darbinę aplinką. Organizacijų klimatą lemia darbuotojų emocijos ir jausmai, o kultūrą – vertybės, simboliai, priimtini elgesio modeliai ir t.t. (Furnham, 1991: 39). R.L. Payne, laikydamas organizacijos klimatą jos kultūros indikatoriumi, pažymi, kad nors ir skirdamiesi savo prasme bei teoriniais pagrindais, tiek organizacijos klimatas, tiek ir jos kultūra „siekia apibūdinti ir paaiškinti ryšius, egzistuojančius grupėse žmonių, kartu išgyvenančių tam tikrą situaciją“ (Payne, (2000: 166). Prie organizacijos klimato bei kultūros skirtumų galima priskirti jų tyrimų metodus. Jei organizacijos kultūra gali būti tiriama objektyvių stebėjimų metodu, neįtraukiant organizacijos narių, tai organizacijos klimato tyrimai be jos narių dalyvavimo negalimi (Gray, 2007). G. Merkio nuomone, organizacijų kultūra yra labiau teorinė ir abstrakti sąvoka, tuo tarpu organizacijų klimatas – išorinė, empiriškai lengviau išmatuojama organizacijos kultūros išraiškos forma (Merkys, 2005: 39-51).

Organizacijų klimatas gali būti suvokiamas, jaučiamas bei vertinamas kaip *palankus* arba *nepalankus*. Todėl kalbant apie palankų ar nepalankų organizacijos klimatą, svarbu žinoti, kaip vienas ar kitas iš jų pasireiškia organizacijoje. Nepalankus klimatas neigiamai įtakoja darbuotojų savijautą, elgesį bei motyvaciją, kas gali turėti įtakos organizacijos veiklos rezultatams (Schneider, 2000). Tyrimai atskleidė, kad dėl nepalankaus organizacijos klimato didėja darbuotojų kaita organizacijoje (Hong L.C., 2008), švietimo įstaigose žlunga mokymų programos (Shadur et al., 1999), mažėja darbuotojų noras įsitraukti į organizacijos veiklą, auga darbuotojų polinkis į depresiją, nerimą ar stresą (Kuenzi ir Schminke, 2009). E. Ference pastebi, kad neigiamą klimatą organizacijoje pakeisti yra sudėtinga ir ilgai užtrunka, nes tenka koreguoti daug tarpusavyje susijusių organizacijos aspektų (Ferenci, 1982: 24).

Organizacijų klimato tyrimuose išskiriami atskiri jo struktūros aspektai, atitinkantys tam tikras organizacinės elgsenos sritis, tokias kaip vadovavimas, grupių sąveika ir komunikacija, darbo organizavimas ir įvertinimas, motyvavimas veiklai, pasitenkinimas darbu ir t.t. Visi šie vidiniai organizaciniai veiksniai tam tikru lygiu įtakoja klimatą organizacijoje. Taip pat egzistuoja du pagrindiniai požiūriai į organizacijų klimato

matavimus: *kategorinis*, klasifikuojantis visas organizacijas į tam tikrus teorinius tipus, bei *dimensinis*, kurio atstovai siekia išmatuoti ir apibūdinti organizacijas remdamiesi tam tikrais jų veiklos aspektais. Straipsnyje remiamasi pastaruoju požiūriu, todėl tikslinga jį plačiau aptarti.

Atstovaujantys dimensinį požiūrį autoriai (Litwin, Schneider ir kt.) kūrė įvairius organizacijų klimato matavimo ir sandaros modelius, susidedančius iš skirtingo skaičiaus dalių – dimensijų (šios srities mokslinėje doktrinoje suskaičiuojama apie 80 skirtingų dimensijų). Tyrimuose naudojamų dimensijų įvairovę sąlygoja didelis organizacijų klimato fenomeno įvairiapusiškumas. Tai reiškia, kad nėra vieningos nuomonės, kokia turėtų būti organizacijų klimato sandara. Paprastai organizacijos klimato tyrimams pasirenkami skirtingi organizacijų klimato struktūros aspektai, kurie išskaidomi į smulkesnes dalis (dimensijas), tačiau dažniausiai skiriasi paties aspekto (dimensijos) įvardijimas, o ne jo esmė (Gray, 2007). Pasirenkamų aspektų sąrašą lemia ir tai, kokios apimties planuojamas atlikti tyrimas: ar bus tiriamas bendras, ar orientuotas į tam tikrą organizacijos veiklos sritį klimatas, t.y. tikslinis – studijų organizavimo kokybės, pasitenkinimo darbu, grupės komunikacijos, dėstytojų ir studentų santykių ir pan. Atliekant tokį dalinį organizacijos klimato tyrimą, užtenka tirti tik susijusias su konkrečia sritimi (pvz., studentų poreikių identifikavimas ir patenkinimas) organizacijos klimato dimensijas. Į tam tikrą sritį organizacijoje orientuoti klimato tyrimai gali būti labai naudingi organizacijai, siekiančiai padidinti efektyvumą ar išsiaiškinti silpnąsias vietas konkrečioje srityje, neekvojant laiko mažiau organizacijai aktualių aspektų tyrimams.

Organizacijų klimatas yra plati, apimanti daug tarpusavyje susijusių organizacijos veiklos aspektų sąvoka, todėl tyrėjams gali būti sunku analizuoti juos visus iškart arba pasirinkti tinkamiausius. Siekiant sukonkretinti organizacijų klimato matavimus, mokslininkai siūlo pasirinkti norimus įvertinti organizacijų klimato aspektus pagal tris principus: 1) kiekviena dimensija turi atspindėti suvokimą; 2) kiekviena dimensija turi apibūdinti ir/ar vertinti veiklą; 3) kiekviena dimensija neturi būti vien tik darbo organizavimo ar struktūros aspektas (Cooil et al., 2009. Bouckennooghe et al. 2008).

Įvairių dimensinių modelių analizė leidžia išskirti dažniausiai tiriamus organizacijos elgsenos aspektus: *struktūra, vadovų ir pavaldinių santykiai, motyvacija dirbti, atsakomybė, darbo organizavimas, tarpusavio santykiai, atlyginimas, komunikacija, rizikos laipsnis, sprendimų priėmimas, komandinis darbas, vadovavimas, darbuotojų pastangos, saugumas, tikslo nustatymas, darbo proceso vertinimas ir kt.* Pavyzdžiui, P. Jucevičienė (1996) skiria šiuos pagrindinius organizacijos elgsenos tyrimų elementus: *žmonės, struktūra, technologija, aplinka.*

Taigi, apibendrinant galima pastebėti, kad organizacijų klimatas traktuojamas kaip objektyvus, tačiau subjektyviu suvokimu pagrįstas fenomenas, o didžioji dauguma autorių organizacijos klimatą įvardija kaip bendrą suvokimą, ar suvokimų sumą apie organizaciją, formuojamą darbuotojų tarpusavio sąveikos ir sąveikos su organizacija bei jos kultūra. Šiuo požiūriu ir vadovautasi atliekant tyrimą.

Išanalizavus dažniausiai tyrimuose naudojamus organizacijų klimato dimensinių modelių pavyzdžius ir siekdami įvertinti aukštojo mokslo įstaigos organizacijos klimatą, pasirinkome tirti tokius organizacijos veiklos aspektus: 1) organizacijos struktūra ir komunikacija; 2) vadovavimas ir lyderiavimas; 3) santykiai tarp vadovų (dėstytojų) ir studentų; 5) pasitenkinimas darbu; 6) paskaitų ir pratybų organizavimas ir kokybė; 7) studijų praktikos naudingumas.

Naudoti tyrimo metodai ir jų pasirinkimo priežastys

Daugelio tyrėjų nuomone egzistuoja trys klimato tyrimų organizacijose būdai: a) darbinės veiklos stebėjimas, b) atrinktų darbuotojų apklausa, c) darbuotojų anketavimas, naudojant specialius klausimynus. Atsižvelgiant į planuojamą apklausti respondentų skaičių ir tai, kad jie studentai, rinkti organizacijos klimato tyrimui duomenis pasirinktas anoniminio anketavimo raštu metodas, tikintis, kad anonimiškumas skatins nuoširdžiau atskleisti savo nuomonę.

Respondentams anketoje buvo pateikti 44 pozityvūs teiginiai pagal 8 organizacijos klimato dimensijas. Penkių balų skalėje reikėjo pažymėti, kiek asmeniškai jiems yra svarbus ir aktualus kiekvienas teiginys (*1 – visiškai nesvarbus ir neaktualus, 2 – mažai svarbus; 3 – vidutiniškai svarbus, 4 – svarbus, 5 – labai svarbus ir aktualus*). Taip pat respondentai turėjo įvertinti ir kiek šie teiginiai realiai atitinka organizacijoje esamą padėtį (*1 – visiškai neatitinka, 2 – blogai, 3 – patenkinamai; 4 – gerai, 5 – puikiai atitinka*). Anketos teiginiai suformuluoti organizaciniu lygmeniu, t.y. kiekvienas iš jų apibūdina tam tikrą organizacijos veiklos ypatybę, o respondentas, vertindamas šią ypatybę skalėje nuo 1 iki 5, išreiškia subjektyvų suvokimą apie ją. Anketos analizės metodas – palyginti teiginio svarbą ir jo praktinį atitikimą organizacijoje, o esamą skirtumą tarp jų (jeigu teiginio atitiktis mažesnė už jo svarbą) santykinai vertinti kaip vieno ar kito organizacijos klimato aspekto gerinimo galimybių rezervą.

Apklausa buvo atlikta elektroninėje erdvėje, naudojant apklausų atlikimo ir apdorojimo platformą www.apklausa.lt, papildomam statistinių duomenų apdorojimui bei jų grafinais pateikimui naudota MS Excel 2021 programinė įranga.

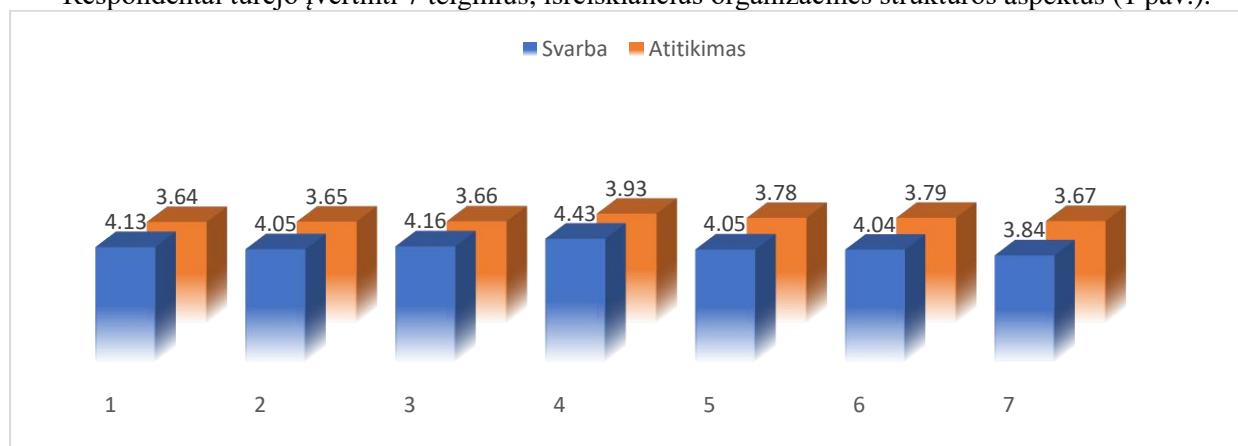
Apklausti 154 respondentai (16,4 % visų KTK studentų). Apklausoje dalyvavo 91 proc. nuolatinųjų studijų ir 9 proc. iššestinių studijų studentų. Instruktuojant respondentes, prašyta jų objektyviai įvertinti savo organizacijos klimata. Daryta prielaida, kad nuolatinųjų studijų studentai daugiau praleidžia laiko organizacijos patalpose, dalis jų gyvena Kolegijos bendrabučiuose, todėl jie turi daugiau galimybių aktyviau įsijungti į akademinės bendruomenės gyvenimą ir vertinti jo atskirus aspektus.

Organizacijos klimato vertinimo tyrimo rezultatų analizė

Siekiant išryškinti organizacijos klimato ypatumus, buvo analizuojami jo bruožai individo, grupės ir organizacijos lygmenyse. Šios analizės tikslas – išsiaiškinti Kolegijos studentų bendrą organizacijos klimato suvokimą, formuojamą jų tarpusavio sąveikos ir sąveikos su organizacija bei jos kultūra.

1) Organizacinė struktūra ir funkcijos. Organizacinė struktūra - tai priemonių, kuriomis organizacijoje darbas suskirstomas į skirtingas užduotis bei koordinuojamas jų vykdymas, visuma (Stoškus, 2005:122). Struktūra apibūdina oficialius žmonių santykius organizacijoje: kad veikla būtų efektyvi, žmonės turi būti susiaistyti įvairiais ryšiais, kurie ir sudaro organizacijos struktūrą (joje pasireiškia sudėtingos problemos, darbuotojams bendradarbiaujant, priimant sprendimus). Organizacinė struktūra lemia darbo metodus bei procedūras ir garantuoja jų kontrolę. Nuo jos priklauso bendradarbiavimo metu atsirandančių problemų pobūdis ir sprendimo galimybės. Funkcijos parodo, kaip aiškiai apibrėžtos darbinės užduotys, atsakomybės ribos bei įgyvendinama vidinė komunikacija esamoje struktūroje (Jucevičius, 1998:454).

Respondentai turėjo įvertinti 7 teiginius, išreiškiančius organizacinės struktūros aspektus (1 pav.).



1 pav. Organizacinė struktūra ir funkcijos:

1- Kolegijoje yra sudarytos sąlygos studentams atvirai išsakyti savo prieštaravimus, kritiką; 2- Kolegijoje esanti studijų organizavimo ir kontrolės sistema didina studijų efektyvumą; 3- Man priimtina kolegijos studijų, studentų motyvacijos bei skatinimo tvarka; 4- Aš visada gaunu reikiamą pagalbą (informaciją) iš visų Kolegijos padalinių darbuotojų; 5- Aš jaučiuosi visaverčiu KTK akademinės bendruomenės nariu;

6- Kolegijoje yra toleruojamos naujos idėjos, kūrybingumas, rizika; 7- Kolegija yra jautri aplinkos pokyčiams ir greitai prie jų prisitaiko

Šaltinis: sudaryta autorių

Šios dimensijos svarbumo vidurkis – 4,10, atitikimo – 3,73, skirtumas tarp jų – 0,37 balo. Iš gautų rezultatų darytina išvada, kad studentams organizacijos vidinės komunikacijos politika yra pakankamai aktuali: jie norėtų turėti galimybę atvirai reikšti savo nuomonę, išsakyti pastabas (vertikalią komunikaciją „aukštyn“), jiems taip pat svarbu gauti laiku informaciją ir reikiamą pagalbą iš visų organizacijos padalinių (vertikalią komunikaciją „žemyn“). Respondentai svarbiausiu dimensijos teiginiu įvardino motyvacijos bei skatinimo organizacijoje tvarką, kuri gali būti traktuojama kaip asmeninių studentų poreikių tenkinimo priemonė, todėl ir labiausiai jiems ir aktuali.

Kita vertus, dimensijos teiginių svarbumo bendras rodiklis neleidžia vienareikšmiai konstatuoti, jog organizacinės struktūros, studijų organizavimo bei vidinės komunikacijos vykdymas iš ties labai svarbus visiems studentams. Greičiau jie (arba bent jau dalis jų) yra pasyvoki organizacijoje vykstantiems procesams stebėtojai, o ne aktyvūs jų dalyviai. Toks požiūris formuoja apskritai inertišką individo veiklą organizacijoje, todėl įstaigos vadovams, pirmiausiai, reikėtų išsiaiškinti šio reiškinio priežastis, o po to – ieškoti būdų situacijai gerinti. Manytina, kad studentų tam tikrą pasyvumą vykstantiems organizacijoje procesams lemia keletas

faktorių, pavyzdžiui, ne mažai studentų (ypač vyresnių kursų) studijas derina su darbu, kai kurie studijų dalykai dėstomi nuotoliniu būdu, pastaruoju metu Kolegijoje vyksta mažiau studentams skirtų renginių ir kt.– visa tai sudaro prielaidas „atitolti“ nuo vidinio organizacijos gyvenimo. Šiame kontekste pageidautinos naujų įtraukimo į bendruomenės gyvenimą formų paieškos.

Nedidelis skirtumas (0,37) tarp dimensijos teiginių *svarbos* ir jų *atitikimo* formaliai gali būti laikomas organizacinės struktūros palankiu įvertinimu, rodančiu, kad daugeliui studentų organizacijos struktūra, vidinės komunikacijos bei studijų organizavimo politika yra pakankamai aiški ir priimtina: studentai supažindinami su organizacijos taisyklėmis (studijų, dalykų atsiskaitymo tvarka ir terminais ir t.t.). Kita vertus, reikia pripažinti, kad palyginti mažą *svarbos* ir *atitikimo* skirtumą gali įtakoti ir tai, jog organizacinės struktūros aspektai studentams nepasirodė labai aktualūs, todėl ir jų atitikties realybei neaukštas įvertinimas (3,73) leidžia manyti, kad šis organizacijos klimato aspektas didesnių problemų jiems nesukelia.

Pastebėtina, kad dauguma studentų organizacinę struktūrą sudarančius komponentus realybėje vertina labiau *patenkinamai*, nei gerai, kas savo ruožtu atskleidžia tam tikras organizacinėje struktūroje egzistuojančias problemas. Tai reikštų, kad dar yra rezervų tobulinti organizacinę struktūrą, studijų organizavimo procesą bei studentų skatinimo ir motyvavimo sistemą.

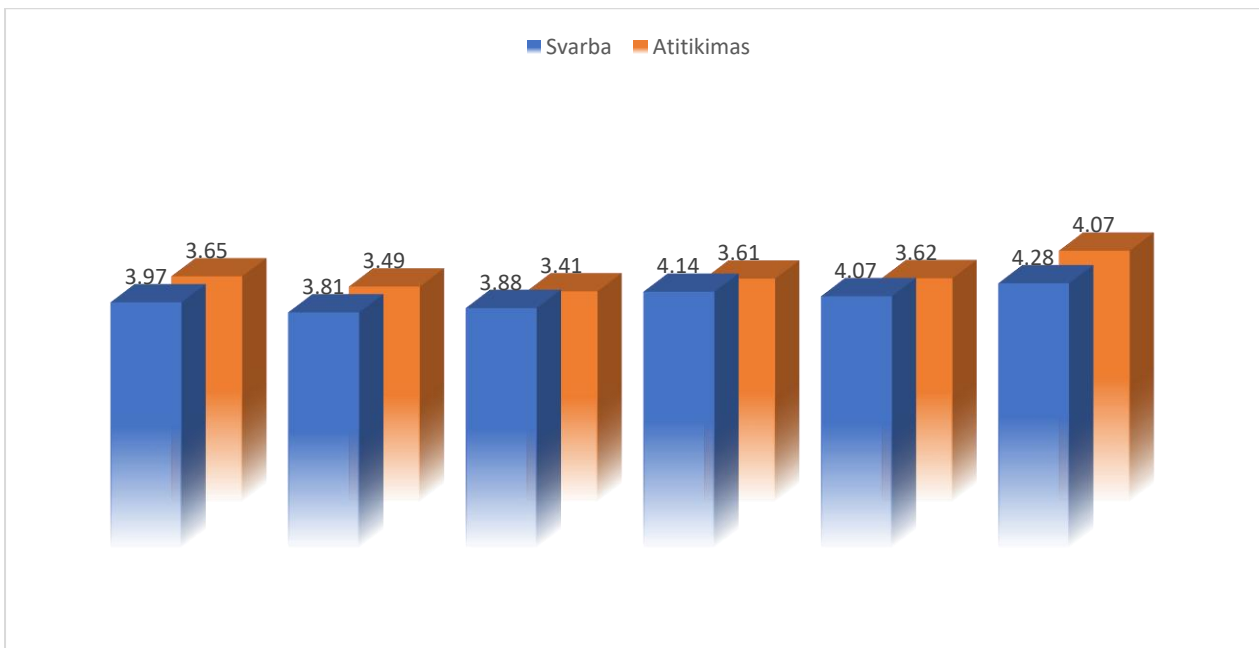
Daugelyje organizacijų atlikti tyrimai rodo, kad darbuotojai vidinę komunikaciją iš apačios į viršų vertina kaip pačią svarbiausią ir daugiausiai naudos duodančią iš visų darbinių sąveikų, todėl atsižvelgiant į tai, kad Kolegijoje pranešimų srautai iš viršaus į apačią yra dažnesni nei iš apačios į viršų, derėtų atkreipti dėmesį į *dvipusės* vidinės komunikacijos, grindžiamos laisvu pasikeitimu idėjomis, vadybos gerinimą. Organizacijai labai reikalinga komunikacija iš apačios į viršų, kadangi būtent tokiu būdu sužinoma apie tai, kas vyksta organizacijos visuose sluoksniuose, apie iškilusias bei galimas problemas, kas leistų tinkamai įvertinti reikiamus pokyčius. Vidinės komunikacijos vadybos pobūdis turėtų būti susietas su organizacijos valdymo kultūra.

2) Vadovavimas ir lyderiavimas. Daugelio tyrėjų nuomone, lemiamas vaidmuo formuojant organizacijos klimatą atitenka vadovavimui. Organizacijos klimato kaitą (pablogėjimą ar pagerėjimą) dažnai sąlygoja būtent vadovo, o kartu ir vadovavimo organizacijai stiliaus pasikeitimas (Denison,1996:32). R.Stringer teigimu vadovavimas įtakoja net 50-70 procentų organizacijos klimato suvokimo. Mokslininkų tyrimai atskleidė, kad „vadovai, kaip vietiniai organizacijos taisyklių įgyvendintojai, įtakoja pavaldinių organizacijos klimato suvokimą“ (Mayer et al, 2007: 4).

Vadovavimas yra procesas, telkiantis žmones ir jiems padedantis ryžtingai siekti tikslų. Žmogiškąją prasme vadovavimas svarbus todėl, kad padeda grupei išsilaikyti drauge ir susitelkti (Barvydienė, Kasiulis, 1994: 90). Vadovo pagrindinė funkcija – planuoti ir organizuoti veiklą bei padėti įgyvendinti keliamus uždavinius. Tačiau vadovavimas bus neveiksmingas, jeigu jis nesirems lyderiavimu, pasireiškiančiu pirmiausia vadovo sugebėjimais sutelkti žmones sėkmingam darbui. Vadinasi, asmuo gali būti vadovas arba lyderis bei vadovas ir lyderis. Patį lyderiavimą galima apibrėžti kaip procesą ir kaip savybę. Pirmuoju atveju – tai neprivertstinės įtakos naudojimas, bandant kreipti ar koordinuoti grupės narių veiklą, antruoju – tai charakteristikų, priskiriamų asmeniui, kuris suvokia galįs panaudoti tokią įtaką sėkmingai, visuma.

Kolegijos studentų organizacijos klimato suvokimą daugiau ar mažiau lemia savo kompetencijų ribose visų grandžių organizacijos vadovai, viena iš šių grandžių – studijų programų komitetai ir jų kuratoriai, kuriems Kolegijoje keliami konkretūs tikslai šioje srityje: „*užtikrinti efektyvų studentų ir klausytojų pritraukimo procesą į studijų programą, įtraukiant kompetentingus darbuotojus*“ bei „*naudojantis savo reputacija ir ryšiais, bei bendradarbiaujant su studijų programos studentais, absolventais, socialiniais partneriais, didinti studijų programos prestižą bei žinomumą Lietuvos ir pasaulinėje erdvėje*“ (KTK Studijų programų komitetų nuostatai, 2023:11,12 p.). Taigi Komitetams įtvirtinta pareiga užtikrinti studijų programų kokybę ir prestižą bendradarbiaujant su studentais ir įtraukiant juos į institucijos veiklos viešinimą. Atsižvelgiant į tai darytina prielaida, kad studijų programų kuratoriai, kaip vadovai, gali labiausiai formuoti studentų požiūrį į organizacijos klimatą. Vienas iš tyrimo uždavinių – nustatyti studentų ir jų kuratorių tarpusavio sąveikos ir sąveikos su organizacija bei jos kultūra ryšį.

Respondentai turėjo įvertinti 6 teiginius, apibrėžiančius studentų ir studijų programų komitetų kuratorių santykius ir pastarųjų indėlį formuojant palankų studentų požiūrį į organizacijos klimatą (2 pav.).



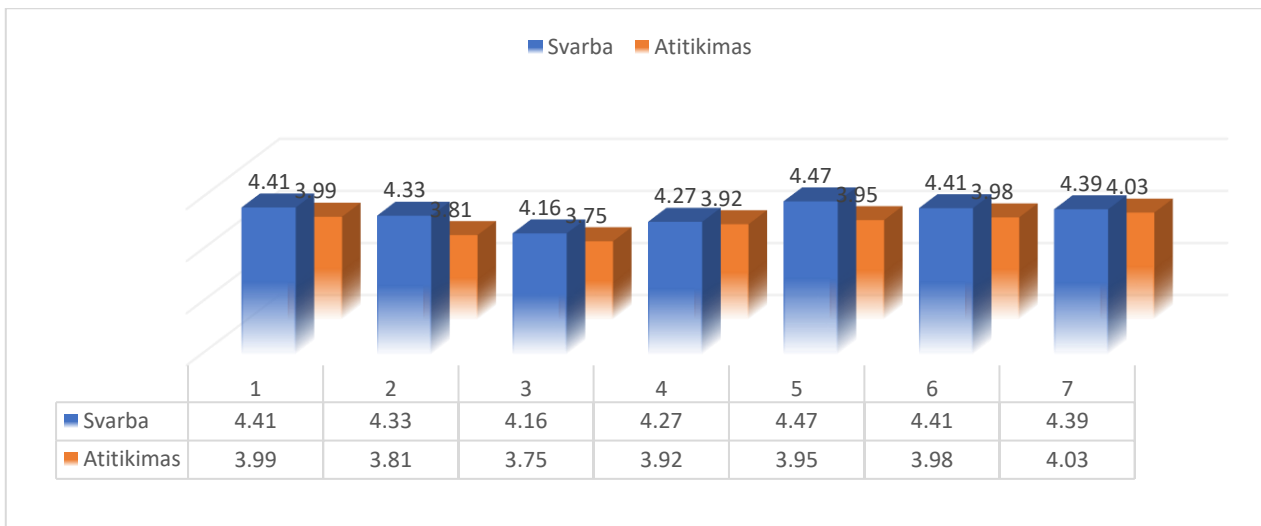
2 pav. Vadovavimas ir lyderiavimas:

1- Mano studijų programos kuratoriai turi idėjų, kurios naudingos man ir mano grupei; 2- Mano studijų programos kuratoriai skatina ieškoti originalių užduočių sprendimo būdų; 3- Studijų programos kuratoriai pakeičia sprendimus, jeigu mes pasiūlome geresnių idėjų; 4- Studijų programų kuratoriai supažindina su kurso tikslais ir, prieš priimdami sprendimą, atsižvelgia į mūsų pageidavimus; 5- Studijų programų kuratoriai stengiasi sukurti tokį klimatą mūsų kurse, kuris mums padėtų įsilieti į kolegijos veiklą panaudoti savo sugebėjimus; 6- Visi kolegijos vadovai ir darbuotojai laikosi akademinės etikos normų

Šaltinis: sudaryta autorių

Šios dimensijos teiginių svarbos vidurkis – 4,03, atitikimo – 3,64, skirtumas – 0,39. Tyrimas atskleidžia, jog studentai iš principo norėtų kuratoriaus asmenyje matyti ne tik formalų vadovą, bet ir lyderį, gebantį sukurti palankų jų kurse klimatą, padedantį jiems dalyvauti organizacijos veikloje (5 teiginys), deja, realybėje kuratorių pastangos tai padaryti vertinamos tik patenkinamai. Kuratorių veiklą, skatinančią studentus kuo efektyviau įsitraukti į studijų programų plėtros procesus (idėjų generavimas, parama siekiant užsibrėžtų tikslų, studentų saviraiškos skatinimas ir kt.) studentai vertina taip pat *vidutiniškai*. Kita vertus, ir patys studentai nerodo didesnio poreikio ar iniciatyvos šio pobūdžio bendravimui. Jiems už kūrybinį, idėjas generuojantį bendravimą su vadovu labiau svarbi konkreiti, su studijomis susijusi informacija. Atkreiptinas dėmesys, jog studentų lūkestis vadovų ir dėstytojų etiškam elgesiui yra aukščiausias iš visų dimensijos teiginių, o tai, kad jis praktiškai sutampa su realios situacijos vertinimu, leidžia galvoti apie pakankamai gerą etinių standartų laikymąsi organizacijoje. Taigi, apibendrinant galima teigti, jog organizacijoje vyrauja formalus, neparemtas lyderiavimu programų kuratorių bendravimo su studentais stilius. Manytina, kad šioje situacijoje pirmiausiai turėtų rodyti daugiau kūrybinės iniciatyvos (ypač svarbus pirmaisiais studijų mėnesiais užmegztas kontaktas su pirmakursiais) studijų programų kuratoriai, nes nuo jų, kaip vadovų, priklauso ir studentų aktyvumas, juolab, kad šiai veiklai kuratorius įpareigoja Kolegijos vidinių teisės aktų nuostatos.

3) Vadovų (dėstytojų) ir studentų tarpusavio santykiai. Studentai ateina į organizaciją su įsisavintomis vertybėmis, nuostatomis ir jau beveik susiformavusia asmenybe. Jų vertybės, nuostatos ir asmenybė, nors ir nėra visam laikui fiksuoti dalykai, iš esmės yra tai, kas „duota“ atėjimo į organizaciją momentu. Buvimo Kolegijoje laiką sąlyginai galima apibrėžti kaip procesą, kurio metu studentas ne tik įgyja žinių, bet ir keičia savo elgseną dėl įgytos patirties studijų metu. Keisdamas savo elgesį, asmuo prisiderina prie besikeičiančių sąlygų, ir jeigu tos sąlygos palankios, studentui atsiranda geresnės galimybės tapti produktyviu specialistu. Studijų eigoje vadovai ir ypač dėstytojai formuoja studentų elgesį, sistemingai įtvirtindami jo įgūdžius, artinančius prie pageidaujamo organizacijos tikslo – kvalifikuoto inžinieriaus parengimo. Šiame kontekste ypač svarbiomis tampa dorovinės ir asmeninės dėstytojų savybės, galinčios oficialius santykius transformuoti į labiau studentams priimtina bendravimą. Todėl, sėkmingam vadovavimui asmeniniai dėstytojų ir studentų santykiai yra pakankamai reikšmingi. Jie rodo, koks pasitikėjimo, palaikymo ir sutarimo lygmuo vadovų ir studentų. Šiems santykiams nustatyti respondentams buvo pateikti 7 teiginiai (3 pav.).



3pav. Vadovų (dėstytojų) ir studentų tarpusavio santykiai:

- 1- Mano dėstytojai savo elgesiu parodo, kad jais galima pasitikėti; 2- Mano dėstytojai gina tai, kas mums svarbu, nes jie supranta mūsų poreikius; 3- Dėstytojai pasitiki mano sugebėjimais; 4- Dėstytojai pasitaria su mumis priimdami svarbų sprendimą; 5- Aš visada galiu kreiptis patarimo ar pagalbos pas dėstytoją ir žinau, kad jis man padės; 6- Dėstytojai studentų žinias vertina objektyviai ir nešališkai bei paaiškina vertinimo kriterijus; 7- Dėstytojų elgesys yra taktiškas ir mandagus

Šaltinis: sudaryta autorių

Dimensijos teiginių *svarbos* vidurkis - 4,35, atitikimo – 3,9, skirtumas – 0,43 balo. Tai vieni didžiausių skirtumų iš visų dimensijų, kas rodo, kad studentams draugiškas ryšys su dėstytojais svarbesnis už santykius su kitų grandžių vadovais ar organizacinės struktūros aspektų įgyvendinimu Kolegijoje. Studentui aktualu jausti, kad jis visada bus dėstytojo suprantas, jeigu kreipsis į jį patarimo ar pagalbos. Taip pat jis norėtų būti vertinamas objektyviai pagal jam suprantamus kriterijus. Tačiau antrojo teiginio *svarbos* ir *atitikimo* skirtumas (0,52) atskleidžia, jog ženkliai dalis studentų nejaučia, kad dėstytojai supranta jų poreikius ir pasirėngę ginti. Bendraudami su dėstytojais jie nėra pakankamai įsitikinę, kad gali jais pasitikėti. Savo žinių vertinimą jie taip pat nelaiko visiškai objektyviu (3,98). Tai reikštų, kad studentų *lūkestis* dėstytojo asmenyje matyti vadovą kaip lyderį, iš kurio, reikalui esant, galima būtų tikėtis pagalbos ir supratimo, nors ir nėra maksimalus, tačiau pastebimai pranoksta tikrovėje esančių santykių suvokimą. Kitaip tariant, studentai pageidautų šiek tiek kitokio dėstytojų vadovavimo ir tarpusavio santykių stiliaus.

Vadovai, dėstytojai, apsiribojantys tik formalia komunikacija, gali netekti galimybės gauti informacijos, reikalingos geresniam jų pačių darbui. Studentas, bijantis ar neturintis galimybės pasakyti, kad nesuprato užduoties, atliks ją blogai arba visai neatliks, o jaučiantis, kad su juo elgiamasi netinkamai, nepaisoma jo nuomonės, tačiau nesiryžtantis pasikalbėti su vadovu, patirs nuoskaudą, o tai turės įtakos jo motyvacijai. Tokį pat poveikį daro netinkami sprendimai bei neobjektyvūs vertinimai. Pagrindiniu dėstytojų vadovavimo uždaviniu turėtų tapti mokėjimas formuluoti teisingus, studentams suprantamus ir priimtinus veiklos tikslus, nurodant ir padedant atrasti būdus, kaip šiuos tikslus pasiekti. Svarbu, kad vadovai kartu su formaliu autoritetu, kurį įgyja kartu su valdžios įgaliojimais, įgytų ir neformalųjį autoritetą, kurį padeda sukurti asmeninės savybės ir profesinės žinios (Vitkauskas, 1999: 137).

Manytina, kad dėstytojų ir kuratorių komunikacijos su studentais kokybė turėtų tapti vienu pagrindiniu pedagogų veiklos vertinimo kriterijumi, todėl tikslinga būtų sukurti informatyvią „grįžtamojo ryšio“ sistemą, kuri leistų kiek galima objektyviau įvertinti kuratorių ir dėstytojų komunikaciją, apimančią dėstytojų kokybę, studentų motyvavimą darbui bei bendravimo aspektus.

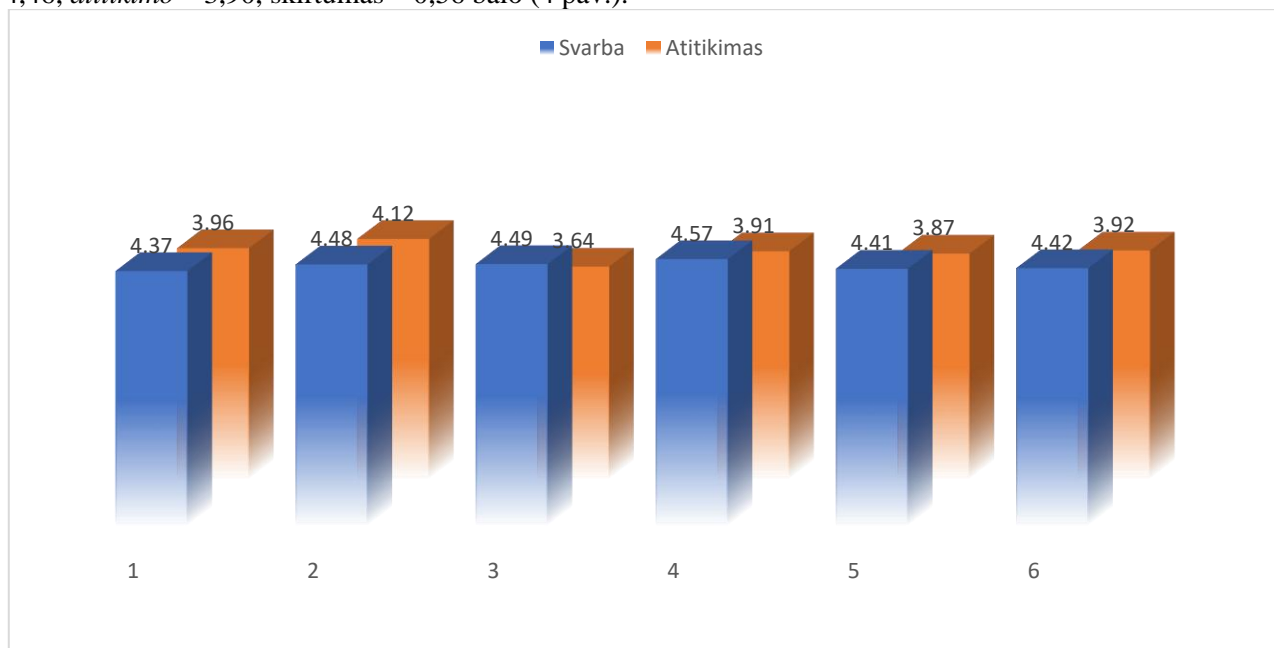
4. Pasitenkinimas darbu. Menkas pasitenkinimas darbu (darbas suprantamas kaip studijos) - vienas iš pagrindinių rodiklių, rodančių, kad organizacijos klimatas nėra pakankamai palankus. Tai gali tapti prasto mokslo, blogos drausmės, įvairiausių pažeidimų priežastimi. Pasitenkinimas darbu yra teigiamų ir neigiamų žmogaus jausmų rinkinys, parodantis, kaip asmuo vertina savo darbą (Likert, 1961). Beje, amerikiečių psichologų nuomone, auditorijos kėdžių laužymas, rašinėjimas ant suolų, sienų, paskaitų praleidinėjimas, sukčiavimas, vagystės – tipiškos nepasitenkinimo darbu išraiškos formos. Pasitenkinimo darbu psichologinį turinį sudaro šie veiksniai:

- a) studentas, pradėdamas studijuoti fakultete, jau turi tam tikrų vertybių ir lūkesčių sistemą, savo norus, poreikius. Ši visuma ir sukuria tai, ko jis tikisi iš studijų;

b) pasitenkinimą darbu išreiškia atitikimą tarp to, ko studentas tikisi, ir to, ką jis gauna, studijuodamas;
 c) tai integralus dydis, sudarytas iš pasitenkinimo įvairiais darbo objektais, subjektais ir reiškiniais, pavyzdžiui, studentas iš esmės gali būti visiškai patenkintas studijų programos pasirinkimu, bet, tarkime, vieno dėstytojo neobjektyvumas, „neparankus“ paskaitų tvarkaraštis ar blogai organizuota praktika gali sukelti gana didelį nepasitenkinimą apskritai visa organizacijos veikla;

d) pasitenkinimas darbu yra žmogaus pasitenkinimo savo gyvenimu dalis; didžiąją studentų veiklos dalį Kolegijoje užima paskaitos, pratybos, laboratoriniai darbai, studentų praktika, kurių vertinimas (kaip pasitenkinimo darbu dalis) labai priklauso nuo dėstytojų profesionalumo ir asmeninių savybių. Siekiant įvertinti studentų pasitenkinimą darbu tyrime respondentai buvo paprašyti įvertinti auditorinių užsiėmimų ir mokomosios praktikos kokybę.

Paskaitų ir pratybų kokybė. Dimensijos teiginių, skirtų įvertinti užsiėmimų kokybę, svarbos vidurkis – 4,46, atitikimo – 3,90, skirtumas – 0,56 balo (4 pav.).



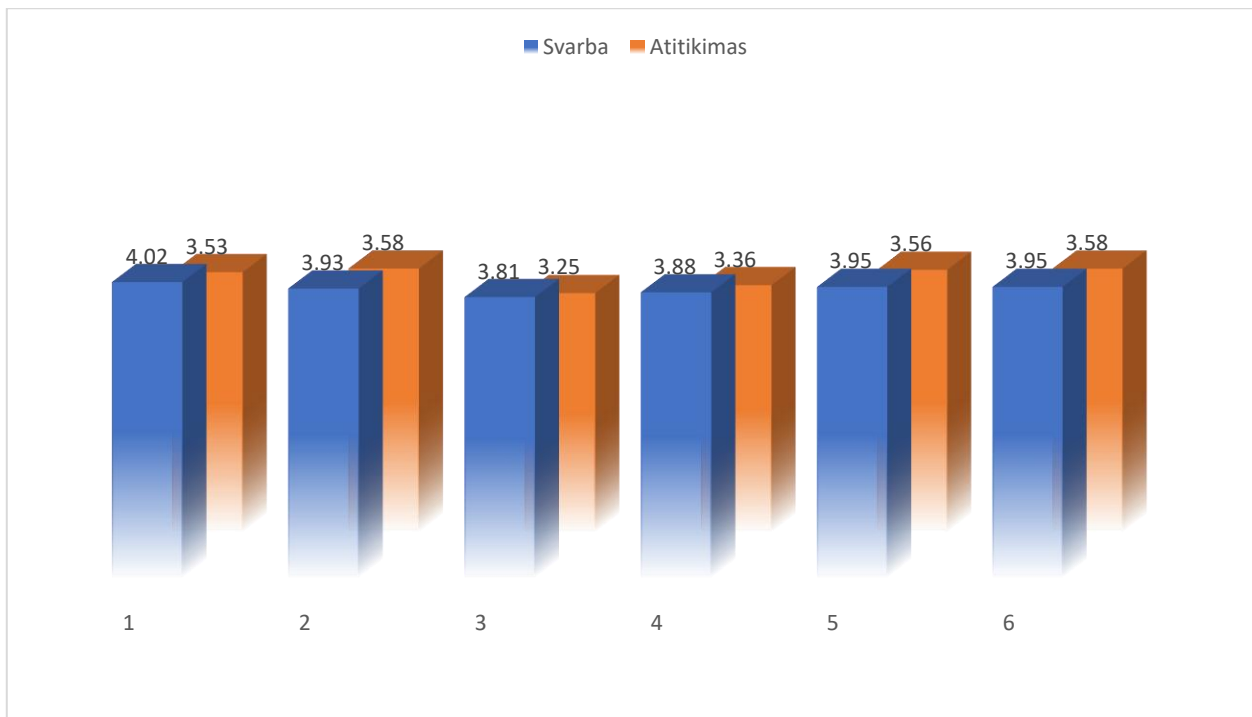
4 pav. Paskaitų ir pratybų kokybė:

1- Daugumos dėstytojų paskaitų (seminarų) psichologinė atmosfera yra gera; 2- Dėstytojai pasiruošia paskaitoms, pratyboms labai gerai; 3- Dėstytojai sugeba išdėstyti medžiagą tokiu lygiu, koks studentams prieinamas ir suprantamas; 4- Dėstytojai per paskaitas ir pratybas noriai atsako į studentų klausimus ir visada paaiškina, jeigu kas neaišku; 5- Dėstytojų užduodamos praktinės užduotys padeda geriau suprasti teorinę medžiagą; 6- Dėstytojai gerai organizuoja savarankišką darbą

Šaltinis: sudaryta autorių

Respondentams pateiktų teiginių svarbumas leidžia teigti, kad daugumai studentų aktualu, kokioje atmosferoje vyksta užsiėmimai, kaip dėstytojai yra jiems pasirengę ir kaip sugeba išaiškinti dėstomą dalyką. Ypač studentams svarbi užsiėmimų metu dėstytojų nuoširdi komunikacija ir noras padėti geriau įsisavinti dėstomą medžiagą (4 teiginys). Tyrimas rodo, kad apskritai Kolegijoje pripažįstamas dėstytojų profesionalumas, o tai mokymo procese gana svarbu (2 teiginys). Tačiau kitų dimensijos teiginių svarbos ir atitikimo skirtumai atskleidžia dalies studentų nusivylimą užsiėmimų vedimo kokybe. Didžiausia studentams problema – dėstomos medžiagos pateikimas jiems suprantamu būdu (3 teiginys) bei dėstytojų gebėjimas komunikuoti su studentais (4 teiginys). Taip pat studentai pageidautų geresnės praktinių užduočių sąsajos su teorine medžiaga (5 teiginys). Taigi, galima sakyti, kad teiginių svarbos ir atitikimo skirtumai – tai ta erdvė, kurią dėstytojai turi stengtis užpildyti savo profesinių ir ypač bendravimo įgūdžių lavinimu. Pastebėtina, kad šis tyrimas neatskleidžia atskirų dėstomųjų dalykų vertinimo, kas leistų kiekvienam dėstytojui nustatyti savo įnašą formuojant būsimą inžinieriaus asmenybę. Atsakymą į šį klausimą būtų galima gauti atlikus specialiai tam skirtą studentų apklausą. Studentų pasitenkinimą savo veikla labai stipriai gali koreguoti taip pat ir jų praktikose praleistas laikas.

Praktikos organizavimo kokybė. Praktikoje patirti įspūdžiai, be abejo, tiesiogiai veikia studentų veiklos organizacijoje motyvaciją bei jų subjektyvų organizacijos klimato suvokimą apskritai. Ugdant specialistą svarbu, jog teorinės žinios ir praktikoje įgyjami įgūdžiai vienas kitą papildytų, tarp jų nebūtų prieštaravimo. Siekiant nustatyti studentų požiūrį į praktiką, respondentai buvo paprašyti įvertinti 6 teiginius (5 pav.).



5 pav. Praktikos naudingumas:

- 1- Praktikų įmonėse metu aš galėjau pritaikyti įgytas teorines žinias; 2- Įmonių atstovai praktikai teigiamai vertino mano teorines žinias; 3- Praktikoje darbo metodai panašūs į tuos, kokių mus mokė Kolegijoje; 4- Studentų praktikas įmonėse kolegija organizuoja labai gerai; 5- Praktikos vadovai rūpinosi, kad aš kuo daugiau įgyčiau darbo įgūdžių; 6- Praleistas laikas praktikoje man bus labai naudingas mano pasirinktoje profesijoje

Šaltinis: sudaryta autorių

Dimensijos teiginių svarba – 3,92, atitikimas – 3,48, skirtumas – 0,44. Pastebėtina, kad respondentams teiginiuose nurodyti praktikos aspektai, lyginant su kitų dimensijų teiginiais, yra mažiausiai aktualūs. Išimtis – studentų lūkestis įgytas žinias Kolegijoje tinkamai pritaikyti praktikoje (1 teiginys). Tačiau, jų veiklos vertinamas įmonėse, Kolegijoje ugdomų darbo metodų atitikties praktikai ar apskritai praktikos nauda jų profesinei veiklai ateityje, studentus, atrodo, nelabai domina. Vertinant šių teiginių svarbos rodiklius, reikia pažymėti, kad apklausoje dalyvavę pirmojo kurso studentai praktikoje nėra buvę, todėl šios dimensijos teiginių vertinamas negali reprezentuoti bendros studentų nuomonės ir kaip tyrimo rezultatas gali būti interpretuojamas tik sąlyginai. Kita vertus, faktas, jog studentų požiūriu praktikos naudingumas neatitinka jų lūkesčių (visuose teiginiuose atitiktis mažesnė už svarbą), leidžia manyti, jog studentai, atlikdami praktiką įmonėse, nevisiškai galėjo ten pritaikyti savo įgytas žinias ir praktikos metu nesulaukė norimos paramos iš jos vadovų bei organizatorių. Aišku, daryti vienpusis išvadas nevertėtų, nes tokį praktikos suvokimą gali lemti ne tik studento gebėjimas save tinkamai joje realizuoti, bet ir pasitaikantis praktinių darbuotojų įprotis prioritetą teikti nusistovėjusiems darbinės veiklos būdams ir priemonėms prieš akademinės žinias. Tačiau kiekvienu atveju tai turėtų tapti rimtų bendro studijų proceso analizės objektu, nes esami prieštaravimai gali apsunkinti pastangas parengti aukštos kvalifikacijos specialistą. Manytina, derėtų kurti (plėtoti) bendrą praktikos programą, labiau koordinuojant Kolegijos ir praktinių darbuotojų veiksmus. Tai labai svarbu, nes studentų praktika ženkliai lemia motyvacijos laipsnį, individo pasitenkinimo darbu lygį, taip pat leidžia suvokti ir įvertinti organizacijoje dėstomų teorinių žinių bei formuojamos elgsenos svarbą ir naudingumą. Visa tai savo ruožtu prisideda prie organizacijos klimato tobulinimo.

Išvados ir pasiūlymai

1. Mokslo doktrinoje organizacijos klimatą traktuojant nevienareikšmiai, neapibrėžiant vieningos jo struktūros, visuotinai pripažįstama, kad organizacijos klimatas - sisteminė sąvoka, apjungianti atskiras dalis (dimensijas), kurių visuma formuoja naują, didesnę, su naujomis savybėmis, konstrukta. Taip pat tai fenomenas, gimstantis individų ir organizacijos bei jos kultūros sąveikoje, egzistuojantis jį patiriančių žmonių suvokime, tačiau įtakojamas eilės objektyvių veiksmų, tokių kaip organizacijos struktūra ir vadovavimo stilius, vadovų ir darbuotojų santykiai, pasitenkinimas darbu ir t.t.

2. Siekiant įvertinti aukštojo mokslo įstaigos organizacijos klimatą ir remiantis dažniausiai tyrimuose naudojamų organizacijų klimato dimensinių modelių pavyzdžiais, buvo pasirinkti tirti šie organizacijos veiklos aspektai: 1) organizacinė struktūra ir komunikacija; 2) vadovavimas ir lyderiavimas; 3) santykiai tarp vadovų (dėstytojų) ir studentų; 5) pasitenkinimas darbu; 6) paskaitų ir pratybų organizavimo kokybė; 7) studijų praktikos naudingumas. Tyrimo duomenų rinkimui pasirinktas anoniminio anketavimo raštu būdas. Anketos analizės metodas – palyginti teiginio *svarbą* ir jo praktinį *atitikimą*, o esamą skirtumą tarp jų (jeigu teiginio *atitiktis* mažesnė už jo *svarbą*) santykinai vertinti kaip organizacijos klimato tam tikro aspekto gerinimo galimybių rezervą.

3. Tyrimo metu nustatyti palyginti nedideli atskirų organizacijos klimato aspektų *svarbos* ir jų *atitikimo* skirtumai rodo, kad daugeliui studentų Kolegijos organizacijos klimatas yra priimtinas: organizacinė struktūra, vidinė komunikacija, santykiai su dėstytojais studentų vertinami teigiamai. Tačiau vienareikšmiai traktuoti organizacijos klimatą kaip palankų, remiantis vien tik šiuo argumentu, negalima, kadangi nelabai aukšta apklausos teiginiuose pateiktų organizacijos klimatą išreiškiančių aspektų svarba studentams leidžia manyti, jog ne mažai daliai jų daugelis organizacijos klimatą įtakančių veiksnių nėra labai svarbūs, todėl ir jų realizavimas organizacijoje didesnių problemų jiems nesukelia.

4. Organizacijos klimatą sudarančių dimensijų tyrimas atskleidė tik iš dalies atitinkančius studentų lūkesčius ir tobulintinus mokymo įstaigos organizacijos klimato aspektus: organizacijoje esantis formalus, lyderiavimu neparemtas vadovavimas, nepakankamos studijų programų kuratorių pastangos įtraukti studentus į programų plėtros veiklą ir studijuojančiųjų motyvavimas, dėstytojų bendravimo su studentais ir jiems teikiamos pagalbos trūkumas, paskaitų ir pratybų vedimo kokybė, studijų metu įgytų žinių pritaikymo praktikoje ribota galimybė ir kt. Tai reiškia, kad mokymo įstaiga dar turi rezervų tobulinti šiuos organizacijos klimato aspektus. Manytina, kad dėstytojų ir kuratorių komunikacijos su studentais kokybė turėtų tapti vienu esminiu pedagogų veiklos vertinimo kriterijumi, todėl tikslinga būtų sukurti informatyvią „grįžtamojo ryšio“ sistemą, kuri leistų kiek galima objektyviau įvertinti kuratorių ir dėstytojų komunikaciją, apimančią dėstyimo kokybę, studentų motyvavimą darbui bei bendravimo aspektus.

Literatūra

1. Barvydienė V., Kasiulis J. Vadovo psichologija. – K., “Technologija”, 1994.
2. Dubauskas G. Organizacijos elgsena. Vilnius, 2006;
3. Ference E. A. Human-Resources Development: Toward a Definition of Training // Cornell Hotel and Restaurant Administration Quarterly, 1982 November, p. 23-25. – ISSN 1938-9663
4. Furnham A. Corporate Climate questionnaire: a new multidimensional and international instrument to audit employee perceptions // International Journal of Commerce and Management, 1991, vol. 1 (3/4), p. 39-54. – ISSN 1056-9219
5. Gray J. A Climate for Success. Creating the right climate for high organizational performance, Butterworth-Heinemann, 2007. – 244 p. – ISBN 978-0-7506-8368-5
6. Hong L. C., Kaur Sh. A Relationship between Organizational Climate, Employee Personality and Intention to Leave, International Review of Business Research Papers 2008, vol. 4, No.3, p. 1-10, – ISSN: 1832-9543
7. Jucevičius R. Strateginis organizacijos vystymas. Pasaulio lietuvių kultūros, mokslo ir švietimo centras, 1998.
8. Jucevičienė P. Organizacijos elgsena. Kaunas: Technologija, 1996.
9. Kalinauskaitė R., Merkys G. A cross-cultural validation of the intergenerational Tension Questionnaire // Socialiniai mokslai, 2007, Nr.4 (58), p. 83-93. – ISSN 1392-0758;
10. Kauno technikos kolegijos Statutas, patvirtintas LR Vyriausybės 2012 m. liepos 18 d. nutarimu Nr.951.
11. Kauno technikos kolegijos Studijų programų komitetų nuostatai. Patvirtinti Kauno technikos kolegijos direktoriaus 2023 m. rugsėjo 22 d. įsakymu Nr. VI-83
12. Level // Journal of Occupational & Organizational Psychology, 2004, vol. 77(2), p. 193-216.
13. Likert R. New Patterns of Management. – New York, McGraw – Hill Book Company, 1961. – 241 p.
14. Mayer M. et al. The Precursors and Products of Justice Climates: Group Leader Antecedents and Employee Attitudinal Consequences // Personell Psychology, 2007, vol. 60, p. 929–963. – ISSN 1744-6570
15. Merkys G. et al. Organizational Climate Test for Lithuanian Work Organizations: Validation and Correlation with Team Work Test // Socialiniai mokslai, 2005, Nr.3 (49), p. 39-51. – ISSN 1392-0758
16. Payne R. L. Climate and Culture: How Close Can They Get? // Handbook of organizational culture and climate, SAGE publications, inc., 2000, p. 163-176. – ISBN 0-7619-1602-4
17. Poškienė A, Kudirkaitė L, Damanskas N. Universiteto kultūra ir jos tyrimas: monografija. Kaunas: Technologija, 2000;
18. Shadur A. M. et al. The Relationship between Organizational Climate and Employee Perceptions of Involvement: The Importance of Support // Group Organization Management, 1999, vol. 24, p. 479-503. – ISSN 1059-6011
19. Schneider B. et al. Climate strength: A new direction for climate research // Journal of Applied Psychology, 2002, vol. 87. p. 220-230. – ISSN 0021-9010
20. Stoškus S., Daiva Beržinskienė „Vadyba“, Kaunas, „Technologija“, 2005.
21. Stringer R. Leadership and organizational climate. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 2002.

22. Vitkauskas K. Organizacijos klimato tobulinimas Lietuvos teisės akademijos Kauno policijos fakultete, Jurisprudencija, 1999, t. 12(4), p. 136-149
23. Vitkauskas K, Bučelienė J. Kauno technikos kolegijos studentų kaitos probleminiai aspektai. *Inžinerinės ir edukacinės technologijos: mokslo darbai*, 2021, Nr.2, P.146 -158. Prieiga per internetą: <https://www.ktk.lt/uploads/0929ddd5-d947-43bb-9763-507b8c36fae1/2021-02.pdf>
24. Zakarevičius P, Kvedaravičius J, Augustauskas T. Organizacijų vystymosi paradigma. Vytauto Didžiojo universitetas, 2004

STUDENT ASSESSMENT OF THE ORGANISATIONAL CLIMATE AT KAUNAS UNIVERSITY OF APPLIED ENGINEERING SCIENCES

Summary

In a general sense, the organizational climate is a set of factors that influence the efficient operation of the organization, its productivity, employee job satisfaction, their motivation, etc. Organizational climate is perceived, felt and evaluated by employees (students) as favorable or unfavorable. Therefore, when talking about a favorable or unfavorable organizational climate, it is important to know how one or the other of them manifests itself in the organization.

In the article, based on the scientific literature, the organizational climate at Kaunas Technical College is analyzed. Based on the results of the student survey, the factors affecting the human environment are examined: organizational structure and internal communication, management and leadership style, the degree of individual self-identification in the organization, opportunities for meeting needs, interpersonal relationships, etc. The attitude of students towards the quality of lectures and educational practice was also studied as one of the factors influencing the perception of the organizational climate.

The research was conducted using an anonymous questionnaire. The questionnaire analysis method is to compare the *importance* of the statement and its practical *correspondence*, and to evaluate the existing difference between them (if the *correspondence* of the statement is lower than its *importance*) relatively as a problem of a certain aspect of the organizational climate and as a reserve of development opportunities

The study showed that the organization's climate is acceptable for many students, but its individual aspects only partially meet the students' expectations and should therefore be improved.

Key words: organizational climate, organizational behavior, internal communication of the institution

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kęstutis Vitkauskas

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Kelių inžinerijos studijų programa, docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogaus teisės, edukologija

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 687 53779, kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Jolita Bučelienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras, lektorė.

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Orlaivių mechanizmų techninio eksploatavimo studijų programa, lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: edukacinės technologijos, edukologija.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 610 26927, jolita.buceliene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHOR

Author name, surname: Kęstutis Vitkauskas.

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associate Professor of Road Engineering study programme .

Author's research interests: human rights, educology.

Telephone and e-mail address: 8-687 53779, kestutis.vitkauskas@edu.ktk.lt

Author name, surname: Jolita Bučelienė.

Science degree and name: master degree, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, the lecturer of Aircraft Maintenance Engineering study programme.

Author's research interests: educational technologies, educology.

Telephone and e-mail address: 8 610 26927, jolita.buceliene@edu.ktk.lt

BAIGIAMŪJŲ DARBŲ RENGIMO PROCESO VERTINIMAS Į STUDENTĄ ORIENTUOTŲ STUDIJŲ KONTEKSTE

Giedrė Adomavičienė, Judita Štreimikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Studentų pasiekimų vertinimas yra vienas pagrindinių aukštosios mokyklos veiklos rodiklių, todėl patikimos studijų pasiekimų vertinimo sistemos sukūrimas ir jos veikimas turėtų tapti sudėtinė studijų kokybės toje aukštojoje mokykloje užtikrinimo sistemos dalimi. Pasiekimų vertinimą ir jų lygio lūkesčius formuoja tiek darbo aplinka, į kurią baigę studijas įsilieja aukštųjų mokyklų absolventai, tiek mokslinio pažinimo aplinka, kurioje gimstantis inovatyvus žinojimas perkeliamas į profesinio veikimo praktiką.

Tačiau stinga darbų, kuriuose būtų atskleidžiamas baigiamųjų darbų proceso, kaip vienos iš studijų rezultatų vertinimo aspektų, teorinio ir empirinio vertinimo. Tikslas – įvertinti baigiamųjų darbų rengimo procesą į studentą orientuotų studijų kontekste. Pirmojoje straipsnio dalyje bus pateikiamos studentų pasiekimų vertinimo teorinės prielaidos į studentą orientuotų studijų kontekste. Pagal išskirtas teorines nuostatas, sudarytas tyrimo teorinis konstruktas, išskirti tyrimo parametrai bei indikatoriai. Antroji straipsnio dalis skirta empiriniam tyrimui, kurio tikslas – atskleisti studentų nuomonę apie studentų pasiekimų vertinimo optimizavimą rengiant baigiamuosius darbus.

Tyrimo dalyvavo Kauno technikos kolegijos baigiamųjų kursų (nuolatinės studijos – III kursas, iššęstinės studijos – IV kursas) studentai, kurie baigiamuosius darbus pristatė kvalifikavimo komisijoje. Taikytas kiekybinis tyrimo metodas – apklausa (raštu).

Atliktas baigiamųjų darbų rengimo proceso teorinis ir empirinis vertinimas į studentą orientuotų studijų kontekste, suponuoją tokias išvadas: į studentą orientuotų studijų organizavimas formuoja naują požiūrį į studentų pasiekimų vertinimą. Šis procesas traktuojamas kaip integrali ir nuosekli studijų rezultatų, mokymosi veiklų ir vertinimo dermė, studento ir dėstytojo bendradarbiavimas, pasiekimų vertinimo proceso planavimas bei pačių studentų įsitraukimas į vertinimo procesą. Empirinio tyrimo rezultatai atskleidė, kad studijų rezultatų kryptingas planavimas neatsiejamas nuo individualių absolvento pastangų, racionalaus laiko planavimo bei kolegijoje sudarytų studijų sąlygų. Studentai labai gerai vertina dėstytojų ir studentų santykius, o studentų pasiekimų vertinimas – tai studento ir dėstytojo suvokta aukštosios mokyklos kokybės kultūros norma, kuri suprantama kaip integrali studento mokymosi patirtis, stiprinanti studento mokymąsi, teikianti informaciją apie pažangą, auginanti asmenybės potencialą, skatinanti studentų įsitraukimą į vertinimo procesą.

Reikšminiai žodžiai: studijų rezultatai, pasiekimų vertinimas, į studentą orientuotos studijos.

Pokyčiai aukštojo mokslo sistemoje yra nukreipti į aukštų akademinį bei profesinį standartų pasiekimą, kurie skatintų studentus būti atsakingais už savo išsilavinimą, profesinį pasirengimą. Aukštųjų mokyklų pagrindinė paskirtis – paruošti absolventą, kuris, būdamas sumanus ir lankstus profesinėje veikloje bei pasinaudodamas studijų metais įgytomis profesinėmis kompetencijomis, taptų konkurencingu darbuotoju, gebėtų greitai adaptuotis naujoje aplinkoje ir būtų pasiruošęs darbo rinkoje.

XXI a. pradžioje susiformavo naujas požiūris į studentą/besimokantįjį. Bolonijos procese, Luveno komunikate (2009) akcentuojama, kad Europos mokslo erdvėje studijų programų tikslas turi būti į studentą orientuotas mokymas. Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) taip pat pabrėžiama į studentą orientuoto mokymo ir mokymosi proceso realizavimo svarba. Akcentuojama, kad mokslo ir studijų institucijos turėtų užtikrinti tokį studijų programų įgyvendinimą, kuris skatintų studentus imtis aktyvaus vaidmens studijų procese, o studentų pasiekimų vertinimas būtų nuolatinis ir sisteminis procesas.

Studentų pasiekimų vertinimas yra vienas pagrindinių aukštosios mokyklos veiklos rodiklių, todėl patikimos studijų pasiekimų vertinimo sistemos sukūrimas ir jos veikimas turėtų tapti sudėtinė studijų kokybės toje aukštojoje mokykloje užtikrinimo sistemos dalimi. Pasiekimų vertinimą ir jų lygio lūkesčius formuoja tiek darbo aplinka, į kurią baigę studijas įsilieja aukštųjų mokyklų absolventai, tiek mokslinio pažinimo aplinka, kurioje gimstantis inovatyvus žinojimas perkeliamas į profesinio veikimo praktiką.

Studijų pasiekimus ir jų lygmenis apibrėžia keletas faktorių – kvalifikacijų sandara, studijų pakopų ir kryptų reglamentai, studijų programos tikslai ir studijų rezultatai. Nepaisant pasiekimų dalykinio turinio įvairovės, visada kalbama apie studijuojančiojo pasiekimus ir jo pažangą siekiant užsibrėžto arba nustatyto pasiekimų lygmens. Kita vertus, sparti globalaus pasaulio visuomeninė ir technologinė raida lemia nuolatinę mokymosi pasiekimų ir konkurencingo aukštosios mokyklos absolvento kompetencijų kaitą, kuri savo ruožtu verčia instituciją ne tik užtikrinti, kad aktualių kompetencijų ir savybių būtų įgyjama studijuojant, bet ir sudaryti sąlygas įsitikinti, jog jos pasiekiamos reikiamu lygiu.

Tiek mokslininkai, tiek praktikai plačiai analizuoja studentų pasiekimų vertinimo procesą, ieško optimaliausių šio proceso organizavimo būdų, sąsajų su kitais didaktinės sistemos elementais. Mokslininkų grupės (Serano, Sanchez-Martin, Losada, Polo, 2021) atlikti tyrimai leidžia teigti, kad studentų pasiekimai koreliuoja su motyvuotu, kryptingu studijų programos pasirinkimu bei profesinės karjeros kryptingumu. T. T. York, C. Gibson, S. Rankin (2015) pagrindžia mintį, kad studijų sėkmė yra susijusi su studentų pasiekimų vertinimu, įsitraukimu į tikslinę studijų veiklą, žinių, įgūdžių ir kompetencijų įgijimu, mokymosi rezultatų pasiekimu. Plačiai pristatomi tyrimai (Kanwar, Sanjeeva, 2022; Flournoy, Bauman, 2021), kuriuose pabrėžiama studentų pasiekimų vertinimo dermė su studijų programos rezultatais, studijų metodais bei vertinimo metodais.

Tačiau stinga darbų, kuriuose būtų atskleidžiamas baigiamųjų darbų rengimo proceso vertinimas į studentą orientuotų studijų kontekste. Tikslas – įvertinti baigiamųjų darbų rengimo procesą į studentą orientuotų studijų kontekste. Pirmoje straipsnio dalyje bus pateikiamos studentų pasiekimų vertinimo teorinės prielaidos į studentą orientuotų studijų kontekste. Pagal išskirtas teorines nuostatas, sudarytas tyrimo teorinis konstruktas, išskirti tyrimo parametrai bei indikatoriai. Antra straipsnio dalis skirta empiriniam tyrimui, kurio tikslas – atskleisti studentų nuomonę apie studentų pasiekimų vertinimo optimizavimą, rengiant baigiamuosius darbus.

Tyrime dalyvavo Kauno technikos kolegijos baigiamųjų kursų (nuolatinės studijos – III kursas, ištęstinės studijos – IV kursas) studentai, kurie baigiamuosius darbus pristatė kvalifikavimo komisijoje. Taikytas kiekybinis tyrimo metodas – apklausa (raštu).

Baigiamųjų darbų rengimo proceso vertinimo į studentą orientuotų studijų kontekste teorinės prielaidos

Didėjant aukštojo mokslo reikšmei, plėtojantis diskusijoms apie studijų kokybę, specialistų parengimą, studentų įsitraukimą į studijas, vienas iš dažniausiai diskutuotinių klausimų tampa į studentą orientuotų studijų realizavimas. Pabrėžiama, kad šie pokyčiai gali būti įgyvendinami tik kompleksiskai, t.y. sukūrus tinkamą į studentą orientuotą studijų kultūrą. Europos Aukštojo mokslo dokumentuose (2015) į studentą orientuotos studijos apibrėžiamos kaip požiūris į aukštojo mokslo sistemą ir jos kultūrą, paremtas įvairiais mokymosi metodais, glaudesne komunikacija tarp mokančiojo ir besimokančiojo, skatinantis studento savarankiškumą bei įsitraukimą į mokymosi procesą.

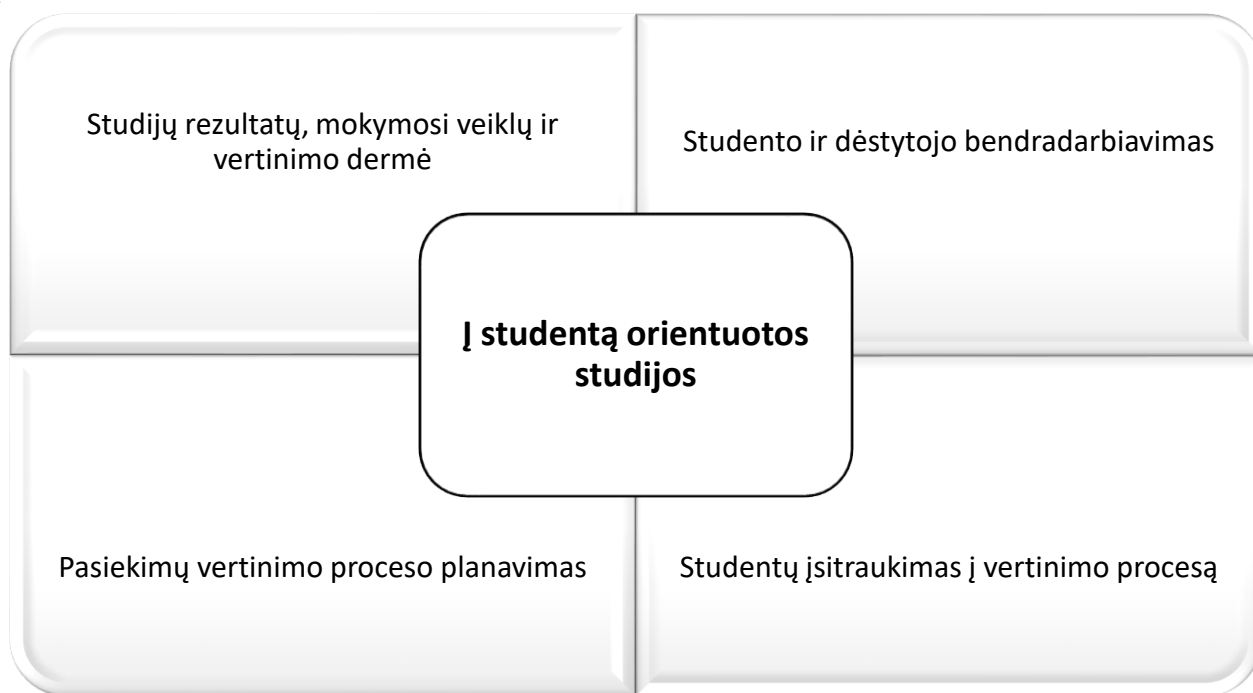
Lietuvos aukštojo mokslo studijų sistema dalyvauja Europos bendrosios aukštojo mokslo ir studijų erdvės raidos procesuose, kurių pagrindinis ilgalaikis tikslas yra į studentą orientuotų studijų įgyvendinimas. Lietuvos kvalifikacijų sandarą suderinus su Europos kvalifikacijų sąranga, įdiegus studijų kreditus, studentų ugdomas kompetencijas studijų programose aprašius studijų rezultatų kalba, dėmesys buvo nukreiptas į studijų kryptių aprašų rengimą ir jų įgyvendinimą; tai įvedė studijų pasiekimų lygmenų reikšmę. Studijų kryptių aprašų taikymas studijų sistemoje iškėlė naujų klausimų, kurie sukūrė prielaidas žengti kitą žingsnį ir telkti dėmesį į aukštosiose mokyklose įgyvendinamos studijų pasiekimų vertinimo sistemos įgalinimą. Aukštajai mokyklai ir jos studentams svarbu, kad institucija būtų tikra dėl ją baigiančių studentų pasiekimų lygio. Nuo Bolonijos proceso pradžios vis didesnis dėmesys skiriamas absolventų kompetencijoms ir jų atitikčiai globaliai ir sparčiai besikeičiančiai darbo aplinkai.

Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) akcentuojama, kad į studentą orientuotas mokymasis ir mokymas yra svarbus skatinant studentų motyvaciją, savirefleksiją ir įsitraukimą į studijų procesą. Tai glaudžiai susiję su studijų programos parengimu, jos įgyvendinimu bei pasiektų rezultatų vertinimu.

T. Gavin ir L. Brown (2018) pastebi, kad įgyvendinant į studentą orientuotą mokymąsi ir mokymą atsižvelgiama į studentų įvairovę bei jų poreikius, sudaromos sąlygos lanksčiai rinktis mokymosi kelius; taikomi įvairūs dėstytojų būdai, atsižvelgiant į jų tinkamumą; lanksčiai naudojami įvairūs pedagoginiai metodai; skatinamas besimokančiojo savarankiškumas taip pat užtikrinant tinkamą konsultavimą bei dėstytojo paramą; skatinamas studento ir dėstytojo bendradarbiavimas; nustatomos atitinkamos procedūros studentų skundams spręsti. A. Kanwar, M. Sanjeeva (2022) atlikti tyrimai leidžia teigti, kad studijų pasiekimų patikimumą užtikrina tinkamai organizuotas pasiekimų vertinimo procesas, kuriame savo vaidmenį turi visi studijų proceso dalyviai: studentai, dėstytojai, profesinės bendruomenės atstovai, administratoriai ir kiti. Autoriai akcentuoja, kad tam, kad studentų pasiekimų vertinimo procesas būtų tinkamas, patikimas ir teisingas, būtina tinkamai organizuoti vertinimo procesą, t. y. užtikrinti numatomų studijų rezultatų, studijų veiklų ir pasiekimų vertinimo būdų dermę, atliktų užduočių įverčių aiškumą, efektyvų vertinimo proceso administravimą, rezultatų skelbimą ir grįžtamojo ryšio apie vertinimo rezultatus teikimą. Kitas svarbus akcentas – pasiekimų vertinimo laike išdėstyti, t. y. užtikrinti pasiekimų vertinimo nuoseklumą ir reguliarumą, dalyko ar modulio egzamino arba baigiamojo vertinimo tinkamumą, skirtingų dalykų ar modulių

pasiekimų vertinimo dermę, egzaminų ir jų perlaikymo tvarkaraštį. A. Vaičiūnienė, P. Jucevičienė (2021) pabrėžia, kad studentų pasiekimų vertinimo procese svarbu tinkamai ir aiškiai iškomunikuoti vertinimo tvarkas ir taisykles, t.y. reglamentuoti vertinimo procedūras, aprašyti nesąžiningumo, plagiatu, darbo nesavarankiškumo vertinimo principus.

Atliktos teorinės išvalgos bei į studentą orientuotų studijų nuostatos formuoja naują požiūrį į studentų pasiekimų vertinimą. Taigi galima teigti, kad studentų pasiekimų vertinimas – tai studento ir dėstytojo suvokta aukštosios mokyklos kokybės kultūros norma, kuri suprantama kaip integrali studento mokymosi patirtis, stiprinanti studento mokymąsi, teikianti informaciją apie pažangą, auginanti asmenybės potencialą. Pasiekimų vertinimą aukštoji mokykla kuria ir plėtoja kaip visų studijų dalyvių mokymosi mokytis ir mokymosi tobulinimo diskusijų ir susitarimų platformą. Teorinis studentų pasiekimo vertinimo modelis pateiktas 1 paveiksle.



1 pav. Teorinis studentų pasiekimų vertinimo modelis į studentą orientuotų studijų kontekste

Taigi galima teigti, kad į studentą orientuotų studijų kontekste pasiekimų vertinime svarbiausi elementai yra:

- *studijų rezultatų, mokymosi veiklų ir vertinimo dermė*, kur studijų veikla ugdo studentą, padeda jam pasiekti studijų rezultatus, skatina gilų, aktyvų ir refleksyvų mokymąsi. Studijose taikoma užduočių visuma ne tik įvertina studijų rezultatų pasiekimą (t. y. leidžia studentui įrodyti įgytas žinias ir gebėjimus), bet nuoseklus užduočių atlikimas padeda ugdyti gebėjimų perkeliamumą, o vertinimo užduočių apimtys užtikrina tinkamą savarankišką darbą ;

- *studento ir dėstytojo bendradarbiavimas*, kai aukštojoje mokykloje skatinamas bei palaikomas studento ir dėstytojo bendradarbiavimas. Mokymas/is yra dviejų aktyviai įsitraukusių pusių partnerystė. Realizuojant į studentą orientuotas studijas, keičiasi dėstytojo vaidmuo: dėstytoją – žinių turėtoją ir perteikėją keičia dėstytojas – mokymosi organizatorius, mokymosi galimybių kūrėjas, mokymosi talkininkas, patarėjas, partneris, tarpininkas tarp studento ir įvairių šiuolaikinių žinių šaltinių. Rengiant baigiamąjį darbą, vyksta aktyvus bendradarbiavimas su darbo vadovu, kai aptariami darbo tikslai, planuojami rezultatai, aptariami abipusiai lūkesčiai, darbo eigos etapai. Bendradarbiavimo kultūra reikalauja abiejų pusių pasirengimo ir įsitraukimo: studentui pristatomi programos tikslai, planuojami studijų rezultatai, aptariami abipusiai lūkesčiai ir reikalavimai; dėstytojas rengia ir teikia užduotis, kurios studentui padeda nuosekliai ugdytis gebėjimus ir diskutuoti apie mokymosi pažangą;

- *pasiekimų vertinimo proceso planavimas*, kai užtikrinamas skaidrus vertinimo procesas, suformuotos tikslios ir visiems aiškios procedūros. Priimamų sprendimų skaidrumą ir patikimumą užtikrina aiškiai suformuluoti studijų rezultatai, reikalavimai, tinkamos užduotys, standartai ir kriterijai, kurie komunikuojami visoms suinteresuotosioms šalims. Atsiskaitymų tvarka ir aiškios procedūros aprašytos aukštosios mokyklos vertinimo tvarkoje (aprašė) ar kituose dokumentuose;

- *studentų įsitraukimas į vertinimo procesą*, kai aukštojoje mokykloje yra sudaromos sąlygos studentams įsitraukti į pasiekimų vertinimo gairių kūrimą. Įsitraukimas gali būti realizuojamas savivaldos struktūrose, kuriose yra numatytos kvotos studentams. Įteisinant pasiekimų vertinimo konceptualias nuostatas, tvarkas, procedūras ir reikalavimus, studentų atstovai gali tiesiogiai išsakyti savo poziciją – pritarimą ar nepritarimą. Studentai turėtų aktyviai įsitraukti į kasdienes studijų aktualijas ir vertinimo procesą bendradarbiaudami, išsakydami nuomonę, teikdami pasiūlymus ir taip stimuliuodami pasiekimų vertinimo kultūros kaitą.

Atsižvelgiant į studentų orientuotų studijų nuostatas, Kauno technikos kolegijoje studentų pasiekimų vertinimas apima daugiau nei vertinimo tvarką ir yra susietas su daug komponentų: pasiekimų vertinimo principais, vertinimo organizavimu ir etika, akademinio sąžiningumo politika, apibrėžiančia dėstytojų ir studentų funkcijas, įsitraukimą, atsakomybę, teises ir pareigas, užduotis ir grįžtamojo atsako elementus kaip nuolat išgyvenamas ir patiriamas mokymosi situacijas, t.y. pasiekimų vertinimas vyksta viso studijų proceso metu. Kolegijoje nuolat vyksta šio proceso stebėseną, ieškoma optimalių, studijų programos rezultatus geriausiai pagrindžiančių vertinimo formų bei būdų. 2021-2023 metais kolegijoje vykdomas longitudinalinis tyrimas, kurio tikslas – iširti studentų nuomonę apie studentų pasiekimų vertinimą studijų procese. Tyrimas apėmė įvairius studentų pasiekimų vertinimo aspektus bei formas. Šiame straipsnyje bus analizuojamas vienas iš plataus tyrimo aspektų – baigiamųjų darbų rengimo ir organizavimo procesas. Taigi antroje straipsnio dalyje bus aptarta studentų nuomonė apie studentų pasiekimų vertinimo optimizavimą rengiant baigiamuosius darbus.

Studentų nuomonės apie baigiamųjų darbų rengimo procesą empirinis pagrindimas

Baigiamasis darbas – tai studento savarankiškai parengtas tiriamojo arba projektinio pobūdžio kvalifikacinis darbas. Baigiamųjų darbų rengimas yra svarbi studijų proceso sudedamoji dalis, kai studentas pademonstruoja savarankiškumo lygmenį, sudaromos prielaidos atsiskleisti jo kritiniam mąstymui, komunikaciniams, informacinių technologijų, užsienio kalbos gebėjimams, iniciatyvumui, kūrybiškumui, atsakomybei. Šis procesas yra nukreiptas į studijų rezultatų, veiklų ir vertinimo dermę, baigiamojo darbo rengimo proceso planavimą, aktyvų studento ir dėstytojų bendradarbiavimą bei pačio studento įsitraukimą. Siekiant atskleisti studentų nuomonę apie baigiamųjų darbų rengimo procesą, taikyta kiekybinio tyrimo metodologija. Kiekybinis tyrimas pasirinktas todėl, kad buvo siekiama išmatuoti dominančio reiškinių paplitimą tam tikroje populiacijoje, pamatuoti tiriamojo objekto požymius bei statistiškai pagrįsti objekto esminius parametrus, prielaidas ir lemiančius veiksnius. 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) žmonių nuostatų nagrinėjimą ir matavimą.

Tyrimo instrumentas – apklausa (raštu). Tyrimo instrumentas parengtas remiantis teoriniu studentų pasiekimų vertinimo modeliu į studentų orientuotų studijų kontekste. Klausimyno konstruktas parengtas pagal teorinio modelio rodiklius: studento ir dėstytojo bendravimas; studijų rezultatų, mokymosi veiklų ir vertinimo dermė; pasiekimų vertinimo proceso planavimas; studentų įsitraukimas į vertinimo procesą

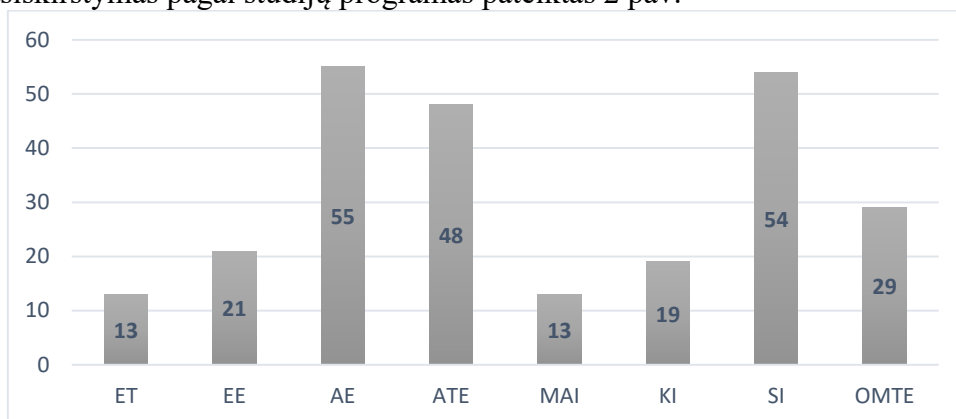
Tyrimo vyko 2023 m. birželio 10-23 dienomis Kauno technikos kolegijoje po baigiamųjų darbų kvalifikacinės komisijos posėdžio, kai studentai jau buvo pristatę savo baigiamuosius darbus.

Tyrimo dalyviai ir jų atranka. Buvo taikytas tikimybinis atrankos būdas, kai kiekvieno tiriamos populiacijos nario tikimybė pakliūti į imtį yra žinoma. Taigi planuota, kad tyrime dalyvaus visi KTK baigiamojo kurso studentai (iš viso 2023 metais baigiamuosius darbus apgynė 257 absolventai). Tokiu būdu buvo siekiama patikrinti teorines prielaidas statistiškai patikima imtimi (su 5% tikimybine paklaida). Klausimynai buvo dalinami studentams po jų baigiamojo darbo gynimo kvalifikacinėje komisijoje.

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.

Vykdam apklausą, iš viso buvo išdalinti 257 klausimynai. Po apklausos 5 klausimynai buvo sugadinti, todėl statistiniam duomenų apdorojimui ir analizei iš viso tinkami buvo 252 klausimynai. Taigi galima teigti, kad apklausoje dalyvavo 252 baigiamojo kurso studentai, t.y. 98 proc. visų 2023 m. baigusiujų absolventų.

Kauno technikos kolegijoje realizuojamos 9 studijų programos, tačiau tyrime dalyvavo studentai iš 8 studijų programų, kadangi studijų programa „Avionikos sistemų inžinerija“ realizuojama tik antrus metus, tai dar nėra baigusiųjų studijas. Tyrime dalyvavusių studentų skaičiaus pasiskirstymas pagal studijų programas pateiktas 2 pav.

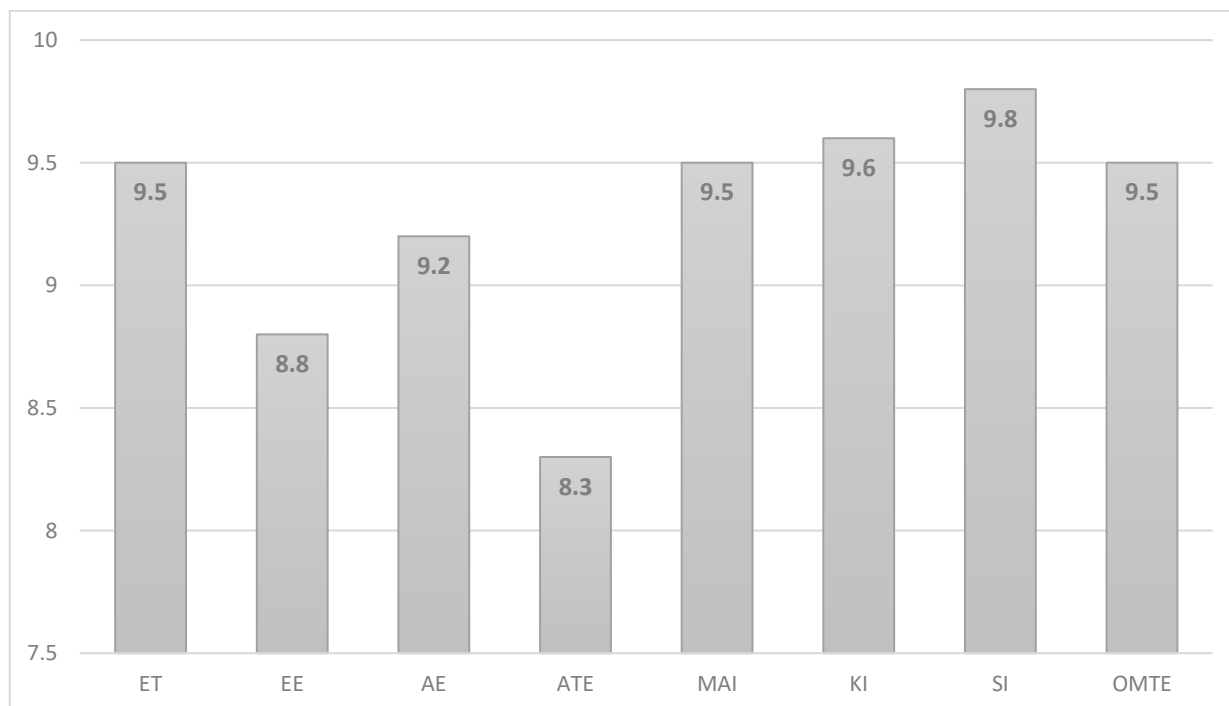


2 pav. Tyrime dalyvavusių studentų skaičius pagal studijų programas

Taigi tyrime dalyvavo visų studijų programų studentai apgynę baigiamąjį darbą 2023 m. birželio mėn.

Baigiamojo kurso studentų buvo parašyta įvardinti veiksnius, kurie, jų manymu, užtikrino studijų rezultatų, mokymosi veiklų ir vertinimo dermę, t.y. studijų rezultatų kryptingą planavimą. Studentai įvardino šiuos veiksnius: baigiamojo darbo rengimo tvarkaraščio sudarymas, konsultacijos su baigiamojo darbo vadovu, dėstytojų-dalykininkų konsultacijos, individualios pastangos, savarankiškas paties studento darbas, darbdavio pagalba, tikslus laiko planavimas. Apibendrinant atsakymus galima teigti, studijų rezultatų kryptingas planavimas neatsiejamas nuo individualių absolvento pastangų, racionalaus laiko planavimo bei kolegijoje sudarytų studijų sąlygų.

Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatose ir gairėse (2015) pabrėžiamas studento ir dėstytojo bendradarbiavimas. Studentų buvo paprašyta įvertinti 10 balų skalėje (kai 10 - puikiai ... 1- blogai) bendradarbiavimą su darbo vadovu baigiamojo darbo rengimo procese. Studentų vertinimas atsispindi 3 paveiksle.



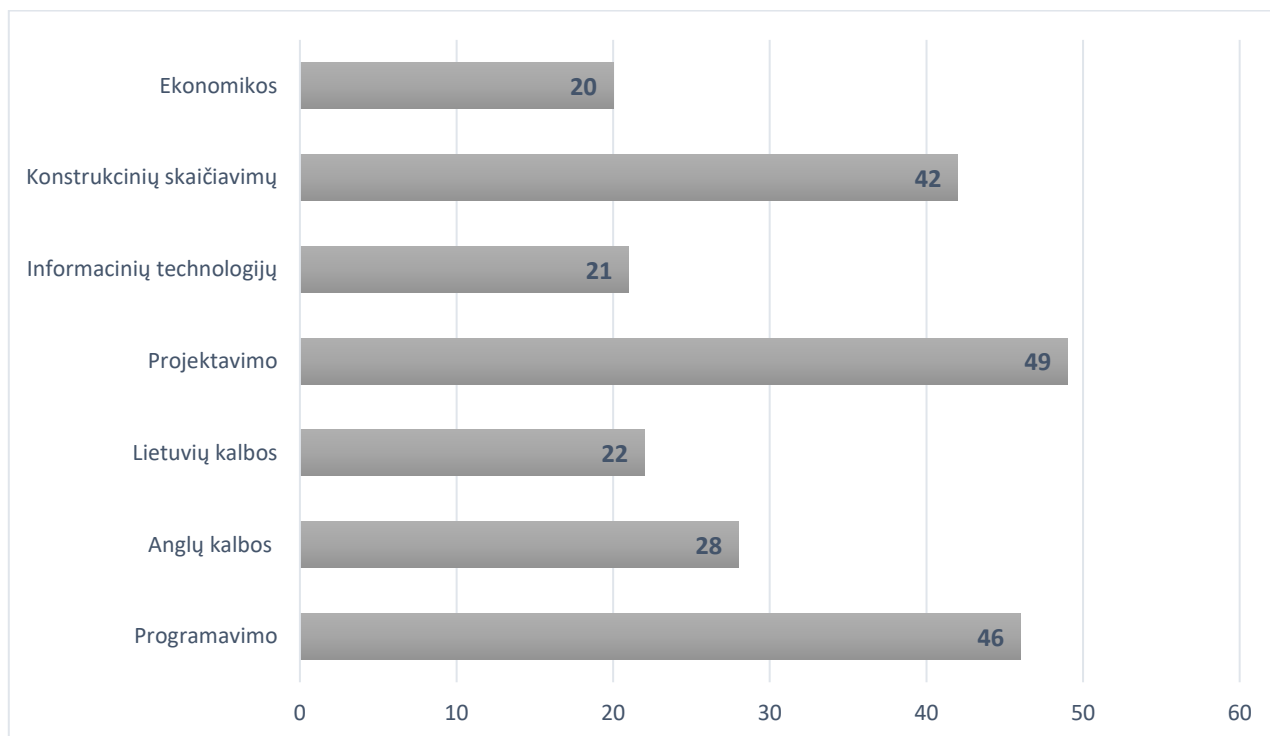
3 pav. Bendradarbiavimo su darbo vadovu vertinimas

Apibendrinant studentų bendradarbiavimo su darbo vadovu, rengiant baigiamąjį darbą, vertinimą galima daryti prielaidą, kad rengiant baigiamuosius darbus studentai ir dėstytojai bendradarbiauja, vyksta konsultavimo/si procesas. Studentai labai gerai vertina bendradarbiavimą su darbo vadovu.

Kitas svarbus studentų pasiekimų vertinimo elementas į studentą orientuotų studijų kontekste yra pasiekimų vertinimo proceso planavimas. Šio proceso metu užtikrinamas skaidrus vertinimo procesas, suformuotos tikslios ir visiems aiškios procedūros. Tai užtikrina aiškiai suformuluoti studijų rezultatai, reikalavimai, tinkamos užduotys, standartai ir kriterijai, kurie komunikuojami visoms suinteresuotosioms šalims. Studentų buvo paprašyta įvardinti baigiamojo darbo rengimo proceso tobulintinus aspektus. Respondentų atsakymai suponuoja mintį, kad kolegijos studijų programų komitetuose būtina dar kartą peržiūrėti baigiamųjų darbų tvarkaraščius bei studijų programose parengtus baigiamųjų darbų rengimo metodinius nurodymus, nes 62 proc. apklaustųjų teigė, kad dažnai dėstytojai savaip interpretuoja baigiamųjų darbų metodinius nurodymus, atskirų dėstytojų ar recenzentų nuomonė darbo rengimo klausimais išsiskiria. Taigi studentai pasigenda vieningo dėstytojų, baigiamųjų darbų vadovų, recenzentų požiūrio į darbo rengimą.

Studentų įsitraukimas į vertinimo procesą yra viena iš į studentą orientuotų studijų sąlygų. Šios apklausos metu studentai galėjo tiesiogiai išsakyti savo poziciją – pritarimą ar nepritarimą tam tikriems baigiamojo darbo rengimo organizaciniais bei turinio aspektams.

Studentų buvo paklausta, ar jiems rengiant darbą buvo reikalingos papildomos konsultacijos. 41 proc. atsakiusiųjų teigė, kad papildomų konsultacijų jiems nereikėjo. 59 proc. atsakė, kad jie pasigedo daugiau arba įvairesnių konsultacijų. Tų studentų, kurie atsakė, kad jiems reikėjo papildomų konsultacijų, buvo paprašyta įvardinti kokių konsultacijų jiems trūko. Reikia pažymėti, kad studentai galėjo pasirinkti ne vieną atsakymą. Studentų atsakymai apie tai, kokių papildomų konsultacijų jiems trūko rengiant baigiamąjį darbą, atsispindi 4 paveiksle.



4 pav. Studentų nuomonė (proc.) apie papildomas konsultacijas (studentai galėjo rinkti kelis atsakymus)

Apibendrinant atsakymus galima teigti, kad baigiamojo darbo rengimo procese studentams labiausiai trūko tų dalykų konsultacijų, kurie buvo pirmame kurse. Galima daryti prielaidą, kad trūksta dermės tarp dalykų ir studijų rezultatų.

Atliktas baigiamųjų darbų rengimo proceso teorinis ir empirinis vertinimas į studentą orientuotų studijų kontekste, suponuoja tokias išvadas:

1. Į studentą orientuotų studijų organizavimas formuoja naują požiūrį į studentų pasiekimų vertinimą. Šis procesas traktuojamas kaip integrali ir nuosekli studijų rezultatų, mokymosi veiklų ir vertinimo dermė, studento ir dėstytojo bendradarbiavimas, pasiekimų vertinimo proceso planavimas bei pačių studentų įsitraukimas į vertinimo procesą.

2. Empirinio tyrimo rezultatai atskleidė, kad studijų rezultatų kryptingas planavimas neatsiejamas nuo individualių absolvento pastangų, racionalaus laiko planavimo bei kolegijoje sudarytų studijų sąlygų. Studentai labai gerai vertina dėstytojų ir studentų santykius, o studentų pasiekimų vertinimas – tai studento ir dėstytojo suvokta aukštosios mokyklos kokybės kultūros norma, kuri suprantama kaip integrali studento mokymosi patirtis, stiprinanti studento mokymąsi, teikianti informaciją apie pažangą, auginanti asmenybės potencialą, skatinanti studentų įsitraukimą į vertinimo procesą.

EVALUATION OF THE FINAL THESIS PREPARATION PROCESS IN THE CONTEXT OF STUDENT-CENTRED LEARNING

Summary

Assessment of student achievements is one of the main performance indicators of a higher education institution, therefore, the development of a reliable study achievement assessment system and its operation should become an integral part of the higher education institution study quality system. Assessment of achievements and expectations of their level are shaped both by the labour market into which higher education institution graduates enter after completing their studies, and by the environment of scientific knowledge, in which emerging innovative knowledge is transferred to the practice of professional action.

However, there is a lack of works that reveal the theoretical and empirical evaluation of the final thesis process as one of the aspects of the evaluation of learning outcomes. The aim is to evaluate the process of preparation of final thesis in the context of student-centred learning. The first part of the article will present the theoretical assumptions of student achievement assessment in the context of student-centred studies. According to the selected theoretical provisions, the theoretical construct of the research was created, the parameters and indicators of the research were selected. The second part of the article is devoted to empirical research, the purpose of which is to reveal students' opinion about the optimization of the student achievements assessment in the preparation of final thesis.

The students of KTK final courses (full-time studies - III year, part-time studies - IV year) participated in the research, and they had presented their final theses to the qualification committee. The applied quantitative research method is a questionnaire (written).

The theoretical and empirical evaluation of the final thesis preparation process in the context of student-centred learning implies the following conclusions: The organization of student-centred learning forms a new approach to the assessment of student achievements. This process is treated as an integral and consistent combination of learning outcomes, learning activities and assessment, student and teacher cooperation, planning of the achievement assessment process and students' own involvement in the assessment process. The results of the empirical research revealed that the purposeful planning of learning outcomes is inseparable from the student's individual efforts, rational time planning, and study environment at HEI. Students assess the relationship between teachers and students very well, and the assessment of student achievements is a cultural norm of the quality of higher education perceived by the student and the teacher, which is understood as an integral student learning experience that strengthens the student's learning, provides information about progress, develops personality potential, and promotes student involvement in assessment process.

Key words: Study results, Assessment of achievements, Student - Centred learning.

Literatūra

1. Europos Aukštojo mokslo erdvės kokybės užtikrinimo nuostatos ir gairės (2015).
2. Flournoy, L., Bauman, L. C. (2021). Collaborative Assessment: Using Self-assessment and Reflection for Student Learning and Program Development. *Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 12(1), 1-19. https://ojs.lib.uwo.ca/index.php/cjsotl_rcacea/article/view/14207/11418
3. Gavin T., Brown L. (2018). *Assessment of student achievement*. UAS, Taylor & Francis
4. York, T. T., Gibson, C. & Rankin, S., (2015) "Defining and Measuring Academic Success", *Practical Assessment, Research, and Evaluation* 20(1): 5. doi: <https://doi.org/10.7275/hz5x-tx03>
5. Kanwar, A., Sanjeeva, M. (2022). Student Satisfaction Survey: a Key for Quality Improvement in the Higher Education Institution. *Journal of Innovation and Entrepreneurship*, 27, <https://doi.org/10.1186/s13731-022-00196-6>.
6. Serrano, M. C., Sanchez-Martin, J. S., Losada, J. M., Polo, F. Z. (2021). The Role of the Social Sciences When Choosing University Studies: Motivations in Life Stories. *Education Sciences*, 11(8), 1-17. <https://www.mdpi.com/2227-7102/11/8/42014>
7. Svarbiausi Bolonijos proceso dokumentai Luveno–Budapešto/Vienos laikotarpis 2009–2010 m. (2010). ŠMM. Vilnius

8. The European Higher Education Area in 2018 Bologna Process Implementation Report. https://eacea.ec.europa.eu/national-policies/eurydice/content/european-higher-education-area-2018-bologna-process-implementation-report_en
9. Vaičiūnienė, A., Jucevičienė, P. (2021). Studentų įsivertinimo edukacinė vertė. Pedagogika / Pedagogy, 143(3), 195-222. <https://ejournals.vdu.lt/index.php/Pedagogika/article/view/2465>

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Giedrė Adomavičienė

Mokslo laipsnis ir vardas: socialinių mokslų daktarė, docentė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aukštojo mokslo didaktika, aukštosios mokyklos veiklos kokybės tyrimai.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61157620, giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Judita Štreimikienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistrė, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritys: aukštojo mokslo didaktika, užsienio kalbų dėstymo didaktika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 61818803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Giedrė Adomavičienė

Science degree and name: Doctor of Social Sciences, associate professor

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Author's research interests: higher education didactics, research of HEI activity quality.

Telephone and e-mail address: +370 61157620, giedre.adomaviciene@edu.ktk.lt

Author name, surname: Judita Štreimikienė

Science degree and name: Master, lecturer

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences

Author's research interests: higher education didactics, foreign language teaching didactics.

Telephone and e-mail address: +370 61818803, judita.streimikiene@edu.ktk.lt

LYDERIO SAVYBIŲ IR VADOVAVIMO STILIAUS SĄSAJŲ RAIŠKA: X ORGANIZACIJOJE ATVEJO ANALIZĖ

Regina Motienė

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Anot Jacko Welcho, lyderystė – tai kasdieniai derinimo veiksmai. Jis remiasi aštuoniomis taisyklėmis kurios gali būti prieštaringos viena kitai – todėl ir reikia mokėti atlikti derinimo darbus, mokėti pasirinkti vieną prarandant kitą.

Lyderystė – tai fenomenas, kuris skirtingose situacijose pasireiškia skirtingai. 2022 metais pasaulinėje lyderystės konferencijoje (PLK) buvo kalbama būtent apie tokią lyderystę, kuri pasirodo ir organizacijos valdyme ir labai gyvenimiškose, kasdieninėse situacijose. Organizacijai svarbu ne tik suformuluoti viziją, misiją, sukurti strategiją, išsikelti tikslus ir uždavinius jos įgyvendinimui, bet ir valdyti turimus išteklius (tiek žmones, tiek laiką ir medžiagas), kontroliuoti šį procesą, tinkamai organizuoti darbą. Dažnai šiame procese konkurencinį pranašumą lemia vadovo gebėjimas sutelkti kolektyvą įveikti iššūkius, valdyti procesus, vadovauti institucijai. Šio straipsnio tikslas – remiantis anketinės apklausos rezultatais atskleisti, kokią įtaką lyderio savybės turi jo vadovavimo stiliui. Straipsnyje analizuojama lyderystės bei vadovavimo stilių sąvokos, jų vartojimas šiuolaikiniame pasaulyje.

Reikšminiai žodžiai: lyderystė, lyderis, lyderio savybės, vadovavimo stilius.

Įvadas

„General Electric“ vadovo Jacko Welcho išbuvoimo ilgą laiką versle priežastis – lyderystė. Jis savo knygoje „Laimėti“ remiasi aštuoniomis taisyklėmis:

- Lyderiai nuolatos ugdo savo komandos narius, per kiekvieną, nors ir smulkiausią ir netikėčiausią susitikimą, naudojami galimybe įvertinti, ugdyti bei įkvėpti pasitikėjimo;
- Lyderiai siekia, kad pavaldiniai ne tik turėtų viziją, bet ir atsidavę siektų ją įgyvendinti;
- Lyderiai stengiasi įlipti į kiekvieno kailį, skleidžia teigiamą energiją ir optimizmą;
- Lyderiai įgyja pasitikėjimą atvirumu, skaidrumu ir gera reputacija;
- Lyderis nebijo priimti nepopuliarių sprendimų ir paklusti savo vidiniam balsui;
- Lyderis ne tik formuluoja klausimus, bet ir pasirūpina, kad jie būtų realiai sprendžiami.
- Lyderis savo pavyzdžiu įkvepia nebijoti rizikos ir mokytis;
- Lyderiai rūpinasi, kad laimėjimai būtų atšvesti.

Terminų *lyderis*, *lyderiavimas*, *lyderystė* vartojimas gali būti traktuojamas įvairiai. Nemažai autorių yra nagrinėję įvairias lyderiavimo teorijas bei bandę sudaryti svarbiausių lyderiams būdingų asmeninių bruožų sąrašą.

Dauguma autorių kalba apie adaptyvią lyderystę. Lyderystė yra priešinga eksperto ar vadovo veikimui. Tokio požiūrio laikomasi adaptyvios lyderystės sampratoje. (Avižinis ir kt., 2023). Adaptyvios lyderystės pradininkai Heifetzas R., ir Linsky'is M., šią lyderystės sampratą pradėjo plėtoti 9-ajame praėjusio amžiaus dešimtmetyje Harvardo universitete. Tai viena naujausių lyderystės sampratų.

Lyderio savybių turi ne tik vadovaujantys asmenys, bet ir kiekvienas žmogus, nesvarbu, kokias pareigas jis užima. Lyderystė yra žmogaus galimybė ir iššūkis realizuoti save. Lyderystė egzistuoja visur, kur tik yra žmonių, susijusių socialiniais ryšiais. (Šilingienė, 2011). Todėl lyderio ir lyderiavimo temos mūsų visuomenėje tampa vis aktualesnės.

Organizacijų struktūrose paprastai yra keletas įvairaus lygmens padalinių, kurių pavaldumo laipsnis yra skirtingas. Kiekvieną padalinį sudaro grupė žmonių – komanda, nuo kurios darnaus darbo priklauso ir visos institucijos sėkmė. Šioms komandoms vadovauja vadovai, tačiau ar visada jie yra lyderiai?

Šio klausimo aktualumas leidžia suformuluoti mokslinę problemą – kokios asmeninės lyderio savybės svarbios jo vadovavimo stiliui.

Tyrimo tikslas – atskleisti sąsajas tarp lyderio savybių ir vadovavimo stiliaus X organizacijoje.

Tyrimo uždaviniai:

1. Apibūdinti lyderystę, lyderio savybes, vadovavimo stilių svarbą šiuolaikinėje vadyboje, įvardijant, kokios asmeninės savybės būdingos lyderiui ir kuriomis iš jų pasižymi „X“ organizacijos padalinių vadovai.
2. Nustatyti, kuriems vadovavimo stiliams priskiriami „X“ organizacijos padalinių vadovai.
3. Įvertinti sąsajas tarp lyderio savybių ir vadovavimo stiliaus „X“ organizacijoje.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, kiekybinio tyrimo metodas, naudojant anketinę apklausą.

Lyderystės, lyderio savybių, vadovavimo stilių svarba šiuolaikinėje vadyboje

Lyderystės reikšmių bei sampratų tiek užsienio, tiek Lietuvos mokslinėje literatūroje pateikiama daug ir įvairių.

Žodį „leadership“ galima paaiškinti anglų kalbos žodžiu „lead“, kuris reiškia kelią, arba „leaden“ - keliauti. Taigi, lyderis yra tas, kuris nurodo kryptį bei teisingą kelią savo sekėjams (Dukynaitė, 2015).

Lyderystės samprata yra įgavusi daug aiškinimų ir interpretacijų, tačiau iš esmės visada apibrėžiama kaip įtakos procesas, keičiantis individų ar jų grupių elgseną (Yukl, 2012).

Naujausi lyderystės reiškinio tyrinėjimai krypsta santykių organizacijoje analizės link: yra atsitraukiama nuo požiūrio, kad lyderis – tik vadovas, turintis išskirtinių bruožų ir keičiantis organizaciją gera valia ir įtikinimu sekti paskui jį. Tik organizacijos narių tarpusavio sąveikų metu užtikrinamas organizacijos tobulėjimas, todėl lyderystė yra neatsiejama nuo sekėjų, o rezultatyvi / sėkminga lyderystė, kaip reiškinys, vis dažniau apibrėžiama ne tik lyderio, bet ir sekėjų veiksmais (Milić, 2017).

Neįmanoma įkvėpti kitų pokyčiui, neįgijus pagarbos ir pasitikėjimo, todėl lyderystė apima bendrą kolektyvo vertybių kūrimą, bendrai suprantamo organizacijos tikslo nustatymą (York-Barr ir kt., 2004), galios pasidalijimą (Topolinski, 2014; Anderson, 2008), socialinę įtaką (Kruse, 2013). Be organizacijos narių paramos ir išpareigojimo sėkmingi pokyčiai yra neįmanomi. Ir čia jau organizacijos vadovo dalis ir dalia, siekiant įgalinti kiekvieną pavaldinį būti lyderiu savo kolegai.

Lietuvių mokslininkai, nagrinėjantys lyderystės problemą, kalba apie lyderystės raiškos sąsają su efektyviu valdymu (Baronienė, 2008), „idealų“ ir „realų“ lyderio tipą (Butkevičienė ir kt., 2009), lyderystės ir valdymo stilius (Razauskas, 1996; Klimavičienė, 2013), lyderystės kompetenciją (Šilingienė, 2011), lyderystės charakteristikas (Jonušaitė ir kt., 2007), pateikiama ir atskirų socialinių grupių lyderiavimo analizė (Rupšienė, 2004). Lyderiavimas suprantamas kaip vadovavimo būdas, kaip gebėjimas paveikti darbuotojus entuziastingai ir su pasitikėjimu dirbti grupės tikslams (Bosienė, 2011). Iš pateiktų lyderystės apibrėžimų bene priimtinausias būtų lyderystės kaip asmeninės lyderio įtakos sekėjams, inspiruojant vizijas ir pokyčius, būdas ir rezultatas, pasireiškiantis kaip lyderio ir sekėjų, siekiančių bendrų tikslų, sąveikos procesas. (Šilingienė, 2012).

Lyderystė taip pat reiškia, kad lyderis ir sekėjai siekia tikslų, kurie yra bendri. Lyderis, kuris skiria pakankamai laiko ir pastangų tinkamų tikslų apibrėžimui, pasieks tuos tikslus daug efektyviau ir paprasčiau, jei sekėjai ir lyderis dirbs kartu ir nusistatys tikslus kartu. Žvelgiant į lyderystę kaip į poveikį grupei, kuri siekia bendro tikslo, lyderystė galėtų būti apibūdinta kaip žmogiškasis veiksnys, kuris sutelkia ir skatina grupę siekti rezultato (Šimanskienė ir kt., 2013).

Analizuojant lyderio savybes svarbu suvokti, kad lyderiavimas nėra konkretus mokslas. Tai greičiau menas būti pastoviai besimokančiu, patyrusiu ir tobulėjančiu (Adamonienė ir kt., 2011) bei gebėjimas reikiamu momentu tinkamiausiai pasinaudoti savo asmeninėmis savybėmis. Pažymima, kad vienos ar kitos savybės svarbą lemia konkreti situacija, kurioje lyderis veikia. Įvairūs autoriai bandė nustatyti asmens savybes, kurios įgalintų žmogų būti lyderiu. Autoriai (Adamonienė, ir kt., 2011) išskyrė tokius esminius lyderio gebėjimus, kaip: komunikaciją, sąžiningumą, nuoširdumą, gebėjimą orientotis ne tik į užduotis ir rezultatus, bet ir į darbuotojus, turėti aiškią ir įgyvendinamą viziją, būti kompetentingu ir gebėti prisiimti atsakomybę. Kiti autoriai juos papildė lyderiui būdingais bendraisiais (dorumas, dominavimas, emocinis stabilumas, entuziazmas, humoro jausmas, šiltumas, tolerancija, objektyvumas) ir orientacijos į tikslą (jautrumas kitiems, lankstumas, sugebėjimas prisitaikyti, pragmatiskumas ir praktiskumas, drąsa, gyvybingumas, emocionalumas) bruožais (Hersey ir kt., 2007; Rupšienė ir kt., 2012). Be to, lyderis privalėtų turėti valdžios pasiekimo motyvus, gebėti daryti įtaką grupės mąstymui ir elgesiui, prisiimti atsakomybę, rizikuoti, planuoti ir nustatyti tikslus, būti intelektualiu, gerai išmanyti savo sritį, mokėti valdyti procesus, būti tolerantišku ir atviru patirčiai. (Hersey ir kt., 2007; Rupšienė ir kt., 2012). Šios savybės išryškina *charizmatinės* lyderystės idėją. Kiti autoriai, aptardami lyderio bruožus, laikosi *transformacinės* lyderystės modelio ir išskiria tokius lyderiui būdingus bruožus, kaip komunikacinius gebėjimus, aiškios vizijos turėjimą, sugebėjimą įkvėpti pasitikėjimą, sugebėjimą padėti žmonėms pasijusti įgalinčiais, emocinį išraiškingumą ir šiltumą, energiją ir orientaciją į veiksmą, pasirengimą prisiimti asmeninę riziką, minimalius vidinius konfliktus, originalių strategijų naudojimą (Želvyš, 2006; Rupšienė ir kt. 2012).

Kuriant teorinį lyderio savybių modelį buvo išanalizuotos ir apjungtos kelios teorinės idėjos susijusios su lyderystės požymiais, savybėmis ir bruožais. Pasinaudota Jim‘o Collins‘o pateiktais 7 sėkmės elementais (Collins, 2006), kurie toliau traktuojami kaip lyderystės bruožai. Kiekvienam iš šių bruožų priskiriamas tam tikros lyderių savybės (1 lentelė).

1 lentelė

Lyderio asmeninių savybių ir bruožų atitikimas

<i>Bruožai</i>	<i>Savybės</i>
Nuoširdumas	Doras, objektyvus, jautrus kitiems, tolerantiškas
Ryžtas	Atkaklus, drąsus, emocionalus, skatinantis darbuotojus priimti sprendimus
Koncentracija	Lankstus ir sugebantis prisitaikyti, pragmatiškas ir praktiškas, apibrėžiantis darbo sritį
Asmeninis dalyvavimas	Intelektualus, rodantis asmeninį pavyzdį
Darbas su žmonėmis	Turintis humoro jausmą, atviras patirčiai, koordinuojantis grupės narių veiksmus

<i>Bruožai</i>	<i>Savybės</i>
Komunikacija	Turintis valdymo ir komunikacinių sugebėjimų, skatinantis bendradarbiavimą
Tikslo siekimas	Dominuojantis, emociškai stabilus, keliantis aiškius tikslus komandai

Šaltinis: Collins J.(2006). 7 Measures of success

Lyderio elgsenos modeliai ir svarbiausios jų charakteristikos dažniausiai yra apibūdinamos lyderystės arba vadovavimo stiliais. Ir nors šios sąvokos nėra tapačios, mokslinėje lietuvių literatūroje jos dažnai vartojamos sinonimiškai. Straipsnyje naudojama vadovavimo stiliaus sąvoka. Vadovavimo stilius - tai tarpusavyje susiję vadovavimo metodai, elgesio normos, taisyklės, kuriuos vadovas naudoja savo darbe, skatindamas pavaldinį siekti užsibrėžtų tikslų (Kasiulis ir kt., 2005; Žvinytė, 2009).

Vokiečių mokslininkai (Bormann ir kt., 1992) vadovavimo stilius skyrė į dvi grupes: *autoritarinį ir demokratinį*. Autoritarinis stilius yra trijų tipų:

- *Diktatoriškas*, kai vadovaujama griežtais įsakais, nurodymais, grasinant sankcijomis;
- *Autokratinis*, kai vadovaujama remiantis tik formalios valdžios teisėmis;
- *Biurokratinis*, kai vadovaujama smulkiai reglamentuojant ir dokumentuojant veiklą;
- Demokratinis stilius yra keturių tipų;
- *Komunikacinis*, kai vadovaujama nuolat keičiantis informacija su darbuotojais;
- *Konsultacinis*, kai vadovaujama nuolat konsultuojantis su darbuotojais, išklausa jų nuomonę;
- *Bendrų sprendimų*, kai vadovaujama kolegialiai priimant sprendimus kartu su darbuotojais;
- *Autonominis*, kai vadovaujama, sprendimų priėmimo teises perduodant darbuotojams, o sau pasilikant tik moderatoriaus vaidmenį (Klimavičienė, 2013).

Tačiau nėra vieno geriausio vadovo tipo, visiems laikams ir visiems valdymo atvejams geriausio stiliaus. Asmens lyderio tipas priklauso nuo jo asmeninių savybių, įsitikinimų, vertybių ir prioritetų derinio, kultūrinės aplinkos ir normų, kurios skatina kai kurių stilių naudojimą arba jų atsisakymą. Vienas vadovas tame pačiame kolektyve geriausių rezultatų pasieks dirbdamas vienokiu, kitas – kitokiu stiliumi. Ir pagaliau vienam pavaldiniui reikia įsakyti, kitam – tik patarti, trečiam – padėti. Taigi, vadovas vadovaudamas turi turėti įvairių poveikio priemonių. Kiekvienas valdymo stilius gali būti geras ir pateisinamas tam tikrais atvejais ir aplinkybėmis (Razauskas, 1996).

Tyrimo nustatyta, kuriam lyderiavimo stiliui „X“ organizacijos darbuotojai priskiria savo padalinių vadovus, kokias išskiria jų asmenines savybes, kokias vadovo-lyderio savybes pažymi kaip būtinas vadovui ir kuriomis iš jų, respondentų nuomone, pasižymi jų tiesioginiai vadovai. Pasinaudota supaprastinta vadovavimo stilių bei asmeninių lyderio bruožų matrica (2 lentelė).

2 lentelė

Lyderio bruožų ir vadovavimo stilių atitikimas

<i>Bruožai</i>	<i>Vadovavimo stilius</i>
Nuoširdumas	Demokratinis
Ryžtas	
Darbas su žmonėmis	
Komunikacija	
Koncentracija	Autoritarinis
Asmeninis dalyvavimas	
Tikslo siekimas	

Šaltinis: Sudaryta autorės

Lyderio savybių ir vadovavimo stiliaus atitikimo tyrimo rezultatai

Atliekant empirinį tyrimą, taikytas kiekybinis metodas. Tyrimas atliktas 2023 m. kovo mėnesį. Tyrimo imtis - 53 „X“ organizacijos administracinių padalinių darbuotojai. Iš jų 41 – moterys 77 proc. ir 12 – vyrai 23 proc. Tarp respondentų jų tiesioginių vadovų nebuvo. Tyrimo instrumentarijus – anketinė apklausa (raštu), parengta pagal D. Baronienės metodiką. (Baronienė, 2007).

Klausimyną sudarė 2 klausimų grupės: asmeninės padalinio vadovo savybės ir nuomonė apie padalinio valdymą. Statistinei duomenų analizei naudota SPSS programinė įranga, taikyta koreliacinių ryšių (taikant Pearsono koreliacijos koeficientą) statistinė procedūra.

Pirmoji klausimų grupė buvo skirta išsiaiškinti, kokiomis asmeninėmis savybėmis, būdingomis lyderiui, pasižymi respondentų padalinio vadovas (3 lentelė).

3 lentelė

Asmeninės savybės, kuriomis pasižymi padalinio vadovas (proc.)

Bruožai	Savybės	Visada	Dažnai	Retsykais	Niekada
Nuoširdumas	Doras	18	66	16	
	Objektyvus	24	48	24	4
	Jautrus kitiems	18	45	33	4

Bruožai	Savybės	Visada	Dažnai	Retsykais	Niekada
	Tolerantiškas	10	45	39	6
Ryžtas	Atkaklus	33	38	27	2
	Drąsus	15	42	36	7
	Emocionalus	18	39	33	10
	Skatinantis darbuotojus priimti sprendimus	34	38	24	4
Darbas su žmonėmis	Turintis humoro jausmą	9	58	31	2
	Atviras patirčiai	12	54	30	4
Komunikacija	Koordinuojantis grupės narių veiksmus	12	70	12	6
	Turintis valdymo ir komunikacinių sugebėjimų	24	45	27	4
	Skatinantis bendradarbiavimą	10	69	18	3
Koncentracija	Lankstus	18	51	27	4
	Pragmatiškas ir praktiškas	18	43	36	3
	Apibrėžiantis darbo sritis	21	55	21	3
Asmeninis dalyvavimas	Intelektualus	24	38	36	2
	Rodantis asmeninį pavyzdį	22	69	6	3
Tikslo siekimas	Dominuojantis	30	40	27	3
	Emociškai stabilus	28	49	18	5
	Keliantis aiškius tikslus komandai	18	68	12	2

Šaltinis: Sudaryta autorės

Iš lentelės matyti, kad padalinių vadovams labiausiai būdingi bruožai sietini su asmeninėmis savybėmis, nukreiptomis į kitus asmenis: rodantis asmeninį pavyzdį (22 proc. visada, 69 proc. dažnai), koordinuojantis grupės narių veiksmus (12 proc. – visada, 70 proc. – dažnai), keliantis aiškius tikslus komandai (18 proc. visada, 68 proc. dažnai), Respondentai pažymi ir vadovų dorumą, objektyvumą, atkaklumą, atkaklumą, dominavimą, emociinį stabilumą. Mažiausiai pasireiškiančios savybės yra emocionalumas ir drąsa.

Taikant šiems faktoriams Pearsono koreliacijos koeficientą ir koreliuojant asmenines savybes tarpusavyje pastebėta stipri atvirkštinė koreliacija tarp gebėjimo *kelti aiškius tikslus komandai* ir *objektyvumo* ($r=-0,508^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$), *emocionalumo* ($r=-0,485^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$), *jautrumo kitiems* ($r=-0,463^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$). *Gebėjimas skatinti darbuotojus priimti sprendimus* koreliuoja su *objektyvumu* ($r=-0,528^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$).

Antrąją klausimų grupę sudarė klausimai, skirti padalinio vadovo vadovavimo stiliui nustatyti. Laikydami 2 lentelėje pateiktos matricos, išskirta demokratinis ir autoritarinis vadovavimo stiliai. Kiekvienam stiliui priskirti 6-8 klausimai (4 lentelė).

4 lentelė

Padalinio vadovų vadovavimo stiliai (proc.)

		tikrai taip	lyg ir taip	lyg ir ne	tikrai ne
Demokratinis	Vadovas bendradarbiauja, dalinasi patirtimi	22	45	33	
	Vadovas tarpininkauja sprenddamas konfliktus	22	45	33	
	Pozityvus padalinio vadovo požiūris į inovacijas	30	52	18	
	Suteikia pavaldiniams galimybę dirbti savarankiškai, rodant iniciatyvą	22	60	18	
	Svarbiau pavaldinių motyvacija, o ne kontrolė	24	60	12	4
	Iškilius klausimus sprendžia pats vadovas be grupės pritarimo	15	57	22	6
	Klausimai išsprendžiami greitai ir teisingai, jeigu tikimasi asmeninės naudos	16	48	36	
Autoritarinis	Palaiiko tik formalius santykius su darbuotojais	9	46	30	15
	Nustato griežtus darbo standartus ir organizuoja darbo užduotis iki smulkmenų	10	39	36	15
	Atidžiai prižiūri pavaldinių darbą	12	46	36	6
	Darbuotojams dažnai nurodo, kas ką turi daryti	18	46	27	9
	Atsargiai priima sprendimus	12	45	31	12
	Nuoseklus, lengvai pasiduoda kitų nuomonei	15	49	21	15
Visuomet ieško objektyvių priežasčių, pateisinančių aplaidumą	12	55	21	12	

Šaltinis: Sudaryta autorės

Respondentų nuomone, jų padalinių vadovai daugiau naudoja demokratinį vadovavimo stilių. Daugiausiai teigiamų įvertinimų nustatyta *pozityvus padalinio vadovo požiūris į inovacijas* (30 proc. tikrai taip ir 52 proc. lyg ir taip), *svarbesniu dalyku laikoma pavaldinių motyvacija, o ne kontrolė* (24 proc. tikrai taip ir 60 proc. lyg ir taip). Labai gerai vertinama vadovų pavaldiniams suteikiama *galimybė dirbti savarankiškai, rodant iniciatyvą* (22 proc. tikrai taip ir 60 proc. lyg ir taip). Kiti indikatoriai pasiskirsto ganėtinai tolygiai. Labiausiai neigiamai šioje grupėje vertinamas indikatorius *vadovas palaiko tik formalius santykius su darbuotojais* (15 proc. tikrai ne ir 30 proc. lyg ir ne).

Autoritarinio valdymo stiliaus teiginiuose vyravo neigiami vertinimai. Labiausiai teigiamai vertinamas indikatorius šioje grupėje – *darbuotojams dažnai nurodo, kas ką turi daryti* (18 proc. tikrai taip ir 46 proc. lyg ir taip). Griežčiausiai neigiamai įvertintas teiginys, kad *vadovas nustato griežtus darbo standartus ir organizuota darbo užduotis iki smulkmenų* (36 proc. lyg ir ne ir 15 proc. tikrai ne) bei tai, kad *vadovas atidžiai prižiūri pavaldinių darbą* (15 proc. tikrai ne ir 36 proc. lyg ir ne).

Taikant šiems faktoriams Pearsono koreliacijos koeficientą ir koreliuojant vadovavimo stilius su padalinio vadovo savybėmis pastebėta, kad padalinio vadovų savybės, priskiriamos vienam stiliui, koreliuoja su kitu stiliumi. Pvz., *turintis humoro jausmą* (priskiriamas demokratiniam stiliui) koreliuoja ir su *palaiko tik formalius santykius su vadovais* ($r=-0,635^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$), ir su *darbuotojams dažnai nurodo, kas ką turi daryti* ($r=-0,470^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$), *skatina bendradarbiavimą* koreliuoja su *nustato griežtus darbo standartus* ($r=0,533^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$). O *lankstus ir sugebantis prisitaikyti* koreliuoja su *vadovas tarpininkauja sprendamas konfliktus* ($r=0,637^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$) ir *pozityvus padalinio vadovo požiūris į inovacijas* ($r=0,512^{**}$; $P=0,000$; $p\leq 0,01$).

Tyrimo metu paaiškėjo, kad tiek demokratinio, tiek autoritarinio vadovavimo stiliaus vadovų savybės reiškiasi vienodai - stipriai.

Išvados

1. Lyderystės sąvoka šiuolaikiniame pasaulyje dar nėra nusistovėjusi, ji suvokiama ir kaip asmens, ir kaip organizacijos kompetencijos dalis. X organizacijos padalinių vadovams būdingiausios asmeninės savybės yra: rodantis asmeninį pavyzdį, koordinuojantis grupės narių veiksmus, keliantis aiškius tikslus komandai, dorumas, emocinis stabilumas, atkaklumas, objektyvumas.

2. X organizacijos darbuotojai savo padalinių vadovų vadovavimo stiliuose išvelgia tiek demokratinio, tiek autoritarinio vadovavimo stilius, tačiau dauguma priskiria demokratinio valdymo tipui.

3. Tyrimo duomenys neparodė sąsajų tarp vadovo savybių ir vadovavimo stiliaus.

Literatūra

1. Adamonienė, R., Ruibytė I. (2011). Vadovų lyderystės raiška statutinėse organizacijose Management theory and studies for rural business and infrastructure development. 2011. Nr. 5 (29). Research papers.(ISSN 1822-6760) p. 6-13. Žiūrėta 2023-08-12. Prieiga per internetą: www.mts.asu.lt/mtsrbid/article/download/308/337
2. Anderson, T. D. (2008). Transformational teacher leadership in rural schools. The Rural Educator, 29 (3), 8–17.
3. Avižinis, P., Daunienė, E. (2023). Paliekant EGO lyderystę. Vaga. ISBN: 9785415027026.
4. Baronienė, D. (2008). Lyderystė kaip švietimo organizacijos efektyvaus valdymo prielaida. Magistrinis darbas. Žiūrėta 2023 08 21. Prieiga per internetą: <http://www.lyderiulaikas.smm.lt/lt/biblioteka/kiti-darbai/792-lyderyst-kaip-vietimo-organizacijos-efektyvaus-valdymo-prielaida.pdf>
5. Bormann, D., Federmann R. (1992). Management. S+W Stener, Hamburg.
6. Bosienė, D. (2011). Lyderystės stiliai /Verslas.in. Žiūrėta 2023-09-12. Prieiga per internetą: <http://www.verslas.in/lyderystes-stiliai>
7. Butkevičienė, E., Vaidelytė, E., Žvaliauskas G. (2009). Lyderystės raiška Lietuvos valstybės tarnyboje. /Viešojo politika ir administravimas: 2009, Nr. 27 (ISSN 1648-2603). Žiūrėta 2023 09 25. Prieiga per internetą: http://www.ktu.lt/lt/mokslas/zurnalai/vpa/vpa27/turinys_27.pdf
8. Collins, J. (2006). 7 Measures of success/. Žiūrėta 2023-08-13. Prieiga per internetą: <http://www.amg-inc.com/leader-portal/7-Measures-of-Success.pdf>
9. Yukl, G. (2012). Effective Leadership Behaviors: What We Know and What Questions Need More Attention? The Academy of Management Perspectives.
10. Hersey, P., Blanchard K.H., and Johnson, D. E. (2007). Management of Organizational Behavior: Leading Human Resources. Prentice Hall.
11. Dukynaitė, R. (2015). Lyderystė. Vilnius. Lietuvos Edukologijos Universiteto leidykla.
12. Jonušaitė, S., Valuckienė, J. (2007). Lyderystės charakteristikos bendrojo lavinimo mokykloje: išorės audito ataskaitų kokybinė analizė. Ekonomika ir vadyba: aktualijos ir perspektyvos. Žiūrėta 2023 08 25. Prieiga per internetą: <http://etalpykla.lituanistikadb.lt/fedora/get/LT-LDB-0001:J.04~2007~1367160562050/DS.002.0.01.ARTIC>
13. Kasiulis, J., Barvydienė V. (2005). Vadovavimo psichologija. Kaunas: Technologija.
14. Klimavičienė, A. (2013). Vadovavimo stiliai: teorinis aspektas //Jaunasis mokslininkas 2013. Socialiniai mokslai /Studentų mokslinės konferencijos straipsnių rinkinys. Aleksandro Stulginskio universitetas: Akademija, 2013.
15. Kruse, K. (2013). What Is Leadership? Forbes. Žiūrėta 2023 09 09. Prieiga per internetą: <http://www.forbes.com/sites/kevinkruse/what-is-leadership/2/>

16. Milić, B., Grubić-Nešić, L., Kuzmanović, B., Delic, M. (2017). The influence of authentic leadership on the learning organization at the organizational level: The mediating role of employees' affective commitment. *Journal for East European Management Studies*.
17. Northouse, P. G. (2009) *Lyderystė: teorija ir praktika*. Kaunas: Poligrafija ir informatika.
18. Razauskas, R. (1997). *Aš vadovas. Gero vadovo beiėškant*. Vilnius: Paėiolis.
19. Robbins, P.S., Coulter, M. (2016). *Management*. Harlow: Pearson Education Limited.
20. Rupėienė, L., Skarbaliėnė A. (2012). Mokytojų lyderystės savybės. *Žiūrėta* 2023 08 13. Prieiga per internetą: <http://www.lyderiulaikas.smm.lt/pdf>
21. Šilingienė, V. (2011). Lyderystės kompetencijos raiška individualios karjeros kontekste. /*Ekonomika ir vadyba*: 2011.16 (ISSN 1822-6515). *Žiūrėta* 2023 08 16. Prieiga per internetą: <http://internet.ktu.lt/lt/mokslas/zurnalai/ekovad/ekovad16.html>
22. Šilingienė, V. (2012) *Lyderystė/vadovėlis*. Kaunas: Technologija.
23. Topolinski, Ch. C. (2014). The Influence of Teacher Leadership and Professional Learning on Teachers' Knowledge and Change of Instructional Practices in Low Performing Schools [Dissertations]. Prieiga per internetą: <http://scholarworks.wmich.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1266&context=dissertations>
24. Želvys, R. (2006). Managing education at the beginning of new millennium: looking for the solution of the emerging challenges. *Socialiniai mokslai*. ISSN 1392-0758. T. 2(52) (2006), 73-78 p.
25. Žvinytė, I. (2009). Vadovavimo stilius kaip darbuotojų motyvavimo veiksnys: viešosios įstaigos atvejo analizė/Magistro darbas/. *Žiūrėta* 2023 08 13. Prieiga per internetą: http://vddb.library.lt/fedora/get/LT-eLABa-0001:E.02~2009~D_20090827_103825-82108/DS.005.0.01.ETD

STUDY OF THE RELATIONSHIP BETWEEN LEADER CHARACTERISTICS AND LEADERSHIP STYLE IN "X" ORGANIZATION

Summary

The purpose of this article is to highlight the relationship between leadership qualities and leadership style in "X" organization. The article analyzes the definitions of leadership and management styles, and their use in the modern world. Empirical research data is used to show what characteristics are possessed by employees whom coworkers consider to be leaders, and what influence these characteristics have on their leadership style.

The study showed that the concept of leadership in the modern world has not yet been established; it is perceived as both a part of the competence of a person and an organization. The most characteristic personal qualities of department heads of "X" organization identified during the study included setting a personal example, coordinating the actions of group members, setting clear goals for the team, honesty, emotional stability, perseverance, and objectivity. Employees of the organization observed characteristics of both democratic and authoritarian leadership styles in the management styles of their department heads, but the absolute majority assign labelled the leadership style of the department heads as democratic. The research data, therefore, did not show a relationship between manager characteristics and leadership style.

Key words: leadership, leader, leadership qualities, leadership style.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Regina Motienė

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegijos, kelių inžinerijos studijų programos lektorė

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

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 699 44575, regina.motiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Regina Motienė

Science degree and name: Master's degree

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, lecturer of Road Engineering Study Program

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

Telephone and e-mail address: +370 699 44575, regina.motiene@edu.ktk.lt

STRATEGINIŲ ELEMENTŲ IR PSICHOLOGINIŲ VEIKSNIŲ STRATEGINIUOSE ŽAIDIMUOSE TYRIMAS: TARPDISCIPLININĖ ANALIZĖ

Paulius Jurgelis, Jurij Tekutov

SMK Aukštoji mokykla, Klaipėdos valstybinė kolegija, Klaipėdos universitetas, Lietuvos verslo kolegija

Anotacija

Apžvelgtas mokslinis tyrimas, kuriame išnagrinėti strateginių žaidimų strateginiai elementai ir psichologiniai veiksniai. Tyrime taikytas tarpdisciplininis požiūris, apimantis informatikos, psichologijos ir elektroninio sporto studijų įžvalgas. Jame išnagrinėtos įvairios temos, įskaitant bokštų gynybos žaidimų patrauklumą, „Starcraft 2“ elektroninio sporto pergalę lemiančius veiksnius ir veiksmo realaus laiko strategijos (ARTS) žaidimų poveikį dėmesio ištekliams. Tyrimu siekta visapusiškai suprasti strateginius žaidimus ir atskleisti bendrus dėsningumus bei temas, kurios lėmė jų strateginį patrauklumą. Sistemingai analizuojant kiekvieną temą ir kritiškai vertinant pasirinktų tyrimų metodologijas bei apribojimus, tyrime pateikta mokslinė analizė. Pabrėžta strateginių žaidimų edukacinė ir kognityvinė nauda ir akcentuotas tyrimo indėlis į esamą šios srities žinių visumą. Glaustai apžvelgti pagrindiniai rezultatai ir pasekmės, taip sudarant prielaidas toliau tyrinėti strateginių žaidimų strateginius elementus.

Reikšminiai žodžiai: strateginiai žaidimai, tarpdisciplininė analizė, psichologiniai veiksniai, elektroninis sportas, kognityvinė nauda.

Įvadas

Tyrimo aktualumas ir problema. Strateginių žaidimų strateginių elementų ir psichologinių veiksmų tyrimai yra labai svarbūs dėl didėjančio šių žaidimų populiarumo ir galimo jų poveikio tokioms sritims kaip švietimas, kognityvinis vystymasis ir elektroninio sporto rezultatai. Šių aspektų tyrimas leido mokslininkams įgyti įžvalgų apie pagrindinius strateginių žaidimų mechanizmus ir dizaino principus, taip suteikiant informacijos apie žaidimų dizainą, ugdymo metodus ir gerinant mūsų supratimą apie kognityvinius procesus žaidimuose. Tačiau reikia visapusiškai suprasti strateginių žaidimų strateginį patrauklumą ir veiksnius, kurie lėmė jų patrauklumą ir sėkmę. Nagrinėjant įvairias temas, pavyzdžiui, bokštų gynybos žaidimų patrauklumą, „StarCraft II“ elektroninio sporto pergalę lemiančius veiksnius, šiuo tyrimu siekta atskleisti šių veiksmų dėsningumus, bendrumus ir tarpusavio ryšius.

Taip pat verta paminėti, kad 3D modeliavimo sritis, ypač „Unity 3D“ žaidimų variklio naudojimas vizualizavimo ir GIS programoms (Buyuksalih, 2017), suteikė vertingų įžvalgų šiam tyrimui. Neseniai paskelbtoje „Unity Gaming“ ataskaitoje pabrėžtas didelis žaidimų, sukurtų naudojant „Unity“ variklį, skaičiaus augimas, o tai rodo, kad jis plačiai paplitęs žaidimų pramonėje. Ataskaitoje atskleista, kad 2021 m. naudojant „Unity“ sukurtų žaidimų padaugės 93 %, o hiperaktyvių žaidimų augimas bus didžiausias – 137 %. Be to, ataskaitoje pabrėžta įvairaus žaidimų portfelio svarba, nes studijos, leidžiančios kelių žanrų žaidimus, pasiekė didesnes dienos pajamas, palyginti su tomis, kurios specializuojasi viename žanre (Dealessandri, 2022). Šie duomenys rodo „Unity 3D“ žaidimų variklio universalumą ir potencialą įvairioms ne tik žaidimų taikymo sritims. Pavyzdžiui, ankstesni tyrimai parodė, kad „Unity 3D“ žaidimų variklį galima naudoti saulės energijos potencialui ant pastatų paviršių įvertinti ir požeminėms komunikacijoms kartografuoti, taip užtikrinant tikslus matavimus, analizę ir geresnę vizualizavimą miestų planuotojams. Pasinaudodami „Unity 3D“ žaidimų variklio platformoje esančiais 3D modeliavimo ir vizualizavimo pasiekimais, tyrėjai, nagrinėjantys strateginius žaidimų elementus, potencialiai gali mokytis iš „Unity“ siūlomų metodikų, interaktyvių formatų ir erdvių funkcijų (Buyuksalih, 2017). Šio tyrimo lygmuo yra tarpdisciplininis, pasitelkiant įžvalgas iš įvairių disciplinų, pavyzdžiui, informatikos, psichologijos ir elektroninio sporto studijų. Toks požiūris leido pasiekti visapusišką strateginių žaidimų supratimą, apimančią techninius aspektus, psichologinius veiksnius ir konkurencinį elektroninio sporto kontekstą. Skirtingų disciplinų integracija leido visapusiškai išanalizuoti temą ir padidina bendrą tyrimo rezultatų pagrįstumą ir gilumą.

Tyrimo aktualumą patvirtina mokslinė literatūra. Dokumentai pavadinimu „Action Real-Time Strategy Gaming Experience Related to Increased Attentional Resources: An Attentional Blink Study“ nurodyta, kad strateginių žaidimų patirtis turi įtakos dėmesio ištekliams, taip pabrėžiant strateginių žaidimų kognityvinę reikšmę. Bokštų gynybos žaidimų patrauklumo veiksmų tyrimas padėjo suprasti žaidėjų pageidavimus ir psichologinius aspektus, dėl kurių šie žaidimai tampa patrauklūs. Galiausiai pergalę lemiančių veiksmų „StarCraft II“ elektroninio sporto žaidimuose tyrimas suteikė įžvalgų apie strateginių žaidimų konkurencinius aspektus ir našumo veiksnius elektroninio sporto kontekste.

Integruojant šių mokslinės literatūros šaltinių įžvalgas ir atliekant išsamų tarpdisciplininį tyrimą, tyrimu siekta pagerinti supratimą apie strateginius žaidimus ir jų platesnę reikšmę.

Tyrimo tikslas – atlikti strateginių elementų ir psichologinių veiksmų strateginiuose žaidimuose tarpdisciplininę analizę.

Tyrimo metodologija. Informacijos šaltinių analizė ir informacijos sisteminimas.

Tyrimo rezultatai. Pasak Erdemo ir Pamuko (2020), atlikus tyrimą, kuriame buvo tiriamas „Civilization VI“ vaidmuo ugdant žaidėjų istorinio mąstymo įgūdžius, buvo nustatyta, kad žaidžiant šį žaidimą žaidėjai galėjo įsitraukti į istorinę analizę, ugdyti istorinio suvokimo įgūdžius ir įgyti supratimą apie priežastinius ryšius istorijoje.

McDonald (2023) duomenimis, 2022 m., palyginti su ankstesniais metais, pasaulinė žaidimų rinka šiek tiek sumažėjo (-5,1 %). 50 % rinkos sudarė mobilieji žaidimai, kurių pajamos sudarė 91,8 mlrd. dolerių, o antroje vietoje buvo konsoliniai žaidimai, kurių pajamos sudarė 52,2 mlrd. dolerių. Lotynų Amerikoje ir Artimuosiuose Rytuose bei Afrikoje buvo pastebimas didelis augimas, o Kinija ir JAV buvo daugiausiai išleidžiančios šalys – joms kartu teko 49 % vartotojų išlaidų. Tikimasi, kad rinka augs +2,9 % ir iki 2025 m. pasieks 206,4 mlrd. dolerių („McDonald“, 2023). Apskritai, nepaisant laikino nuosmukio 2022 m., prognozuojama, kad ateinančiais metais pasaulinė žaidimų rinka vėl įgaus pagreitį ir patirs augimą.

Gan ir kt. (2020) atliko tyrimą, kurio metu nustatė teigiamą ryšį tarp veiksmo realaus laiko strateginių žaidimų (toliau vadinama – ARTS), įskaitant „Civilization VI“, patirties ir elektroninių žaidimų efektyvumo rodiklių. ARTS ekspertai pademonstravo geresnį taikinių aptikimą, tikslumą ir efektyvesnį dėmesio išteklių paskirstymą, palyginti su nepatyrusiais dalyviais. Jų greitesnis svarbių stimulų apdorojimas ir stipresnės P3 amplitudės rodė geresnį dėmesio išteklių paskirstymą ir didesnę įsitraukimą į pažintines užduotis. Šie rezultatai rodo ARTS patirties, įgytos žaidžiant tokius žaidimus kaip „Civilization VI“, naudą kognityviniams ir dėmesio lavinimui.

Be to, Bialecki ir kt. (2022) daugiausia dėmesio skyrė žaidimo „StarCraft II“ našumo rodikliams, tačiau panašius principus galima taikyti ir žaidimui „Civilization VI“. Jie nustatė, kad tokie veiklos rodikliai, kaip armijos vertė, nuostoliai ir strateginių sprendimų priėmimas, turėjo reikšmingos įtakos žaidimo rezultatams. Žaidimo „Civilization VI“, kaip ir „StarCraft II“, nugalėtojai optimizavo savo sąveikas, sumažindami nuostolius ir strategiškai paveikdami priešininkų armijas arba ekonomiką.

Tyrimo rezultatai parodė, kad žaidimas „Civilization VI“ teigiamai prisidėjo prie žaidėjų istorinio mąstymo įgūdžių, įskaitant istorinę analizę, supratimą ir priežastinių ryšių istorijoje supratimą, ugdymo. Žaidimas leido žaidėjams priimti sprendimus, formuoti virtualias civilizacijas, susipažinti su istorinėmis asmenybėmis, daiktais ir architektūriniais statiniais, taip gerinant istorijos supratimą. Kita vertus, atlikti tyrimai parodė teigiamą ryšį tarp veiksmo realaus laiko strateginių žaidimų (angl. *Action Real-Time Strategy Games*, ARTS), tokių kaip „StarCraft II“, patirties ir elektroninių žaidimų efektyvumo rodiklių. Šie žaidimai, įskaitant „Civilization VI“, teikė pažintinės ir dėmesio lavinimo naudos, pavyzdžiui, pagerino taikinių aptikimą, dėmesio išteklių paskirstymą ir įsitraukimą į pažintines užduotis. Tačiau svarbu pažymėti, kad pats žaidimas „StarCraft II“ nedarė tiesioginio poveikio istorinio mąstymo įgūdžiams. Tyrime dėmesys „StarCraft II“ buvo sutelktas tik į veiklos rodiklius ir strateginių sprendimų priėmimą žaidime.

Tyrimo originalumas/tyrimo vertė. Tyrimo rezultatai yra svarbūs dėl jų galimo poveikio žaidimų pramonei, elektroniniam sportui ir švietimo kontekstui. Supratus pergalę elektroniniame sporte lemiančius veiksnius, galima parengti profesionalių žaidėjų mokymo strategijas, o strateginių žaidimų edukacinės ir kognityvinės naudos tyrinėjimas gali prisidėti prie žaidimais grįsto mokymosi metodų ir švietimo intervencijų kūrimo.

Šio mokslinio straipsnio tęstinumas slypi jo indėlyje į augantį žinių apie strateginius žaidimus bagažą. Pateikdamas išsamų strateginių elementų ir psichologinių veiksnių supratimą, jis papildė esamą literatūrą ir remiasi ankstesniais tyrimais. Jame pateikta įvairių disciplinų sintezė, kritiškas metodologijų vertinimas ir svarbiausių temų nustatymas užtikrina griežtą mokslinę analizę, kuri praplečia mokslinių tyrimų diskursą.

Tyrimo metodologija

Šiame tyrime buvo taikoma tarpdisciplininė tyrimų strategija, integruojant informatikos, psichologijos ir elektroninio sporto studijų įžvalgas, siekiant visapusiškai ištirti strateginių žaidimų strateginius elementus ir psichologinius veiksnius. Tarpdisciplininį požiūrį pateisina sudėtingas šių žaidimų, apimančių techninius, kognityvinius ir konkurencinius aspektus, pobūdis. Remiantis kelių disciplinų įrodymais, tyrimu siekta visapusiškai suprasti šią temą.

Siekiant rasti atitinkamų mokslinių straipsnių, ataskaitų ir tyrimų, buvo atlikta išsami paieška akademinėse duomenų bazėse, pavyzdžiui, „Frontiers in Human Neuroscience“, „ResearchGate“, „Atlantis-Press“ ir kitose. Buvo ieškoma publikacijų, susijusių su strateginiais žaidimais, įskaitant „StarCraft II“, „Civilization VI“ ir bokštų gynybos žaidimus, taip pat tarpdisciplininėmis sritimis, pavyzdžiui, kompiuterių mokslu, psichologija ir elektroninio sporto studijomis. Literatūros atrankos kriterijai buvo susiję su tyrimo tema, publikavimo data ir galimybe rasti viso teksto straipsnius.

Tyrime daugiausia dėmesio skiriama dviem konkrečioms strateginiams žaidimams: „StarCraft II“ ir „Civilization VI“. „StarCraft II“ atveju analizuojami pergalei rungtynėse lemiantys veiksniai, siekiant nustatyti veiklos rodiklius, kurie reikšmingai skiria laimėtojus ir pralaimėtojus. Į tyrimą įtrauktas Bialecki ir kt. (2022) mokslinis straipsnis „Determinants of victory in Esports – Starcraft II“, kuriame nagrinėjami pergalei esporto rungtynėse lemiantys veiksniai žaidime „StarCraft II“, suteikiantys vertingų įžvalgų apie strateginius sėkmę lemiančius elementus. Be to, Han ir kt. (2019) pristato „TStartBot-X: „StarCraft II“ pilno žaidimo veiksmingų lygos treniruočių atviras ir išsamus tyrimas“, kuriame pabrėžiami dirbtiniu intelektu grindžiamų šio žaidimo treniruočių metodų pasiekimai.

„Civilization VI“ atveju tyrime nagrinėjamas žaidimo vaidmuo ugdant žaidėjų istorinio mąstymo įgūdžius. Tyrimas paremtas Erdem ir Pamuk (2020) darbu „Istoriniai strateginiai žaidimai ir istorinio mąstymo įgūdžiai: Civilization VI“, kurie atliko „Civilization VI“ veiksmo tyrimą, nagrinėdami jo poveikį istoriniam suvokimui, analizei ir chronologiniam mąstymui. Jų išvados suteikia vertingų įžvalgų apie „Civilization VI“, kaip istorinio mąstymo įgūdžių ugdymo priemonės, potencialą. Be to, Tran (2022) straipsnyje „Civilization 6: Lead Designer Ed Beach on the game's longevity“ imamas interviu iš pagrindinio „Civilization VI“ dizainerio Ed Beach, siekiant sužinoti apie žaidimo ilgą amžių ir jo nuolatinį patrauklumą žaidėjams.

Šiame tyrime taip pat nagrinėjami bokštų gynybos žaidimai, tiriant patrauklumo veiksniai, darančius įtaką žaidėjų įsitraukimui ir malonumui. Ši analizė pagrįsta Zhang (2018) straipsniu „Exploring the Attractive Factors of Mobile Tower Defense Games“, kuriame nagrinėjami mobiliųjų bokštų gynybos žaidimų patrauklumo veiksniai. Tyrime gilnamasi į žaidimo mechaniką, vizualinę estetiką ir įtraukiančias savybes, kurios prisideda prie bokštų gynybos žaidimų patrauklumo ir įsitraukimo.

Šiame tyrime nagrinėjami psichologiniai veiksniai apima dėmesio išteklius ir kognityvinius gebėjimus. ARTS (angl. *Action Real-Time Strategy Game*) patirties poveikis dėmesio ištekliams nagrinėjamas remiantis Gan ir kt. (2020) tyrimu „Action Real-Time Strategy Gaming Experience Related to Increased Attentional Resources: An Attentional Blink Study“, kuriame tiriama ARTS patirties poveikis regimajam selektyviam dėmesiui naudojant dėmesio mirksėjimo užduotį. Tyrimo rezultatai atskleidė įžvalgas apie dėmesio išteklių paskirstymą ARTS žaidimuose.

Atrinkta literatūra buvo kruopščiai peržiūrėta ir išanalizuota, siekiant surinkti svarbius duomenis ir įžvalgas. Renkama informacija, susijusi su strateginiais elementais ir psichologiniais „StarCraft II“, „Civilization VI“ ir bokštų gynybos žaidimų veiksniais. Duomenų šaltinius sudarė moksliniai straipsniai, įskaitant Bialecki ir kt. (2022), Erdem ir Pamuk (2020), Zhang (2018) ir Gan ir kt. (2020), taip pat pramonės ataskaitos, pavyzdžiui, McDonald (2023) ir MordorIntelligence (2018). Surinkti duomenys, apimantys žaidimų analizę, pergalei lemiančius veiksniai, istorinio mąstymo įgūdžių ugdymą, patrauklumo veiksniai, dėmesio išteklius, kognityvinius gebėjimus ir rinkos tendencijas, suteikė išsamų pagrindą analizei.

Atlikta kruopšti surinktų duomenų analizė, taikant struktūrizavimo ir organizavimo metodus, pagrįstus teminiais panašumais ir tyrimo tikslais. Aprašomosios analizės metodai buvo naudojami literatūros duomenims struktūrizuoti ir apibendrinti, išaiškinant bendrus bruožus, dėsningumus ir tendencijas, susijusias su tiriamų žaidimų strateginiais elementais ir psichologiniais veiksniais. Atliekant turinio analizę buvo pasiektas išsamus tiriamų reiškinių supratimas, atskleidžiant duomenų pagrindu atsirandančias kategorijas ir temas. Be to, siekiant pagrįsti tyrimo išvadas, buvo įtraukti statistiniai duomenys iš pramonės ataskaitų ir rinkos analizės.

Išanalizuoti duomenys buvo interpretuojami atsižvelgiant į tyrimo tikslus ir esamas šios srities žinias. Sintezuotos pasirinktos literatūros išvados, įskaitant įžvalgas iš mokslinių straipsnių, ataskaitų ir tyrimų, buvo sujungtos siekiant pateikti išsamų supratimą apie strateginius elementus ir psichologinius veiksniai, būdingus „StarCraft II“, „Civilization VI“ ir bokšto gynybos žaidimams. Interpretavimo procese buvo nustatomi ryšiai, sąsajos ir daromos išvados remiantis analizuotais duomenimis. Tyrime taikytas tarpdisciplininis požiūris leido integruoti informatikos, psichologijos ir elektroninio sporto studijų įžvalgas, taip prisidedant prie holistinio tyrimo temos supratimo.

Be to, į šį tyrimą įtraukus „Unity 3D“ žaidimo variklį, tyrimo metodika įgavo papildomą aspektą. „Unity 3D“ modeliavimo ir vizualizavimo galimybės buvo panaudotos tiriant vaizdinius atvaizdus ir interaktyvias simuliacijas, kurios pagerina strateginių elementų žaidimuose supratimą. Pasinaudodami 3D modeliavimo ir vizualizavimo pasiekimais, kuriuos galima rasti „Unity 3D“ žaidimų variklio platformoje, strateginius žaidimų elementus tyrinėjantys mokslininkai potencialiai gali mokytis iš „Unity“ siūlomų metodikų, interaktyvių formatų ir erdviųjų funkcijų (Buyuksalih, 2017). Ši integracija dera su tarpdisciplininio tyrimo pobūdžiu, sujungiant informatikos, psichologijos ir elektroninio sporto studijas, kad būtų galima atlikti išsamesnę analizę. Įžvalgos, gautos iš plačiai paplitusio „Unity“ variklio naudojimo ir įvairių jo pritaikymų, padeda geriau suprasti strateginių žaidimų strateginius elementus ir psichologinius veiksniai.

Tyrimo rezultatai ir duomenų analizė

Pirmausia reikia išanalizuoti, kokia didelė ir sparčiai auganti yra žaidimų rinka. Ir koks yra jos potencialas kuriant įvairiausių žaidimus, įskaitant strateginius žaidimus, kurie bus šio straipsnio dėmesio centre.

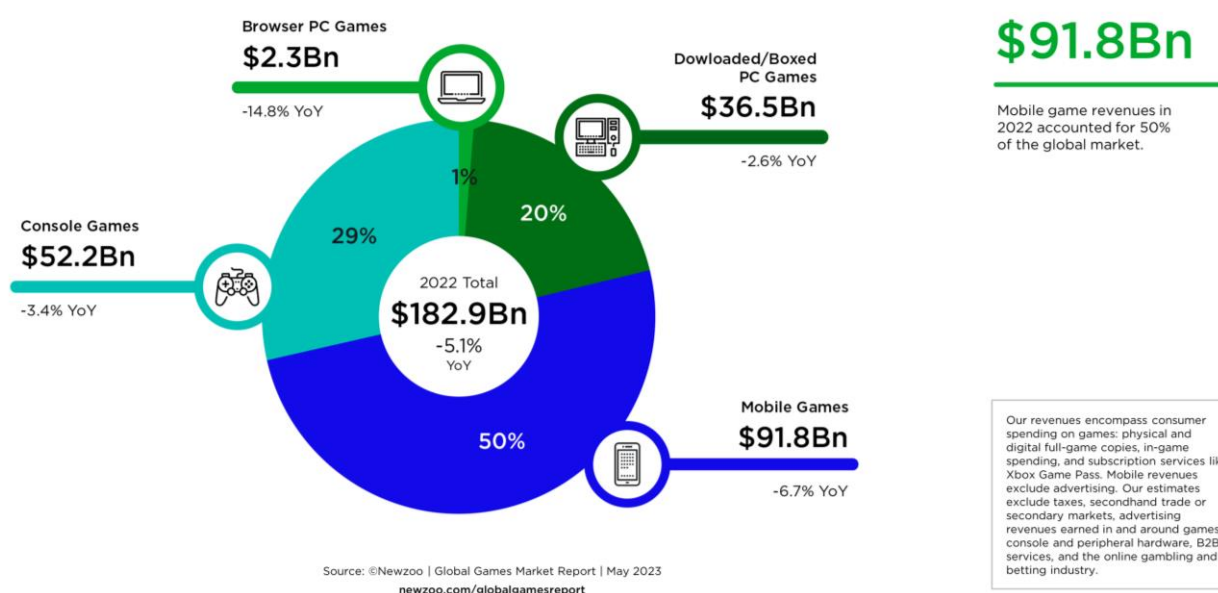
Pasak McDonald (2023), 2022 m. pasaulinė žaidimų rinka patyrė nedidelį nuosmukį, o bendros pajamos, palyginti su ankstesniais metais, sumažėjo -5,1 %. Ši korekcija įvyko po dvejų metų reikšmingo augimo, kurį lėmė blokavimo priemonės. Tačiau tikimasi, kad ateinančiais metais rinka atgaus pagreitį ir bus augimo liudininkė.

Analizuojant pajamų pasiskirstymą (žr. 1 pav.), pirmaujančiu segmentu tapo mobilieji žaidimai, kurie sudarė 50 % pasaulinės rinkos ir per praėjusius metus uždirbo 91,8 mlrd. dolerių pajamų (McDonald, 2023). Antrąją vietą pagal pajamas užėmė konsoliniai žaidimai – 52,2 mlrd. dolerių, nors per metus pajamos šiek tiek sumažėjo (-3,4 %). Tuo tarpu labiausiai smuko naršykliniai kompiuteriniai žaidimai, kurių pajamos sumažėjo -14,8 % (McDonald, 2023).



The global games market in 2022

Per segment with year-on-year growth rates



1 pav. Pasaulinė žaidimų rinka pagal segmentus 2022 m.

Šaltinis: newzoo.com Emma McDonald grafinė diagrama

Be to, prie pasaulinės žaidimų rinkos smarkiai prisidėjo ir populiarus realaus laiko strateginio žaidimo „Starcraft 2“ rinka. Pasak „MordorIntelligence“ (2018), „Starcraft 2“ ir toliau sulaukė didelio žaidėjų skaičiaus ir generavo dideles pajamas, o tai rodo jo neblėstantį populiarumą ir finansinį gyvybingumą žaidimų pramonėje. Starcraft 2 sėkmę galima sieti su konkurencinga elektroninio sporto scena, kuri pritraukia tiek žaidėjus, tiek žiūrovus visame pasaulyje.

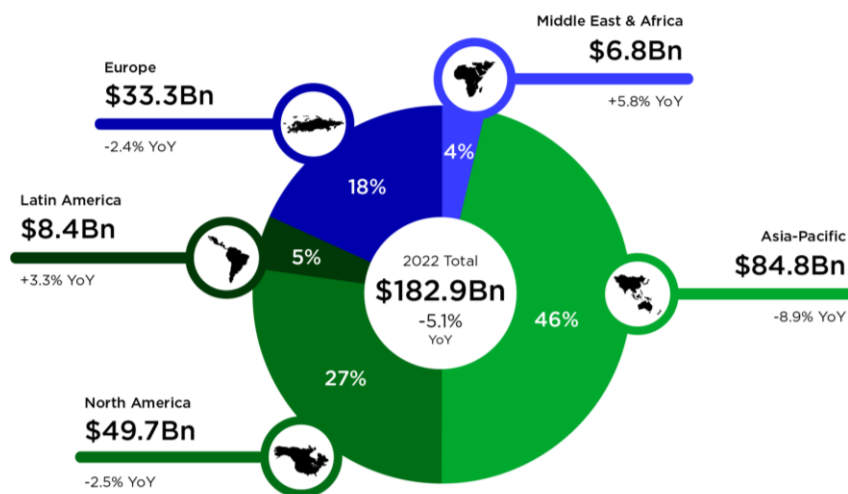
2022 m. pajamos sumažėjo daugumoje regionų, tačiau Lotynų Amerika ir Artimieji Rytai bei Afrika buvo šios tendencijos išimtys (McDonald, 2023). Nors šioms rinkoms teko tik 9 % visų pajamų, abiejuose regionuose buvo pastebimas žymus augimas. Lotynų Amerikos žaidimų rinkos pajamos per metus padidėjo +3,3 %, o Artimuosiuose Rytuose ir Afrikoje užfiksuotas žymus +5,8 % pajamų šuolis (2 pav.) (McDonald, 2023).

Kinija ir JAV tapo didžiausiomis pasaulio žaidimų rinkos išlaidomis, kartu sudariusios 49 % visų vartotojų išlaidų žaidimams (McDonald, 2023). Didelė šių šalių įtaka rinkai rodo jų stiprią ekonomiką ir vartotojų bazę. Žvelgiant į ateitį, prognozuojama, kad pasaulinė žaidimų rinka augs +2,9 % ir iki 2025 m. pasieks stublinamą 206,4 mlrd. dolerių sumą (McDonald, 2023). Ši prognozė rodo rinkos atsparumą ir plėtros potencialą ateinančiais metais.



The global games market in 2022

Per region with year-on-year growth rates



Source: ©Newzoo | Global Games Market Report | May 2023
newzoo.com/globalgamesreport

2 pav. Pasaulinė žaidimų rinka pagal regionus 2022 m.

Šaltinis: newzoo.com Emma McDonald grafinė diagrama

49%

of all consumer spending on games in 2022 came from China and the US.

US Total
\$46.4Bn

China Total
\$44.0Bn

Our revenues encompass consumer spending on games: physical and digital full-game copies, in-game spending, and subscription services like Xbox Game Pass. Mobile revenues exclude advertising. Our estimates exclude taxes, secondhand trade or secondary markets, advertising revenues earned in and around games, console and peripheral hardware, B2B services, and the online gambling and betting industry.

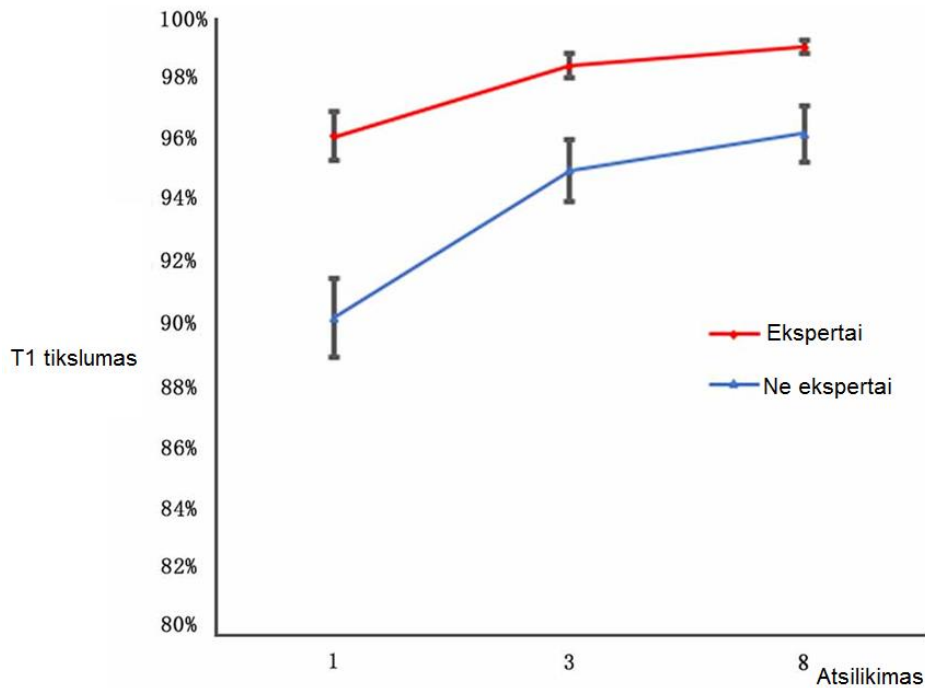
Apibendrinant galima teigti, kad, nepaisant laikino nuosmukio 2022 m., tikimasi, kad artimiausioje ateityje pasaulinė žaidimų rinka atgaus pagreitį ir patirs augimą. Mobilieji žaidimai ir toliau išlieka dominuojantys, o nuo jų nedaug atsilieka konsoliniai žaidimai. Perspektyvios augimo galimybės atsiveria tokiuose regionuose kaip Lotynų Amerika bei Artimieji Rytai ir Afrika. Kadangi Kinija ir JAV yra didžiausios išlaidų varomosios jėgos, pasaulinė žaidimų rinka turėtų būti teigiama ir iki 2025 m. turėtų pasiekti 206,4 mlrd. dolerių vertę (McDonald, 2023).

ARTS patirties ir rezultatų „Starcraft II“ žaidime koreliacija

Galima nustatyti teigiamą koreliaciją tarp realaus laiko strateginių žaidimų (*ARTS, Action Real—Time Strategy Game*) patirties ir rezultatų rodiklių elektroniniame sporte, ypač „StarCraft II“ rungtynėse. Gan ir kt. (2020) atliktas tyrimas atskleidė keletą aspektų, kuriais ARTS patirtis teigiamai veikė dėmesio išteklius ir kognityvinius gebėjimus, o Białeckis ir kt. (2022) daugiausia dėmesio skyrė veiklos rodikliams, kurie prisidėjo prie pergalės „StarCraft II“ rungtynėse.

Gan ir kt. (2020) atliko tyrimą, kurio tikslas buvo ištirti realaus laiko strateginių žaidimų (ARTS) patirties poveikį vizualiniam selektyviam dėmesiui, naudojant dėmesio mirksėjimo (AB) užduotį. Jų rezultatai parodė, kad ARTS ekspertai aplenkė nepatyrusius asmenis taikinio aptikimo srityje, o tai reiškia, kad geriau sekėsi atpažinti taikinį. Konkrečiai dviejų taikinių sąlygomis ekspertai pasižymėjo didesniu tikslumu nei nepatyrusieji, o tai rodo, kad dėmesio ištekliai paskirstomi veiksmingiau.

Tyrimo buvo pateikti du skaičiai. Pateikti T1 rezultatai dviejų taikinių sąlygomis, parodant abiejų grupių tikslumo rodiklius kaip atsilikimo funkciją (3 pav.).

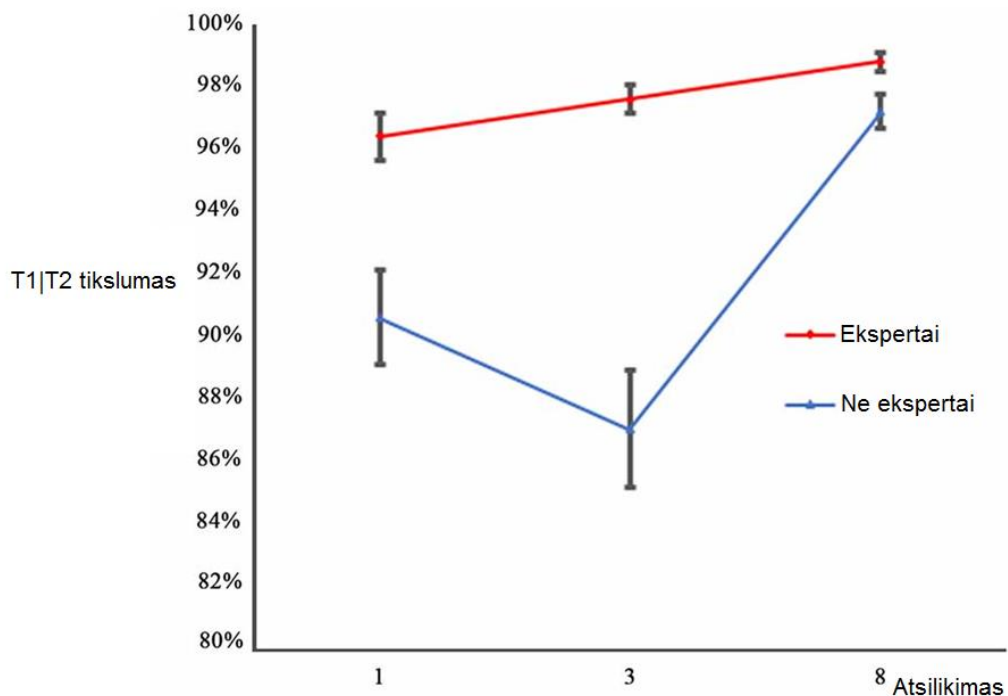


3 pav. T1 veikimas, esant dvigubo taikinio sąlygai

Šaltinis: [Frontiers in Human Neuroscience](#)

Analizė atskleidė reikšmingą pagrindinį grupės poveikį, kai ekspertų tikslumas buvo geresnis už ne ekspertų. Be to, buvo pastebėtas reikšmingas pagrindinis vėlavimo poveikis, o skirtingų vėlavimo sąlygų tikslumo rodikliai skyrėsi. Tačiau grupės ir atsilikimo sąveika nebuvo reikšminga.

Pavaizduotas abiejų grupių T2 bandymų, kuriuose buvo teisingai pranešta apie T1, atlikimas, priklausomai nuo vėlavimo (4 pav.).



4 pav. T2 veikimas, kai naudojamas dvigubas taikiny

Šaltinis: [Frontiers in Human Neuroscience](#)

Rezultatai parodė (žr. 4 pav.) reikšmingą pagrindinį grupės ir vėlavimo poveikį, o ekspertų tikslumo rodikliai apskritai buvo didesni. Be to, nustatyta reikšminga grupės ir vėlavimo sąveika. Tolesnė analizė kiekvienoje grupėje parodė, kad ne ekspertų T2 rezultatai reikšmingai skyrėsi įvairiomis vėlavimo sąlygomis, o ekspertų rezultatai reikšmingai skyrėsi tik tarp vėlavimo 1 ir vėlavimo 8.

Tyrimo metu taip pat nustatyta, kad ekspertai informaciją apdoroja greičiau, o tai rodo ankstesnis P3 piko latentškumas dėmesio mirksnio (AB) laikotarpiu. P3 komponentas, neurobiologijoje stebimas kaip teigiamas su įvykiais susijusių potencialų (ERP) poslinkis, yra susijęs su tokiais kognityviniais procesais kaip dėmesys, atmintis ir sprendimų priėmimas. Šiame kontekste ankstesnis P3 maksimumo latentškumas leidžia manyti, kad realaus laiko strateginių žaidimų (angl. *Action Real-Time Strategy Games*, ARTS) ekspertai greičiau apdoroja svarbius dirgiklius. Be to, ekspertai pasižymėjo stipresnėmis P3 amplitudėmis, o tai rodo geresnę dėmesio išteklių paskirstymą taikiniams. P3 komponentas atspindi smegenų įsitraukimą į kognityvines užduotis, o didesnė jo amplitudė ekspertams rodo, kad jie daugiau dėmesio skiria svarbiems žaidimo elementams. Be to, ekspertai pasižymėjo nuoseklesniais rezultatais skirtingomis vėlavimo sąlygomis, o tai rodo mažesnę jų jautrumą dėmesio mirgėjimo efektui. Šie P3 rezultatai išryškina ARTS patirties naudą kognityviniams ir dėmesio poreikiams, parodo, kaip ji padidina dėmesio išteklius laiko srityje ir pagerina dėmesio paskirstymą (Gan ir kt., 2020).

Naudojant Gan ir kt. (2020) išvadamis ir atliekant Bialecki ir kt. (2022) tyrimą, kuriame buvo nagrinėjami veiklos rodikliai, leidžiantys prognozuoti „StarCraft II“ rungtynių baigtį. Išanalizavus Master ir Grandmaster lygių žaidėjų žaidimo duomenis, paaiškėjo konkretūs rodikliai, kurie reikšmingai skyrė laimėtojus ir pralaimėtojus. Visų pirma nustatyta, kad tokie rodikliai kaip „prarastos mineralinės armijos“, „nužudytos mineralinės armijos“ ir „šiuo metu sunaudotos mineralinės armijos“ turėjo didelę įtaką prognozuojant žaidimo baigtį. Šie rezultatai rodo, kad StarCraft II laimėtojai optimizuoja savo sąveiką su priešininkais, iki minimumo sumažindami savo kariuomenės nuostolius ir kartu strategiškai kenkdami priešininko kariuomenei ar ekonomikai (Bialecki ir kt., 2022).

Taip pat „DeepMind“ sukurtos dirbtinio intelekto programos „AlphaStar“ kūrimas ir sėkmė yra papildomas įrodymas, kad ARTS patirtis ir „StarCraft II“ rezultatai yra susiję. AlphaStar pademonstravo išskirtinius žaidimo gebėjimus ir varžėsi lygiu, prilygstančiu geriausiems žmonių žaidėjams. Jos sėkmė parodo pažangių strategijų, sprendimų priėmimo ir prisitaikymo galimybes, kurias galima pasiekti turint didelę ARTS patirtį. Nors žmonių patirtis išlieka neįkainojama, „AlphaStar“ pasiekimai pabrėžia ARTS patirties svarbą plečiant konkurencinio žaidimo ribas ir gilinant ARTS žaidimų subtilybes (Han, 2021).

Teigiamą koreliaciją tarp ARTS patirties ir „StarCraft II“ žaidimo rezultatų galima paaiškinti ARTS teikiama kognityvine ir dėmesio nauda. Kaip pabrėžė Gan ir kt. (2020), ARTS patirtis padidina dėmesio išteklius laiko srityje, pagerindama dėmesio paskirstymo efektyvumą ir lankstumą. Šis padidėjęs dėmesio sutelkimo pajėgumas gali leisti ARTS ekspertams efektyviai optimizuoti karių panaudojimą ir priimti strateginius sprendimus žaidime, o tai galiausiai lemia geresnius rezultatus ir didesnę tikimybę laimėti (Bialecki ir kt., 2022).

Efektyviau paskirstydami dėmesio išteklius ir greičiau reaguodami į dirgiklius, ARTS ekspertai gali turėti pranašumą suvokdami dinamišką ir greitai besikeičiančią žaidimo aplinką ir į ją reaguodami.

Apibendrinant galima teigti, kad ARTS patirtis teigiamai koreliuoja su rezultatų rodikliais ir kognityviniais gebėjimais sporte. Gan ir kt. tyrime (2020) pabrėžiama ARTS patirties nauda gerinant dėmesio išteklius ir kognityvinį apdorojimą, o Bialecki ir kt. tyrime (2022) parodoma veiklos rodiklių, pavyzdžiui, kariuomenės panaudojimo optimizavimo, svarba prognozuojant pergalę StarCraft II rungtynėse. Šios išvados suteikia vertingų įžvalgų sporto srities žaidėjams, treneriams ir tyrėjams ir pabrėžia ARTS patirties svarbą siekiant sėkmės konkurenciniuose žaidimuose. Skatinama tęsti mokslinius tyrimus, siekiant iširti papildomus veiksnius ir patobulinti modelius, kad būtų galima visapusiškai suprasti sporto rezultatus.

Norint dar labiau išplėsti analizę, galima įtraukti Zhang (2018) atlikto tyrimo apie bokšto gynybos žaidimus ir jų sąsajas su ARTS žaidimais rezultatus. Zhang (2018) tyrime daugiausia dėmesio skyrė veiksniams, kurie prisideda prie žaidėjų pasitenkinimo bokštų gynybos žaidimais, kurie taip pat gali būti taikomi ARTS žaidimams. Įtraukus šiuos veiksnius, galima išsamiau suprasti teigiamą koreliaciją tarp ARTS patirties ir veiklos rodiklių.

Zhang (2018) nustatė keletą veiksnių, kurie prisideda prie žaidėjų malonumo bokštų gynybos žaidimuose. Vienas iš pagrindinių veiksnių yra strateginis planavimas ir sprendimų priėmimas. Bokštų gynybos žaidimuose žaidėjai turi strategiškai išdėstyti gynybines struktūras ir valdyti išteklius, kad veiksmingai apsigintų nuo priešų bangų. Šis strateginio planavimo aspektas atitinka ARTS žaidimų mechaniką, kai žaidėjai turi priimti svarbius sprendimus realiuoju laiku, kad aplenkėtų priešininkus. Gebėjimas strategiškai galvoti ir priimti veiksmingus sprendimus yra labai svarbus ARTS ekspertų įgūdis, kaip pabrėžiama Gan ir kt. (2020) tyrime. Zhang (2018) pabrėžė iššūkio ir sudėtingumo svarbą bokštų gynybos žaidimuose. Optimalus iššūkio lygis žaidime gali labai padidinti žaidėjų įsitraukimą ir malonumą. ARTS žaidimai, panašiai kaip bokštų gynybos žaidimai, dažnai suteikia sudėtingą žaidimo patirtį, reikalaujančią iš žaidėjų greitai mąstyti, prisitaikyti prie kintančių aplinkybių ir vykdyti veiksmingas strategijas. Toks aukštas iššūkių lygis gali būti patrauklus ARTS žaidėjams, kurie gerai jaučiasi konkurencingoje ir intelektualiai

stimuliuojančioje aplinkoje. Bialecki ir kt. atliktas (2022) StarCraft II veiklos rodiklių tyrimas dar kartą patvirtina mintį, kad žaidėjai, gebantys optimizuoti savo sąveiką ir priimti strateginius sprendimus, turi daugiau galimybių sėkmingai žaisti konkurencingus ARTS žaidimus. Be to, Zhang (2018) aptarė grįžtamojo ryšio ir progreso vaidmenį bokštų gynybos žaidimuose. Žaidėjams patinka gauti grįžtamąjį ryšį apie savo veiksmus ir stebėti savo progresą žaidimo metu. ARTS žaidimuose, įskaitant „StarCraft II“, grįžtamasis ryšys dažnai teikiamas per veiklos rodiklius ir reitingus, todėl žaidėjai gali stebėti savo pažangą ir laikui bėgant tobulėti. Šis grįžtamojo ryšio mechanizmas ne tik didina žaidėjų motyvaciją ir įsitraukimą, bet ir palengvina mokymąsi bei įgūdžių tobulinimą, kaip pažymima Gan ir kt. atliktame (2020) tyrime apie ARTS patirties naudą kognityviniu požiūriu.

Apibendrinant galima teigti, kad Zhang (2018) tyrimo apie bokštų gynybos žaidimus rezultatų įtraukimas praturtina teigiamos koreliacijos tarp ARTS patirties ir veiklos rodiklių analizę. Strateginio planavimo ir sprendimų priėmimo aspektai, iššūkis ir sudėtingumas, grįžtamojo ryšio ir progreso buvimas bokštų gynybos žaidimuose sutampa su ARTS žaidimų mechanika ir žaidėjų patirtimi. Pripažindami šiuos veiksnius, galime pabrėžti, kad ARTS žaidėjai šiame žanre randa malonumą ir pasitenkinimą, kartu pabrėždami kognityvinę ir dėmesio naudą, kuri prisideda prie jų geresnių rezultatų ir sėkmės, kaip patvirtina Gan ir kt. (2020) ir Bialecki ir kt. (2022).

„Civilization VI“ vaidmuo ugdant istorinio mąstymo įgūdžius

Pasak Erdem ir Pamuk (2020), jų tyrimo tikslas buvo ištirti žaidimo „Civilization VI“ vaidmenį ugdant žaidėjų istorinio mąstymo įgūdžius. Jie taikė veiksmo tyrimo metodą, kuris yra kokybinis tyrimo metodas, orientuotas į subjektyvią patirtį ir suvokimą. Šiame tyrime naudotos tokios duomenų gavimo priemonės: individualūs ir tikslinių grupių interviu, stebėjimas ir dokumentų analizė.

Stebėjimas buvo naudojamas siekiant ištirti dalyvių elgesį ir teiginius, susijusius su tyrimo kontekstu. Siekiant išlaikyti objektyvumą, buvo naudojamas stebėjimas be dalyvių, o tyrėjas taip pat laikėsi lanksčios sistemos, kad išlaikytų ryšį su grupe. Siekiant ištirti abstrakčias idėjas ir žaidimo raidą, su žaidėjais buvo atliekami pusiau struktūruoti interviu. Fokusuotų grupių interviu buvo naudojami siekiant leisti žaidėjams išreikšti nuomonę ir išgirsti kitų požiūrį, sumažinant galimą šališkumą. Kitas svarbus duomenų šaltinis buvo dokumentų analizė, įskaitant žaidėjų užpildytus tyrimo lapus. Tyrimo grupę sudarė dvidešimt dalyvių, tarp kurių buvo vidurinės mokyklos moksleiviai, skirtingai susipažinę su skaitmeniniais žaidimais. Dalyviai buvo suskirstyti į skirtingas grupes ir žaidė „Civilization VI“ skirtingu laiku ir skirtingose vietose. Jų buvo paprašyta žaisti žaidimą vieną arba dvi dienas per savaitę vieną mėnesį. Renkant duomenis buvo atsakinėjama į klausimus apie skirtingas epochas, analizuojami vaizdai, rengiami individualūs ir grupiniai interviu. Surinktiems duomenims suskirstyti į kategorijas ir analizuoti buvo naudojama aprašomoji ir turinio analizė. Aprašomoji analizė apėmė duomenų skirstymą į kategorijas pagal paskirtus parametrus, o turinio analizė siekė suteikti išsamų tiriamų reiškinių supratimą. Turinio analizė padėjo nustatyti naujas kategorijas ir temas, kurios iš pradžių galėjo būti nepastebėtos (Erdem ir Pamuk, 2020).

Tyrimo rezultatai parodė, kad žaidžiant „Civilization VI“ žaidėjai galėjo įsitraukti į istorinę analizę, lavinti istorijos suvokimo įgūdžius ir įgyti supratimą apie priežastinius ryšius istorijoje. Žaidimas suteikė laisvės pojūtį ir leido žaidėjams priimti sprendimus bei formuoti savo virtualias civilizacijas, o tai prisidėjo prie mokymosi per smalsumą. Žaidėjai taip pat susidūrė su istorinėmis asmenybėmis, objektais ir architektūriniais statiniais, kurie padėjo jiems geriau suprasti istoriją. Žaidimo mechanika ir grafika palengvino mokymąsi apie karinius dalinius, architektūrinius statinius ir istorinių asmenybių įdarbinimą.

Be šio tyrimo rezultatų, verta paminėti, kad „Civilization VI“ ir toliau plečiama ir tobulinama, įtraukiant naują turinį, pavyzdžiui, neseniai pasirodžiusį „Leader Pass“, kuriuo į žaidimą įtraukiami papildomi lyderiai. Ši nuolatinė plėtra ir naujų funkcijų įtraukimas prisideda prie „Civilization VI“, kaip istorijos mokymosi ir įsitraukimo platformos, ilgaamžiškumo ir neblėstančio patrauklumo (Tran, 2022). Tyrimas parodė, kad žaidimas „Civilization VI“ gali būti vertinga priemonė istorinio mąstymo įgūdžiams ugdyti ir istorinėms sąvokoms suprasti. Įtraukiantis ir interaktyvus žaidimo pobūdis leido žaidėjams prasmingai įsitraukti į istorinį turinį (Erede ir Pamuk, 2020).

Apibendrinant galima teigti, kad Erdem ir Pamuk (2020) tyrimu buvo siekiama ištirti istorijos mokymosi per žaidimą „Civilization VI“ galimybes, daugiausia dėmesio skiriant tokiems istorinio mąstymo įgūdžiams kaip chronologinis mąstymas, istorinis suvokimas ir istorinė analizė / komentavimas. Rezultatai parodė, kad žaidimas „Civilization VI“ tam tikru mastu reikšmingai prisidėjo prie šių istorinio mąstymo įgūdžių ugdymo. Tačiau tyrimas turėjo trūkumų, pavyzdžiui, nebuvo ištirti galimi klaidinantys žaidimo rezultatai ir tai, kad norint pasiekti teigiamų mokymosi rezultatų, reikia kartoti žaidimą.

Tyrimo metu nustatytas ryšys tarp istorijos mokymosi ir „Civilization VI“, grindžiamas žaidimo gebėjimu perteikti tikrovę, jo gebėjimu skatinti mokymosi malonumą ir galimybe kurti virtualią istoriją,

pagrįstą tikrove. „Civilization VI“ palengvino istorijos suvokimą, nes supažindino žaidėjus su istorinėmis asmenybėmis, statiniais ir kariniais daliniais. Žaidimas taip pat susipynė su istorine analize ir (arba) komentavimu, nes žaidėjai atkūrė istoriją žaidimo ribose. Nors šiame tyrime daugiausia dėmesio skirta „Civilization VI“, jis gali suteikti išvalgų apie panašius žaidimus, pavyzdžiui, „Total War“, „Europa Universalis“, „Hearts of Iron“ ir „Crusader Kings“, nes šių žaidimų turinys ir mechanika yra panašūs. Svarbu pažymėti, kad skaitmeniniai žaidimai, tokie kaip „Civilization VI“, suteikia mokiniams galimybę aktyviai įsitraukti ir priimti sprendimus, susijusius su mokymosi patirtimi, o tai gali būti labiau įtraukiantis ir motyvuojantis veiksnys, palyginti su tradiciniais, pasakojimu pagrįstais istorijos mokymo metodais. Tačiau įgūdžių ar informacijos įgijimas vien žaidžiant vaizdo žaidimus yra ribotas, todėl gali prireikti profesionalios pagalbos derinant fikciją ir tikrovę.

Tyrimas išryškino „Civilization VI“ kaip istorinio mąstymo įgūdžių ugdymo ir aktyvaus įsitraukimo į istorinį turinį skatinimo priemonės panaudojimo galimybes.

Išvados

1. Atliktas bokštų gynybos žaidimų tyrimas patvirtino teigiamą ryšį tarp ARTS patirties ir veiklos rodiklių. Tyrime nustatyti veiksniai, kurie prisidėjo prie žaidėjų pasitenkinimo bokštų gynybos žaidimais ir kuriuos galima pritaikyti ARTS. Šie veiksniai apima strateginį planavimą ir sprendimų priėmimą, iššūkį ir sudėtingumą bei grįžtamąjį ryšį ir progresą. ARTS suteikė sudėtingą žaidimo patirtį, reikalaujančią iš žaidėjų greitai mąstyti, prisitaikyti prie kintančių aplinkybių ir vykdyti veiksmingas strategijas. ARTS grįžtamojo ryšio mechanizmai ir progreso sistemos palengvina mokymąsi, įgūdžių tobulinimą ir žaidėjų įsitraukimą.

2. Bendros šių tarpdisciplininių tyrimų išvados parodė ARTS patirties naudą kognityviniu, dėmesio ir strateginiu požiūriu. ARTS ekspertai pasižymi geresniais dėmesio ištekliais, greitesniu informacijos apdorojimu ir veiksmingesniu dėmesio išteklių paskirstymu svarbiems dirgikliams. Be to, jiems puikiai sekasi optimizuoti sąveiką su priešininkais ir priimti strateginius sprendimus, kaip rodo rezultatų rodikliai konkurenciniuose žaidimuose. Šios išvados turi reikšmės elektroninio sporto žaidėjams, treneriams ir mokslininkams, nes pabrėžia ARTS kompetencijos svarbą siekiant sėkmės konkurenciniuose žaidimuose.

3. Tyrimo rezultatai rodo, kad žaidimas „Civilization VI“ yra vertinga priemonė istorinio mąstymo įgūdžiams ugdyti ir istorinėms sąvokoms suprasti. Įtraukiantis ir interaktyvus žaidimo pobūdis leido žaidėjams prasmingai įsitraukti į istorinį turinį, skatinant tokius įgūdžius kaip chronologinis mąstymas, istorinis suvokimas ir istorinė analizė / komentavimas.

4. Skaitmeniniai žaidimai, tokie kaip „Civilization VI“, suteikė mokiniams galimybę aktyviai įsitraukti ir priimti sprendimus, susijusius su mokymosi patirtimi, o tai gali būti patraukliau ir motyvuočiau, palyginti su tradiciniais, pasakojimais paremtais istorijos mokymo metodais. Tačiau svarbu pažymėti, kad įgūdžių ar informacijos įgijimas vien tik žaidžiant yra ribotas, todėl norint veiksmingai integruoti fikciją ir tikrovę švietimo kontekste gali prireikti profesionalių rekomendacijų.

Literatūra

1. Białecki, A. ir kt., 2022. *Determinants of victory in Esports – Starcraft II*. SpringerLink. Prieiga per internetą: <https://link.springer.com/article/10.1007/s11042-022-13373-2>.
2. Buyuksalih, I. ir kt., 2017. *3d modeling and visualization based on the unity game engine – advantages and challenges*. Istanbul University Research Information System. Prieiga per internetą: <https://avesis.istanbul.edu.tr/yayin/4cb109dc—32fe—4c78—8310—27bb8a015227/3d—modelling—and—visualization—based—on—the—unity—game—engine—advantages—and—challenges>.
3. Dealessandri, M., 2022. *Revenue of games made in Unity up 30% in 2021*. GamesIndustry.biz. Prieiga per internetą: <https://www.gamesindustry.biz/revenue-of-games-made-in-unity-up-30-in-2021>.
4. Gan, X. ir kt., 2020. *Action Real-Time Strategy Gaming Experience Related to Increased Attentional Resources: An Attentional Blink Study*. *Frontiers in Human Neuroscience*. Prieiga per internetą: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fnhum.2020.00101/full#F2>.
5. Erdem, S. ir Pamuk, A., 2020. *Historical Strategy Games and Historical Thinking Skills: An Action Research on „Civilization VI“*. International Online Journal of Educational Sciences. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/profile/Akif—Pamuk/publication/347434078_Historical_Strategy_Games_and_Historical_Thinking_Skills_An_Action_Research_on_Civilization_VI/links/6085bdab907dcf667bc45356/Historical—Strategy—Games—and—Historical—Thinking—Skills—An—Action—Research—on—Civilization—VI.pdf.
6. Han, L. ir kt., 2019. *TStartBot—X: An Open—Sourced and Comprehensive Study for Efficient League Training in StarCraft II Full Game*. Tencent Robotics X Department of AI Platform. Prieiga per internetą: <https://arxiv.org/pdf/2011.13729.pdf>.
7. McDonald, E., 2023. *Newzoo’s video games market size estimates and forecasts for 2022*. Newzoo.com. Prieiga per internetą: <https://newzoo.com/resources/blog/the-latest-games-market-size-estimates-and-forecasts>.

8. MordorIntelligence, 2018. *GLOBAL ONLINE STRATEGY GAMES MARKET SIZE & SHARE ANALYSIS – GROWTH TRENDS & FORECASTS (2023-2028)*. MordorIntelligence. Prieiga per internetą: <https://www.mordorintelligence.com/industry-reports/online-strategy-games>.
9. Tran, E., 2022. *Civilization 6: Lead Designer Ed Beach on the game's longevity*. Gameshub. Prieiga per internetą: <https://www.gameshub.com/news/news/civilization—6—lead—designer—ed—beach—on—the—games—longevity—35221/>.
10. Zhang, B., 2018. *Exploring the Attractive Factors of Mobile Tower Defense Games*. Xiamen University of Technology School of Design and Art. Prieiga per internetą: <https://www.atlantis-pub.com/proceedings/icassee-18/55908376>.

EXPLORING THE STRATEGIC ELEMENTS AND PSYCHOLOGICAL FACTORS IN STRATEGY GAMES: AN INTERDISCIPLINARY ANALYSIS

Summary

An overview of a research study that examines the strategic elements and psychological factors of strategy games. The study adopts an interdisciplinary approach, incorporating insights from computer science, psychology and electronic sports studies. It covers a range of topics the attractiveness of tower defence games, the determinants of victory in „Starcraft 2“ esports, and the impact of Action Real Time Strategy (ARTS) games on attentional resources. The study aims to provide a comprehensive understanding of strategy games and to uncover common patterns and themes that determine their strategic appeal. By systematically analysing each topic and critically evaluating the methodologies and limitations of the selected studies, the study provides a rigorous scientific analysis. Highlights the educational and cognitive benefits of strategic games and emphasises the contribution of the study to the existing body of knowledge in the field. It provides a concise overview of the main results and implications, thus paving the way for further research into the strategic elements of strategy games.

Key words: strategy games, interdisciplinary analysis, psychological factors, e-sports, cognitive benefits.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Jurgelis.

Mokslo laipsnis ir vardas: profesinis bakalauras.

Darbo vieta ir pozicija: SMK Aukštoji mokykla.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: strateginių žaidimų pažintinė nauda ir jų santykis su kitais žaidimais.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 686 77181, jurgelis.paulius@gmail.com.

Autoriaus vardas, pavardė: Jurij Tekutov.

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas.

Darbo vieta ir pozicija: Klaipėdos valstybinės kolegijos, Technologijų fakulteto, Inžinerijos ir informatikos katedros docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žiniomis grindžiami studijų proceso valdymo modeliai.

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 618 54681, j.tekutov@kvk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Paulius Jurgelis.

Science degree and name: professional bachelor.

Workplace and position: SMK Aukštoji mokykla.

Author's research interests: the cognitive benefits of strategy games and their relation to other games.

Telephone and e-mail address: 8 686 77181, jurgelis.paulius@gmail.com

Author name, surname: Jurij Tekutov.

Science degree and name: doctor, associated professor.

Workplace and position: Higher Education Institution, Faculty of Technology, Engineering and Informatics Department associated professor.

Author's research interests: study process control knowledge based models.

Telephone and e-mail address: 8 618 54681, j.tekutov@kvk.lt.

MODELIAVIMO PRIEMONIŲ PANAUDOJIMO MOKANT/MOKANTIS APIE ANALOGINIUS ELEKTRONINIUS ĮTAISUS GALIMYBIŲ TYRIMAS

Marius Saunoris^{1,2}, Loreta Saunorienė¹, Žilvinas Nakutis¹
¹Kauno Technologijos Universitetas, ²Kauno Technikos Kolegija

Anotacija

Straipsnyje aptariami modulių, kuriuose mokomasi apie analoginius elektroninius įtaisus turiniai bei įvardijamos pagrindinės temos. Taip pat apžvelgiamos kompiuterinės modeliavimo priemonės, skirtos modeliuoti analogines grandines, bei išnagrinėjamos jų galimybės. Atliekant eksperimentus parodoma kompiuterinių modeliavimo priemonių pritaikymo galimybės, pateikiami modeliavimo pavyzdžiai.

Reikšminiai žodžiai: analoginiai įtaisai ir grandinės, kompiuterinis modeliavimas, modeliavimo priemonės.

Įvadas

Elektrotechnika ir elektronika yra vienos iš svarbiausių disciplinų studijuojant technologinius mokslus aukštosiose mokyklose. Studijuojant šiuos modulius susiduriama su poreikiu įgyti įgūdžius: sujungti ir mokėti analizuoti įvairias elektrines ir elektronines schemas su analoginiais įtaisais. Vienas iš būdų tai padaryti yra jungti ir tyrinėti viską praktiškai. Šis būdas yra taikomas, tačiau reikalauja tiek materialinės bazės, tiek ir nemažai laiko resursų. Alternatyvus būdas yra kompiuterinis modeliavimas. Taikant šį metodą nereikia turėti visų įmanomų komponentų variantų bei sutaupomas laikas schemų jungimui. Svarbu ir tai, kad modeliuojant niekas nebus sugadinta. O tai dažnai pasitaiko pradedantiesiems.

Remiantis Inžinerijos mokslų studijų kryptių grupės aprašu (Inžinerijos mokslų studijų kryptių grupės aprašas, 2023), elektronikos inžinerija (E09) apima „analoginės ir skaitmeninės elektronikos projektavimo bei įtaisų gamybos ir programavimo procesus“. Asmenys baigę kolegijines studijas turi „suprasti projektavimo metodikas, gebėti taikyti specializuotą programinę įrangą procesams analizuoti ir duomenims valdyti, projektuodamas pasirinktos inžinerijos mokslų studijų krypties procesus ir produktus pagal nustatytus techninius, ekonominius ir aplinkosaugos reikalavimus“. Asmenys, baigę pirmosios studijų pakopos universitetines studijas turi „gebėti tinkamai parinkti ir pritaikyti pasirinktos inžinerijos mokslų studijų krypties procesų ir produktų modeliavimo ir optimizavimo metodus“. Taigi kompiuterinių modeliavimo priemonių naudojimo/taikymo gebėjimai yra reikalingi norint pasiekti studijų rezultatus.

Kompiuterinio modeliavimo taikymas gali būti kaip vertinimo kriterijus vertinant baigiamuosius darbus. Literatūros šaltiniai (Saunoris ir kt., 2011:109-112; Saunoris ir kt., 2018:160-165) parodo, kad baigiamieji darbai, kuriuose yra naudojamas kompiuterinis modeliavimas, dažniausiai yra įvertinami aukštesniais balais nei be jo.

Svarbus šių laikų iššūkis yra ir studijų/mokymo/mokymosi skaitmenizavimas („digitalization“). Dažniausiai tai siejama su nuotoliniu mokymosi. Norint tai realizuoti technologiniuose moksluose reikia naudoti modeliavimo priemones. Autoriai (Haleem ir kt., 2022:275-285) pabrėžia, kad Jungtinės Tautos yra numačiusios, kad iki 2030 metų būtų naudojama kuo daugiau skaitmeninių technologijų aukštajame moksle siekiant užtikrinti visiems prieinamą, įtraukų ir teisingą švietimą. Straipsnyje (Juera, 2022) akcentuojama, kad skaitmeniniai įgūdžiai elektros inžinerijos kryptyje geriausiai ugdomi naudojant modeliavimo/simuliacijos priemones. Dar vieni autoriai (Slavko ir kt., 2019:414-417) pateikia skaitmenizavimo pavyzdį ir teigia, kad mokymas ir vertinimas tokiu būdu gali būti labiau personalizuotas. Inžinerinėse studijose susiduriama su įvairiais iššūkiais (Banday ir kt., 2014: 406-413), kuriuos galima suskirstyti į 7 sritis: 1) asmeniniai; 2) mokymosi stiliaus; 3) instrukciniai; 4) situaciniai; 5) organizaciniai; 6) turinio tinkamumo; 7) technologiniai. Įvairius informacinių technologijų taikymas leistų kai kuriuos jų spręsti. Skaitmenizuojant elektros ir elektronikos mokymosi procesą kai kada pasitelkiamas mišrus variantas. Straipsnyje (Dursun ir kt., 2009:2865-2870) apžvelgiamas proceso realizavimas taikant dalinai realius komponentus, o matavimo ir atvaizdavimo prietaisai yra modeliuojami. Toks būdas leidžia susipažinti su įvairesniais prietaisais.

Įtraukumas ir mokymo/si efektyvumas taip pat yra svarbūs aspektai mokant/mokantis apie analoginius elektroninius įtaisus. Autoriai (Antipolo ir kt., 2021) konstatuoja, kad studijos elektronikos inžinerijos srityje yra labai kompleksiškos, o studijų laikotarpis dažniausiai trumpas. Tad modeliavimo ir kitų informacinių technologijų naudojimas yra būtinybė norint studentams pasiekti gerų rezultatų. Modeliacija/simuliacija grįstas mokymas/į mokymą labai populiarėja. Autoriai (Campos ir kt., 2020) teigia, kad toks mokymas palengvina tarpdiscipliniškumą, padidina komandos darbo gebėjimų ir daugiakultūrinio mokymosi proceso plėtrą. Todėl tokios priemonės bus vis plačiau taikomos šiuolaikinėse studijų programose. Straipsnyje (Chen ir kt., 2011) pateikiama informacija apie modeliavimo/simuliacijos taikymą studijuojant/mokant apie bazinius elektroninius įtaisus 49 aukštosiose mokyklose. Tyrimas atskleidė, kad mokymosi efektyvumas, išmokimas

buvo didesnis ten, kur buvo naudojamas modeliavimas. Pabrėžiama ir tai, kad svarbu užtikrinti ir aiškia mokymosi pagalbą. Interaktyvus modeliavimas padeda besimokantiesiems pasiekti aukštesnį pažinimo lygį. Kitas tyrimas (Taher ir kt., 2015) rodo, kad pats modeliavimas nėra labai veiksmingas mokinių mokymosi rezultatams. Tačiau modeliavimas tampa veiksmingas skatinant besimokančiųjų mokymąsi, kai naudojamas kartu su praktiniu metodu, t. y. hibridiniu arba kombinuotu būdu. Remiantis tyrimo išvadomis, siūloma pirmiausia besimokančius supažindinti su teoriniais dalykais tradiciniu paskaitų režimu, o po to vykdyti modeliavimu/simuliacija pagrįsta laboratorinę veiklą ir galiausiai atlikti praktinius laboratorinius eksperimentus realiai. Autoriai (Baltzis ir kt., 2009:546-555) pastebi, kad modeliavimo priemonių naudojimas elektronikoje leidžia labiau susikoncentruoti į rezultatus, atrasti ryšius tarp teorijos ir praktikos, padidinti susidomėjimą studijuojamu kursu. Kiti autoriai (Gu ir kt., 2019:233-237) parodo, kad modeliavimas turėtų būti taikoma kaip pagalbinė mokymo priemonė. Ji gali padėti ugdyti besimokančiųjų kūrybinį mąstymą. Straipsnyje (Dickerson ir kt., 2018:768-781) yra pabrėžiama, kad gauti geri studentų atsiliepimai ir geresni rezultatai mokantis mikroelektronikos, kai modeliavimas vykdomas mokymo įstaigų laboratorijose. Derinant modeliavimą su tradiciniais žinių pateikimo būdais pagerėja besimokančiųjų išsigilinimas į veiklas. Tyrimas (Rahman ir kt., 2022:6393-6406) rodo, kad voltmetro ir ampermetro (šie prietaisai yra pagrindiniai norint tyrinėti analoginius elektroninius įtaisus) naudojimo įgūdžiai geriau įgyjami derinant modeliavimą ir praktinį darbą laboratorijose.

Autoriai (Dhang ir kt., 2023:777-788; Saunoris ir kt., 2020:52) nurodo, kad kompiuterinis modeliavimas yra viena svarbiausių virtualios analoginių grandinių laboratorijos dalis. Internetinės modeliavimo priemonės taip pat vis plačiau naudojamos edukacijai. Šaltinyje (Serafin, 2021:148-153) ištirta, kad tokios priemonės turi poveikį mokymosi rezultatams. Taip pat internetinių modeliavimo priemonių kūrimas išlieka aktualus (Yu ir kt., 2017:1-4). Straipsnyje (Zine ir kt., 2019:3-23) lyginamas virtualių ir nuotolinių (per nuotolį valdomų) laboratorijų elektros inžinerijoje realizavimas. Akcentuojama, kad geriau dirbti su realiais prietaisais ar schemomis per nuotolį. Tačiau virtualios laboratorijos (jos grįstos modeliavimu) turi privalumų dėl prieinamumo (nereikia rezervuoti laiko), jomis gali naudotis be galo didelis kiekis vartotojų, kainuoja mažiau (lyginant su nutolusiomis laboratorijomis). Apskritai techniniuose moksluose virtualios laboratorijos yra labai laukiamos ne tik aukštajame moksle, bet ir mokyklose. Straipsnyje (Durkaya, 2022:189-211) akcentuojama, kad tai daro mokymo ir mokymosi procesus lengvesniais ir įdomesniais. Aišku, programinė įranga ir jos lygis turi būti parinktas pagal besimokančiųjų lygį.

Kompiuterinis analoginių įtaisų modeliavimas svarbus ir kuriant/realizuojant sistemas luste. Šaltiniuose (Song ir kt., 2021: ; Saunoris, 2016:111-119) rodoma, kad analoginiai įtaisai yra svarbi jų dalis.

Tyrimo objektas – modeliavimo priemonių panaudojimo mokant/mokantis apie analoginius elektroninius įtaisus galimybės.

Šio darbo tikslas - išsiaiškinti kompiuterinio modeliavimo galimybes mokantis/mokantis apie analoginius elektroninius įtaisus.

Tiksli pasiekti keliami šie uždaviniai:

1. Atlikti modulių, kuriuose mokomasi apie analoginius elektroninius įtaisus, turinių apžvalgą bei įvardinti pagrindines temas.
2. Atlikti kompiuterinių modeliavimo priemonių, skirtų modeliuoti analogines grandines, apžvalgą bei išnagrinėti jų galimybes.
3. Ištirti kompiuterinių modeliavimo priemonių pritaikymo galimybes, pateikti modeliavimo pavyzdžių.

Tyrimo metodai: turinio analizė, eksperimentinis tyrimas.

Tyrimo metodika: bus apžvelgti aukštųjų mokyklų modulių, kuriuose dėstoma apie analoginius įtaisus turiniai. Bus išsiaiškinama koks modulių turinys skiriamas analoginiams įtaisams ir kokius praktinius (laboratorinius) darbus galima būtų modeliuoti. Toliau bus analizuojamos kompiuterinės modeliavimo priemonės, skirtos modeliuoti analogines grandines ar įtaisus. Bus išsiaiškintos jų savybės ir galimybės. Tolimesniame etape analizuojamos kompiuterinių modeliavimo priemonių taikymo galimybės. Eksperimentiškai jos išbandomos ir pateikiami modeliavimo pavyzdžiai. Viską apibendrins gale pateikiamos išvados.

Modulių, kuriuose mokomasi apie analoginius elektroninius įtaisus, turinių apžvalga

Tipinės temos, kurios yra nagrinėjamos su elektrotechnika susijusiose moduluose, pateiktos 1 lentelėje:

Elektrotechnikos dalyko temų pavyzdys

Nr	Temos
1.	Elektrinis laukas.
2.	Nuolatinės srovės elektros grandinės
3.	Elektriniai matavimai
4.	Kintamosios vienfazės srovės elektros grandinės
5.	Trifazės srovės elektros grandinės
6.	Elektros mašinos ir transformatoriai

Šaltinis: sudaryta autorių

Tipiškai, su elektrotechnika susijusiuose moduluose susipažįstama su pagrindiniais elektriniais parametrais: varža, induktyvumu, talpa. Taip pat išsiaiškinami šių elektrinių dydžių atitikmenys praktiniame pritaikyme: rezistorius, ritė, kondensatorius. Toliau seka šių ir sudėtingesnių elementų jungimas į nuolatinės ar kintamosios srovės elektrines grandines. Nagrinėjant kintamosios srovės elektrines grandines dažnai paliečiami klausimai, susiję su trifazių grandinių pajungimu ir elektrinėmis mašinomis bei transformatoriais. Visa tai apjungia įgūdžiai, susiję su šių grandinių parametrų pamatavimu ar analize.

Tipinės temos, kurios yra nagrinėjamos su analogine elektronika susijusiuose moduluose, pateiktos 2 lentelėje. Modulių pavadinimai, kuriuose studijuojami analoginiai įtaisai, gali būti įvairūs. Pavyzdžiui, Kauno technikos kolegijoje: „Elektrotechninės medžiagos ir elektronikos komponentai“, „Analoginės grandinės“ (Elektronikos technikos studijų programa, 2023), Elektronika (Autotransporto elektronikos studijų programa, 2023), Elektronikos pagrindai (Medžiagų apdirbimo inžinerijos studijų programa, 2023); Kauno technologijos universitete: Elektronika, Analoginiai įtaisai (Elektronikos inžinerijos studijų programa, 2023). Modulių pavadinimai ir jų turinys priklauso nuo studijų krypties bei programų sudarymo ypatybių.

Modulio, susijusio su analoginių įtaisų studijavimu, temų sąrašo pavyzdys

Nr	Temos
1.	Diskretieji puslaidininkiniai įtaisai
1.1	Puslaidininkiniai rezistoriai
1.2	Diodai
1.3	Lauko tranzistoriai
1.4	Bipoliarieji tranzistoriai
1.5	Tiristoriai
2.	Mikrograndynai
3.	Optoelektroniniai įtaisai
4.	Elektroniniai indikatoriai
5.	Lygintuvų ir įtampos stabilizatorių schemas ir parametrai
6.	Elektriniai filtrai
7.	Elektroniniai jungikliai
8.	Elektroninių stiprintuvų schemas, parametrai ir charakteristikos
9.	Operaciniai stiprintuvai ir kiti integriniai grandynai bei jų taikymas

Šaltinis: sudaryta autorių

Tipiškai, su analogine elektronika susijusiuose moduluose susipažįstama su diskretiniais puslaidininkiniais įtaisais: puslaidininkiniai rezistoriai (termorezistoriai, fotorezistoriai ir kt.), diodai (Zenerio diodai, fotodiodai, šviesos diodai ir kt.), tranzistoriai, tiristoriai. Toliau yra nagrinėjami sudėtingesni junginiai, patalpinti į vieną korpusą – mikrograndynai. Dažnai aptariami klausimai, susiję su elektroninių signalų atvaizdavimu. Toliau seka taikomųjų schemų analizavimas. Viena iš tokių – įtampos keitimas iš kintamos į nuolatinę lygintuvinių schemų pagalba bei įtampos stabilizavimas. Dažnai paliečiamos temos, susijusios su elektroniniais jungikliais ir filtrais; nagrinėjami elektroniniai stiprintuvai, kitos schemas bei jų charakteristikos. Svarbu paminėti, kad minėtos schemas pasižymi didele įvairove tiek schemotechniniu išpildymu, tiek ir panaudojamų komponentų gausa. Egzistuoja įvairių gamintojų žinytai su šimtais ar tūkstančiais komponentų išpildymų.

Mokantis minėtų dalykų yra atliekami praktiniai analizės ir/arba laboratoriniai darbai. Tipinių darbų sąrašo pavyzdys pateiktas 3 lentelėje. Sąrašas gali būti trumpesnis ar ilgesnis priklausomai nuo studijų apimties ir krypties.

Praktinių ir laboratorinių darbų sąrašo pavyzdys

Nr	Temos
1.	Omo dėsnis
2.	Nuoseklusis, lygiagretusis ir mišrusis rezistorių jungimas

Nr	Temos
3.	Elektros grandinių, kai kondensatoriai sujungti nuosekliai, lygiagrečiai ir mišriai tyrimas
4.	Netiesinių grandinių tyrimas
5.	Trifazės grandinės imtuvų jungimas žvaigžde
6.	Puslaidininkinio diodo tyrimas
7.	Stabilitrono tyrimas
8.	Varistoriaus tyrimas
9.	Fotorezistoriaus tyrimas
10.	Bipoliaraus tranzistoriaus tyrimas
11.	Lauko tranzistoriaus tyrimas
12.	Tiristoriaus tyrimas
13.	Tranzistorinio jungiklio tyrimas
14.	Fotoelektroninio jungiklio tyrimas
15.	Lygintuvinių schemų tyrimas
16.	Operacinio stiprintuvo tyrimas
17.	Tranzistorinio stiprintuvo tyrimas
18.	Integratoriaus ir diferenciatoriaus tyrimas

Šaltinis: sudaryta autorių

Kompiuterinių modeliavimo priemonių, skirtų modeliuoti analogines grandines, apžvalga

Remiantis (Circuit design – simulation, 2023) sudarytas kompiuterinių modeliavimo priemonių, taikomų modeliuoti analogines grandines, sąrašas. Jis pateiktas 4 lentelėje.

4 lentelė

Kompiuterinių modeliavimo priemonių sąrašas

Pavadinimas	Prieinamumas	Nuoroda	Ypatybės
CRUMB - 3D Circuit Simulator	Mokama	https://www.crumbsim.com	3D vizualizacija, tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms
PSPICE® for TI design and simulation tool	Nemokama, reikalinga registracija	https://www.ti.com/tool/PSPICE-FOR-TI?keyMatch=PSPICE%20FOR%20TI%20DESIGN%20AND%20SIMULATION%20TOOL	Tinkama analoginėms ir kitoms grandinėms (susieta su TI kompanijos elementais)
PartQuest™	Mokama, yra nemokama versija su apribojimais	https://explore.partquest.com/	Tinkama ne tik elektroninių grandinių, bet ir mechatroninių grandinių ar sistemų modeliavimui
Ngspice - open source spice simulator	Nemokama	https://ngspice.sourceforge.io/index.html	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms
Circuit simulation and schematics.	Nemokama, online versija	https://www.circuitlab.com/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms
MacSpice 3	Nemokama, reikalinga registracija	http://www.macspice.com/	Tinkama analoginėms grandinėms, skirta Apple kompiuteriams
Circuitmod	Nemokama	https://sourceforge.net/projects/circuitmod/	Tinkama analoginėms ir specializuotoms grandinėms, nėra palaikymo
Solve Elec	Nemokama	http://www.physicsbox.com/indexsolveelec2en.html	Tinkama analoginėms grandinėms
SIMetrix / SIMPLIS	Mokama, yra nemokama versija su apribojimais	https://www.simetrix.co.uk/	Tinkama analoginėms ir galios elektroninėms grandinėms
SimulIDE - Real Time Electronic Circuit Simulator	Nemokama	https://www.simulide.com/p/home.html	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms
Electronics Circuits Simulation	Mokama, yra nemokama online versija su apribojimais	https://dcaclab.com/en/home	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms, labai vizuali, gali būti naudojama kaip virtuali laboratorija
Java Circuit Simulator	Nemokama	http://www.falstad.com/circuit/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms, online versija, yra daug pavyzdžių, tinka demonstruoti veikimo principą.
EveryCircuit	Mokama	https://everycircuit.com/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms.
Qucs-S: Qucs with SPICE	Nemokama	https://ra3xdh.github.io/	Tinkama analoginėms ir aukštų dažnių grandinėms.
Circuit Wizard	Mokama	http://www.new-wave-concepts.com/ed/circuit.html	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms.

Pavadinimas	Prieinamumas	Nuoroda	Ypatybės
Proteus VSM	Mokama	https://www.labcenter.com/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Gali būti naudojama spausdintinių plokščių projektavimui
TopSpice 10	Mokama	https://penzar.com/topspice/topspice.htm	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms.
NI Multisim	Mokama, galima nemokama versija pabandyti	https://www.ni.com/en/shop/electronic-test-instrumentation/application-software-for-electronic-test-and-instrumentation-category/what-is-multisim.html	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Gali būti naudojama spausdintinių plokščių projektavimui
SuperSpice	Nemokama	http://www.anasoft.co.uk/	Tinkama analoginėms grandinėms.
TINA-TI	Nemokama	https://www.ti.com/tool/TINA-TI#overview	Tinkama analoginėms grandinėms ir kitiems specifikuotiems grandynams. Komponentinė bazė susijusi su TI kompanija.
LTspice	Nemokama	https://www.analog.com/en/design-center/design-tools-and-calculators/ltspice-simulator.html	Tinkama analoginėms grandinėms ir kitiems specifikuotiems grandynams. Komponentinė bazė susijusi su ANALOG DEVICES kompanija.
EDISON 5	Mokama	http://www.edisonlab.com/English/edison/?_ga=2.231166751.1276821690.1695979513-2068880718.1695979513	Tinkama elektrinėms ir elektroninėms grandinėms. Labai vizualus. Tinkamas pradedantiems.
TINA	Mokama	https://www.tina.com/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Gali būti naudojama spausdintinių plokščių projektavimui
Micro-Cap	Nemokama	https://micro-cap.informer.com/12.0/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Nebeatnaujinama.
Xyce	Nemokama	https://xyce.sandia.gov/	Tinkama analoginėms grandinėms
Altium Designer®	Mokama	https://www.altium.com/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Gali būti naudojama spausdintinių plokščių projektavimui
Matlab/Simulink/Simscape	Mokama, mokymo/sitikslys nemokama	https://ww2.mathworks.cn/en/products.html?s_tid=gn_ps	Tinkama ne tik elektroninių (analoginių ir skaitmeninių) grandinių, bet ir elektromechaninių, mechatroninių grandinių ar sistemų modeliavimui
Flux	Mokama, yra nemokama versija su apribojimais	https://www.flux.ai/	Tinkama analoginėms ir skaitmeninėms grandinėms. Gali būti naudojama spausdintinių plokščių projektavimui. Dirbtinio intelekto įrankiai gali padėti atlikti veiksmus

Šaltinis: sudaryta autorių

Lyginant priemones susiduriama su įvairiais aspektais. Visų pirma, kad priemonės gali būti skirtos pradedantiems arba pažengusiems. Pradedantiems priemonės yra vizualios, kartais ir su 3D grafika (pavyzdžiui, CRUMB - 3D Circuit Simulator, Electronics Circuits Simulation). Jos lengvai valdomos ir suprantamos. Tačiau šios priemonės negali atlikti išsamesnių analizių. Kitas aspektas yra kaina. Kai kurios priemonės yra mokamos ir jų kaina yra nemaža. Dar reikia turėti omenyje, kad licencijų klausimas svarbus ir tuo, kad jos kartais yra „pririšamos“ prie konkretaus kompiuterio. Tada, pavyzdžiui, mokymo įstaiga turi nupirkusi licencijas, bet studentai namuose negali jų naudoti legaliai. Taip pat reikia atkreipti dėmesį į tai, ar programos turi kūrėjų palaikymą (atnaujinimą) bei naudotojų plačią bendruomenę. Kai kurios programos yra/buvo sukurtos projektų pasėkoje ir toliau nebetobulinamos. Jose pasitaiko klaidų ar netikslumų. Palaikomose priemonėse naujose versijose klaidos dažniausiai taisomos. Plati naudotojų bendruomenė yra svarbi, nes tada yra galima rasti daug modeliavimo pavyzdžių ar paaiškinimų. Yra priemonių, kurios leidžia modeliuoti ne tik elektronines grandines, bet ir elektromechanines bei mechatronines sistemas (PartQuest™, Matlab/Simulink/Simscape). Dirbtinio intelekto įrankiai taip pat gali būti pasitelkiami modeliavimo priemonėse. Pavyzdžiui, Flux priemonėje dirbtinio intelekto įrankis padeda sujungti bei modeliuoti. Kai kurios priemonės be modeliavimo turi ir papildomų funkcijų. Pavyzdžiui, Altium Designer®, Proteus VSM leidžia projektuoti ir spausdintinio montažo plokštes. Šiuo metu plačiai naudojamos - LTspice, TINA-TI dėl to, kad yra nemokamos ir nuolat atnaujinamos bei turi plačią naudotojų bendruomenę. Reikia atkreipti dėmesį, kad besimokantieji išmokę dirbti bent su viena iš programų, gana lengvai gali pradėti dirbti ir su kitomis. Visos jos turi bendrus principus.

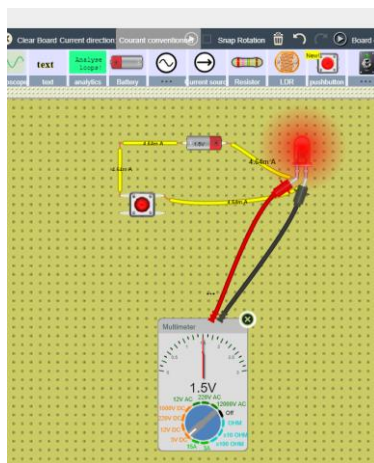
Šiandien aktualūs analizės tipai yra:

- Nuolatinės srovės analizė (DC Analysis) – leidžia tyrinėti grandines keičiantis nuolatinės srovės šaltinio įtampai ar srovei.

- Darbo taškų parametrų įvertinimas (Operating Points) – leidžia atvaizduoti kiekvieno grandinės mazgo ar laido įtampas ir sroves.
- Kintamosios srovės analizė (AC Analysis) – leidžia tyrinėti, kaip keičiasi grandinės elementų įtampos ir srovės keičiantis dažniui.
- Pereinamųjų procesų analizė (Transient Analysis) – leidžia tyrinėti, kaip keičiasi grandinės elementų įtampos ir srovės keičiantis laikui.
- Triukšmų analizė (Noise Analysis) – leidžia tyrinėti triukšmų įtaką grandinėse.
- Iškraipymų analizė (Distortion Analysis (THD)) – leidžia tyrinėti, kaip iškraipomi signalai atitinkamuose grandinės mazguose.
- Perdavimo funkcijos stabilumo analizė (Pole-Zero Analysis) – leidžia įvertinti grandinės perdavimo funkcijos polių ir nulius.
- Parametrinė analizė (Parameter Sweep) – leidžia iširti, kaip keisis grandinės mazgų parametrai keičiant komponentų (R, L, C) ar maitinimo įtampų vertes užsiduotame diapazone (pavyzdžiui, vieno komponento vertes keisti nuo min iki max).
- Temperatūrinė analizė (Temperature Sweep) - leidžia iširti, kaip keisis grandinės komponentų temperatūra paduodant tam tikrus signalus į grandinę.
- Statistinė analizė – leidžia iširti, kaip keisis grandinės mazgų parametrai keičiant komponentų (R, L, C) ir įtampų vertes užsiduotame diapazone atsitiktinai (pavyzdžiui, visų komponentų tolerancija $\pm 5\%$; visi jie keičiami atsitiktinai iš šio užduoto diapazono (Monte Carlo metodas)); leidžia iširti kaip keisis grandinės mazgų parametrai keičiant komponentų (R, L, C) ir įtampų vertes užsiduotame diapazone „blogiausiu atveju“ (pavyzdžiui, visų komponentų tolerancija $\pm 5\%$, visi jie keičiami atsitiktinai iš šio užduoto diapazono, bet išrenkami ir naudojami patys nepalankiausi (blogiausi) variantai („Worst Case Model“ metodas).

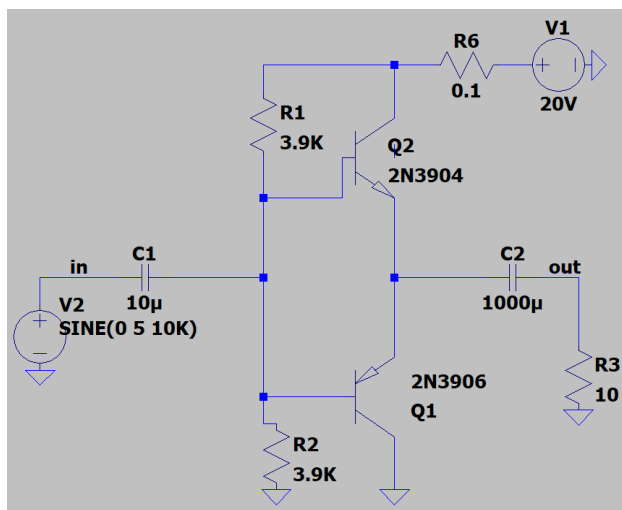
Kompiuterinių modeliavimo priemonių, taikomų modeliuoti analogines grandines, pritaikymo galimybės

Darbo laboratorijoje su realiomis grandinėmis ir realiais prietaisais tikriausiai visiškai nepavyks pakeisti kompiuteriniu modeliavimu. Tačiau tyrimus, kurie pateikti 3 lentelėje, priimant tam tikras išlygas (pvz., fotorezistorius keičiamas į rezistorių, šviesos poveikis keičiamas į rezistoriaus varžos pasikeitimą), galima visus atlikti. Šiandien aktualūs analizės tipai yra paminėti prieš tai skyriuje. Eksperimentiškai modeliuojant 3 lentelėje pateiktus praktinius (laboratorinius) darbus dažniausiai pasitelkiami šie analizės tipai: Nuolatinės srovės analizė; Darbo taškų parametrų įvertinimas; Kintamosios srovės analizė; Pereinamųjų procesų analizė; Iškraipymų analizė; Parametrinė analizė; Statistinė analizė. Tačiau, mokant/is išsamiau galėtų būti pasirenkami ir kiti analizės tipai, kurie galėtų būti aktualūs pagal studijų kryptį ar apimtį. Eksperimentiškai išbandyti pasirinktos trys programinės įrangos iš 4 lentelės (Electronics Circuits Simulation, LTspice, Altium Designer). Su jomis išbandyta atlikti 3 lentelėje pateiktus praktinius (laboratorinius) darbus. Eksperimentų atlikimo metodika: 1) Sujungiama schema pagal atitinkamo praktinio (laboratorinio) darbo temą; 2) Atliekama reikalinga analizė. Toliau bus pateikiami eksperimentinių tyrimų realizavimo pavyzdžiai. Dėl apimties apribojimų bus pateikiami dažniausiai naudojamų analizių pavyzdžiai. Pavyzdžiui, „Electronics Circuits Simulation“, leidžia labai vizualiai ir realistiškai jungti bei tyrinėti. Sujungta grandinė pateikta 1 pav. Tai turėtų patikti pradantiems. Joje pavaizduotas šviesos diodo prijungimas prie baterijos per jungiklį. Taip pat prijungtas voltmetras.



1 pav. Sujungtos grandinės atvaizdavimas ir analizė su „Electronics Circuits Simulation“
Šaltinis: sudaryta autorių puslapyje <https://dcaclab.com/lab>

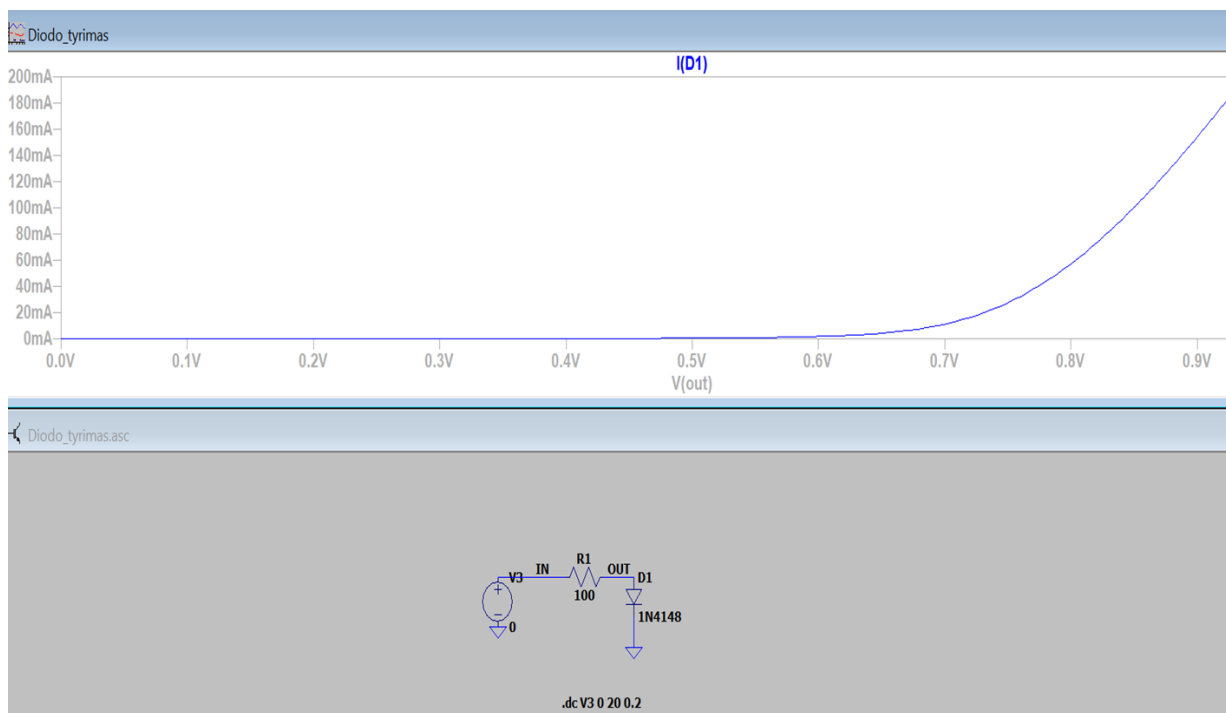
„LTspice“ ir kitose programoje grandinės atrodys paprasčiau. 2 pav. grandinė realizuota su LTspice. Joje pavaizduotas stiprintuvas realizuotas su dvejais tranzistoriais ($Q1$, $Q2$), signalo generatoriumi ($V2$), maitinimo šaltiniu ($V1$) bei kitais pasyviniais elementais (rezistoriais (R) ir kondensatoriais (C)).



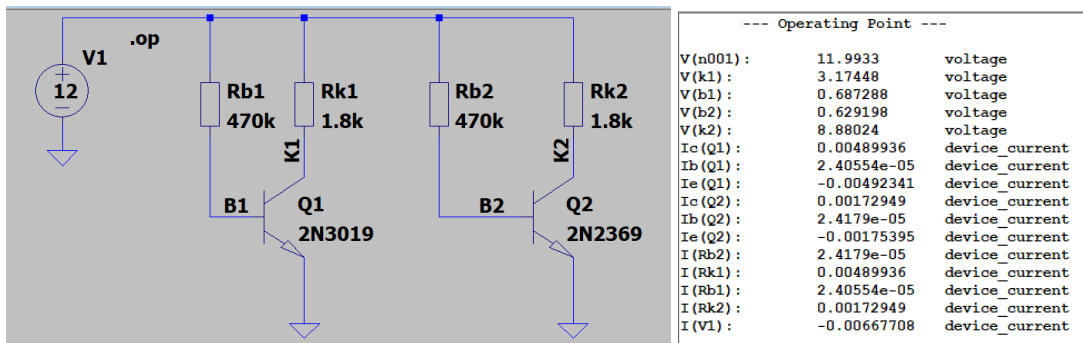
2 pav. Sujungtos grandinės atvaizdavimas su „LTspice“
Šaltinis: sudaryta autorių

Nuolatinės srovės analizės pavyzdys pateiktas 3 pav. Čia matoma diodo tiesioginio jungimo srovės priklausomybė nuo keičiamo $V3$ šaltinio įtampos. Horizontalioje ašyje pateikiamas įtampos kritimas ant diodo. Kaip matyti, keičiant $V3$ įtampą nuo 0 V iki 20 V kas 0,2 V, įtampa ant diodo krinta nuo 0 V iki 0.92 V. Tai atitinka realaus 1N4148 diodo charakteristiką. Tam, kad modeliavimo rezultatai kuo labiau atitiktų realybę, yra naudojami realių elementų modeliai. Pavyzdžiui, 3 pav. pavaizduota 1N4148 diodo charakteristika, bet galima būtų tai pačiai grandinei pasirinkti ir kitokį diodo modelį. Tada charakteristika atitiktų pasirinkto diodo charakteristiką. Tokiu būdu galima išbandyti įvairius diodus.

Darbo taškų parametrų įvertinimas pateiktas 4 pav. Panaudojus šią funkciją galima atvaizduoti kiekvieno grandinės mazgo ar laido nuolatinės įtampas ir sroves. Šiuo atveju naudojami schemeje naudojami žymėjimai. Pavyzdžiui, antro tranzistoriaus ($Q2$) grandinėje kolektoriaus išvadas pavadintas $K2$, o jo įtampa $V(k2)$. Kiti parametrai žymimi atitinkamai.

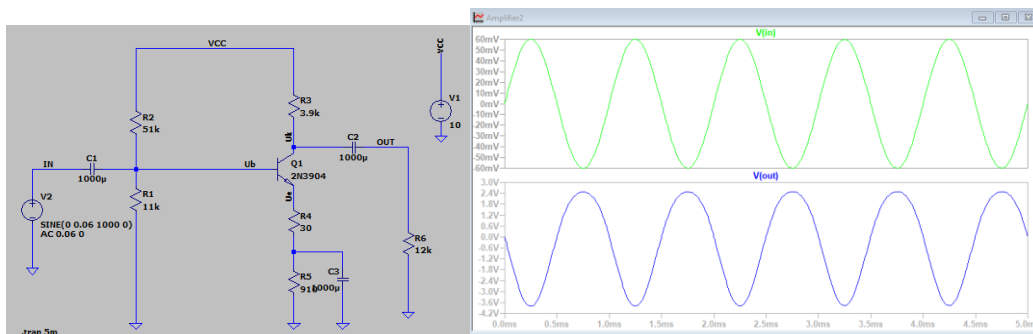


3 pav. Nuolatinės srovės analizės pavyzdys su „LTspice“, naudojant parametrinę analizę
Šaltinis: sudaryta autorių



4 pav. Darbo taškų parametrų įvertinimo pavyzdys su „LTspice“
Šaltinis: sudaryta autorių

Pereinamųjų procesų analizės pavyzdys pateiktas 5 pav. Iš jos galima matyti, kad tranzistorinio stiprintuvo įėjime (V_{in}) yra paduodamas sinusinis 1 kHz signalas (V_{in}). Išėjime (V_{out}) matyti laikinis signalas (V_{out}), kuris jau yra sustiprintas. Paduodamo signalo (V_{in}) amplitudė V_{pp} yra 120 mV, o išėjime (V_{out}) - V_{pp} yra apie 6 V. Taigi modeliuojant galima nustatyti, kad stiprintuvas stiprina apie 50 kartų.

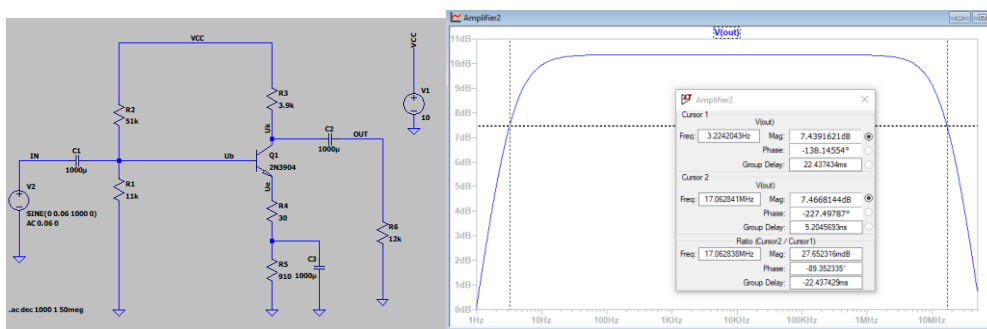


5 pav. Pereinamųjų procesų analizės pavyzdys su „LTspice“
Šaltinis: sudaryta autorių

6 pav. pateikta kintamosios srovės analizė. Iš jos galima matyti, kad tranzistorinis stiprintuvas signalą stiprina nuo 3,22 Hz iki 17,06 MHz dažnių ruože (vertinat dažnių juostą -3 dB lygiu). Tikslų įvertinimą leidžia užtikrinti kursorių naudojimas.

7 pav. pateiktas iškraipymų analizės pavyzdys su „Altium Designer“. Kairėje parodytas iškraipymų lygis (THD) procentais (14,41 %). Dešinėje matyti signalo spektras su harmonikomis.

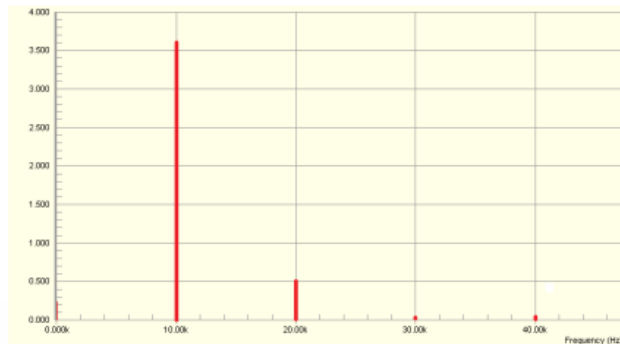
8 pav. pateiktas statistinės analizės pavyzdys. Šioje grandinėje rezistoriai ($R1$, $R2$) užsiduoti su $\pm 5\%$ tolerancija. Vertės parenkamos atsitiktinai (pagal Monte Carlo metodą). Tai daroma 100 kartų. Dešinėje pateikta stiprintuvo su operaciniu stiprintuvu laikinių išėjimo signalo (V_{out}) 100 variantų (įvertinant, kad užsiduota 100 kartų kartoti). Tokiu būdu galima greitai įvertinti, ar grandinės komponentų tolerancija nepaveiks grandinės tikslaus veikimo.



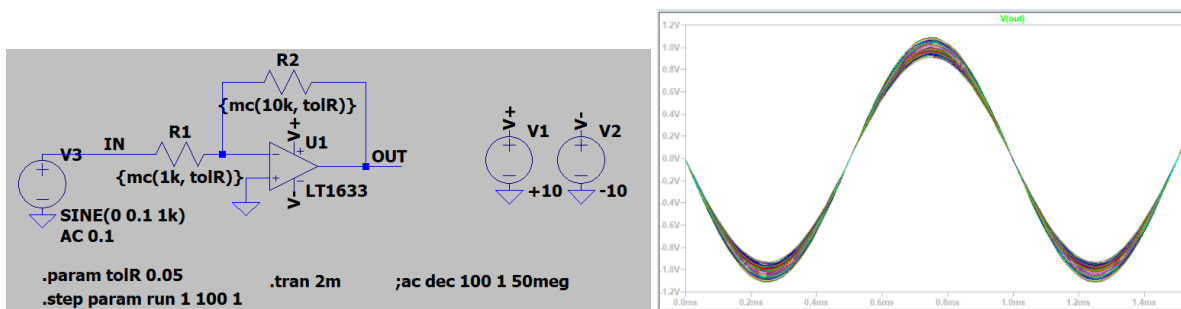
6 pav. Kintamosios srovės analizės pavyzdys su „LTspice“
Šaltinis: sudaryta autorių

Fourier analysis for out:
No. Harmonics: 10, THD: 14.4156 %

Harmonic	Frequency	Magnitude
0	0.00000E+000	-2.42869E-001
1	1.00000E+004	3.64390E+000
2	2.00000E+004	5.18660E-001
3	3.00000E+004	1.23592E-002
4	4.00000E+004	4.96384E-002
5	5.00000E+004	4.08660E-002
6	6.00000E+004	3.49884E-002
7	7.00000E+004	2.90659E-002
8	8.00000E+004	2.03570E-002
9	9.00000E+004	1.22614E-002



7 pav. Iškraipymų analizės pavyzdys su „Altium Designer“
Šaltinis: sudaryta autorių



8 pav. Statistinės analizės pavyzdys su „LTspice“
Šaltinis: sudaryta autorių

Ekspirimentinio tyrimo pavyzdžiai rodo, kad kompiuterinės priemonės gali būti naudojamos mokant/mokantis apie analoginius įtaisus. Išsiaiškinta, kad iš tyrinėtų programinių įrangų šiuo metu geriausiai buvo tinkama „LTspice“. Visų pirma ji yra laisvai prieinama (nemokama). Gali atlikti visus šiandien aktualių analizės tipus. Turi programinės įrangos kūrėjų palaikymą (nuolat atnaujinama). Taip pat ją naudojančių vartotojų bendruomenė yra labai didelė ir apima visą pasaulį (internete galima rasti daug pavyzdžių arba paaiškinimų). Tačiau, tai nereiškia, kad ir kitos priemonės negali būti naudojamos. Svarbu pasirinkti tinkamas priemones ir apibrėžti, ką ir ko norime išmokti/išmokyti. 4 lentelėje aprašytos savybės leidžia lengviau pasirinkti priemones.

Išvados

1. Straipsnyje atlikta modulių, kuriuose mokomasi apie analoginius elektroninius įtaisus, turinių apžvalga bei įvardintos pagrindinės temos. Išsiaiškinta, kad apie analoginius įtaisus daugiausia studijuojama su elektrotechnika ir elektronika susijusiuose moduluose. Tematika, susijusi su analoginiais įtaisais, gali sudaryti nemažą šių modulių dalį.

2. Atlikus kompiuterinių modeliavimo priemonių, skirtų modeliuoti analogines grandines apžvalgą nustatyta, kad šias priemones galima skirstyti pagal įvairius kriterijus. Parodyta, kad modeliavimo priemonės gali turėti šiuos analizės variantus: nuolatinės srovės analizė; darbo taškų parametrų įvertinimas; kintamosios srovės analizė; laikinė analizė; triukšmų analizė; iškraipymų analizė; perdavimo funkcijos stabilumo analizė; parametrinė analizė; temperatūrinė analizė; statistinė analizė.

3. Ekspirimentiniai kompiuterinių modeliavimo priemonių bandymai rodo, kad jos gali būti naudojamos mokant/mokantis apie analoginius įtaisus. Nustatyta, kad iš detaliau tyrinėtų programinių įrangų šiuo metu geriausiai tinkama yra „LTspice“. Tyrimai rodo, kad kompiuterinis modeliavimas pagreitina analoginių grandinių tyrimus. Taip pat galima tyrinėti įvairesnius įtaisus, atlikti išsamesnes analizes.

Literatūra

1. Antipolo J., Lopez M. Simulation Application: Improving the Procedural Knowledge of Electronics Technology Students in Electric Circuits. American Journal of Educational Research. 2021.
2. Autotransporto elektronikos studijų programa. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <https://www.ktk.lt/studijos/studiju-programos/-autotransporto-elektronika-6533ex001>
3. Baltzis K. B., Koukias K. D. Using Laboratory Experiments and Circuit Simulation IT Tools in an Undergraduate Course in Analog Electronics. Journal of Science Education and Technology, Vol. 18, No. 6, 2009, 546-555.

4. Banday M. T., Ahmed M., Jan T. R. Applications of e-Learning in Engineering Education: A Case Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. Volume 123, 2014, 406-413. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.01.1439>.
5. Campos, N., Nogal, M., Caliz, C. et al. Simulation-based education involving online and on-campus models in different European universities. *Int J Educ Technol High Educ* 17, 8. 2020. <https://doi.org/10.1186/s41239-020-0181-y>
6. Circuit design – simulation. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <http://www.electronicslab.com/downloads/circutedesignsimulation/?page=1>
7. Chen Y-L., Hong Y-R., Sung Y-T., Chang K. Efficacy of Simulation-Based Learning of Electronics Using Visualization and Manipulation. *Educational Technology & Society*. 14. 2011, 269-277.
8. Dickerson SJ, Clark RM. A classroom-based simulation-centric approach to microelectronics education. *Comput Appl Eng Educ*. 2018;26:768–781. <https://doi.org/10.1002/cae.21918>
9. Dhang S., Kumar C. S. Efficient web-based simulation on analog electronics circuits laboratory, *Comput. Appl. Eng. Educ*. 2023; 31: 777–788. <https://doi.org/10.1002/cae.22623>
10. Durkaya F. Virtual laboratory use in science education with digitalization. *Hungarian Educational Research Journal*. 13. 2022.
11. Dursun B., Ozavci E., Yildirim H., Budak E., Kalender O., Oz H. O. A general purpose computer interface unit for electrical and electronics education, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 1, Issue 1, 2009, 2865-2870. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2009.01.509>.
12. Elektronikos inžinerijos studijų programa. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <https://stojantiesiems.ktu.edu/programme/b-elektronikos-inzinerija/>
13. Elektronikos technikos studijų programa. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <https://www.ktk.lt/studijos/studiju-programos/elektros-technika-6531ex004>
14. Gu N., Ji X. Research on Teaching Method of Electronic Technology Course Based on EWB. 2nd International Conference on Education, Economics and Social Science (ICEESS 2019). 2019, 233-237.
15. Haleem A., Javaid M., Qadri M. A., Suman R. Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, Volume 3, 2022, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>.
16. Inžinerijos mokslų studijų krypčių grupės aprašas. 2023-07-05 Nr. 2023-14020. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/6dfcf1701b6e11ee9f8efaacc26fd687?ifwid=>
17. Yu H., Shi G. Developing a web-based symbolic circuit analysis tool for learning and design aid, 2017 14th International Conference on Synthesis, Modeling, Analysis and Simulation Methods and Applications to Circuit Design (SMACD), Giardini Naxos, Italy, 2017, pp. 1-4.
18. Juera, L.C. Digitalizing skills development using simulation-based mobile (SiM) learning application. *J. Comput. Educ*. 2022. <https://doi.org/10.1007/s40692-022-00246-8>
19. Medžiagų apdirbimo inžinerijos studijų programa. [Žiūrėta 2023-08-24]. Prieiga per internetą: <https://www.ktk.lt/studijos/studiju-programos/medziagu-apdirbimo-inzinerija-6531ex006>
20. Rahman, I., Johari, M. Students' understanding and skills on voltage and current measurements using hands-on laboratory and simulation software. *Educ Inf Technol* 27, 2022, 6393–6406. <https://doi.org/10.1007/s10639-022-10890-3>
21. Saunoris M., Nakutis Z. An Analysis of Bachelor Final Year Projects Content in Electronic Engineering at KTU. *Elektronika ir Elektrotechnika*, 2011, 116(10), 109-112. <https://doi.org/10.5755/j01.eee.116.10.898>
22. Saunoris M. Analoginių ir skaitmeninių elektroninių grandinių realizavimo galimybių analizė naudojant programuojamas sistemas luste = Analysis of the realization possibility of analog and digital electronic circuits using programmable systems-on-chip // Inžinerinės ir edukacinės technologijos = Engineering and educational technologies. Kaunas : Kauno technikos kolegija. ISSN 2029-9303. 2016, Nr. 1, p. 111-119.
23. Saunoris M., Aleksynas A.. KTK studijų programos „Elektronikos technika“ baigiamųjų darbų tyrimas: projektiniai sprendimai = Investigation of the graduation theses of the KTK study programme „Electronic engineering“: project solutions // Inžinerinės ir edukacinės technologijos = Engineering and educational technologies. Kaunas : Kauno technikos kolegija. ISSN 2029-9303. 2018, Nr. 1, p. 160-165.
24. Saunoris M., Saunorienė L. Application of virtual environment for teaching the basics of electrical engineering and electronics // International symposium of education and values – 4: 24 - 26 December 2020, Karabuk, Turkey: symposium preceedings = Uluslararası eğitim ve değerler sempozyumu isoeva - 4: 24 - 26 Aralık 2020, Karabük, Türkiye: bildiri özetleri kitabı. Karabuk : [s.n.], 2020. ISBN 9786254098307. p. 52.
25. Serafin C. Online Tools for Electrical and Electronics Education. *Journal of Education, Technology and Computer Science*, 12, 2(32), 2021, 148-153.
26. Slavko G., Serhiienko S., Herasimenko L. Digitalization of Electrical Engineering Education and Automatic Assessment of Study Results. 2019 IEEE International Conference on Modern Electrical and Energy Systems (MEES), Kremenchuk, Ukraine, 2019, pp. 414-417, doi: 10.1109/MEES.2019.8896676.
27. Song L-Y., Lou Y-K., Lin C-H., Liu C-N., Huang J-D., Jou J-Y., Lee M-J., Lo Y-L. Efficient Circuit Structure Analysis for Automatic Behavioral Model Generation in Mixed-Signal System Simulation. *Electronics*. 2021; 10(9):1088. <https://doi.org/10.3390/electronics10091088>
28. Taher M.T., Khan A.S. Effectiveness of simulation versus hands-on labs: A case study for teaching an electronics course. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. 122. 2015.

29. Zine O, Errouha M, Zamzoum O, Derouich A, Talbi A. SEITIRMLab: A costless and effective remote measurement laboratory in electrical engineering. International Journal of Electrical Engineering & Education. 2019;56(1):3-23. doi:10.1177/0020720918775041

INVESTIGATION OF THE POSSIBILITIES OF USING SIMULATION TOOLS IN TEACHING/LEARNING ABOUT ANALOG ELECTRONIC DEVICES

Summary

The article discusses the content of the modules that teach about analog electronic devices and identifies the main topics. Computer modeling tools for simulating analog circuits are also reviewed, and their possibilities are examined. The possibilities of applying computer simulation tools are demonstrated during the experiments, and simulation examples are presented.

Key words: analog devices and circuits, computer simulation, simulation tools

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Marius Saunoris

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos docentas; VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos inžinerijos katedros docentas

Autoriaus mokslinių interesų sritys: elektroninių sistemų modeliavimas ir matavimai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Loretta Saunorienė

Mokslo laipsnis ir vardas: daktarė.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technologijos universiteto, Matematikos ir gamtos mokslų fakulteto, Matematinio modeliavimo katedros docentė

Autoriaus mokslinių interesų sritys: matematinis modeliavimas ir taikymai

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 687 23532, loreta.saunoriene@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Žilvinas Nakutis

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos inžinerijos katedros profesorius

Autoriaus mokslinių interesų sritys: įterptinės sistemos, matavimai energetikos sistemose

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 686 55721, zilvinas.nakutis@ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Marius Saunoris

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, associated professor of Motor Transport Electronics Study Programme; Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, associated professor at the department of Electronics Engineering

Author's research interests: electronic systems simulation and measurements

Telephone and e-mail address: +370 684 53462, marius.saunoris@edu.ktk.lt, marius.saunoris@ktu.lt

Author name, surname: Loretta Saunorienė

Science degree and name: Doctor of Physical Sciences,

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, associated professor at the department of Mathematical Modelling,

Author's research interests: mathematical modeling and applications

Telephone and e-mail address: +370 687 23532, loreta.saunoriene@ktu.lt

Author name, surname: Žilvinas Nakutis

Science degree and name: Doctor of Technological Sciences,

Workplace and position: Kaunas University of Technology, Faculty of Electrical and Electronics Engineering, professor at the department of Electronics Engineering

Author's research interests: embedded systems, measurements in energy systems

Telephone and e-mail address: +370 686 55721, zilvinas.nakutis@ktu.lt

GYVENIMO KOKYBĖS RODIKLIŲ RAIŠKOS VERTINIMAS: LIETUVOS IR LENKIJOS SITUACIJOS ANALIZĖ

Kristina Burneikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Šalys visame pasaulyje įvairiais metodais matuoja visuomenės gyvenimo gerovę. Nuo XX a. ketvirtojo dešimtmečio BVP laikomas populiariausiu makroekonominės veiklos matu visame pasaulyje, kuriuo remiasi politikos formuotojai. Tačiau dėl BVP skaičiavimo metodikos ribotumo rezultatai neatspindi ekologinio tvarumo, socialinės įtraukties, ekonominės augimo kokybės ir kitų visuomenės gerovę formuojančių aspektų. Tarptautinių organizacijų iniciatyvų dėka šiandien kartu su BVP skaičiavimais kaip vienas esminių pažangos stebėsenos aspektų, plačiai pripažįstami ir analizuojami įvairūs gyventojų gyvenimo kokybės raišką šalyje rodantys rodikliai bei indeksai. Straipsnyje analizuojami gyvenimo kokybės rodikliai, skaičiavimo indeksai. Aptariama ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodiklių statistinė raiška skirtingose šalyse.

Reikšminiai žodžiai: gyvenimo gerovė, gyvenimo kokybės rodikliai, gyvenimo kokybės indeksai, ekonominiai gyvenimo kokybės rodikliai.

Įvadas

Šalys visame pasaulyje įvairiais metodais matuoja visuomenės gyvenimo gerovę. Viena iš labiausiai paplitusių priemonių, nors laikoma ir nepakankamai tobula, yra bendrasis vidaus produktas (BVP) vienam gyventojui. BVP – tai visos piniginės ekonominės veiklos pridėtinės vertės visuma. BVP vienam gyventojui ekonomine prasme parodo, kaip gerai šalyje gyvena kiekvienas jos pilietis. Pagal šiuos rodiklius įprasta vertinti ar šalies ekonomika vystosi greičiau, ar lėčiau. Tačiau, dėl BVP skaičiavimo metodikos ribotumo, šie rodikliai nepasako visko, ką norima žinoti analizuojant šalies piliečių gyvenimo gerovę. Ekonomikos augimo kokybės, išteklių naudojimo efektyvumo, socialinės įtraukties ir pažangos, ekologinio tvarumo ir kiti visuomenės gerovės aspektai lieka nuošalėje. Akivaizdu, kad BVP rodiklį būtina sieti su kitais statistiniais duomenimis, platesne prasme apimančiais papildomus ekonominius, socialinius ir aplinkos apsaugos aspektus, nuo kurių labai priklauso žmonių gyvenimo kokybė. Gyvenimo kokybės matavimų tikslingumas ir reikalingumas grindžiamas įvairiuose šalių politikos strateginiuose dokumentuose. Lietuvos pažangos strategijoje „Lietuva 2030“, kaip vienas esminių pažangos stebėsenos rodiklių numatytas būtent gyvenimo kokybės rodiklių indeksas.

Tyrimo objektas – gyvenimo kokybės rodikliai ir indeksai.

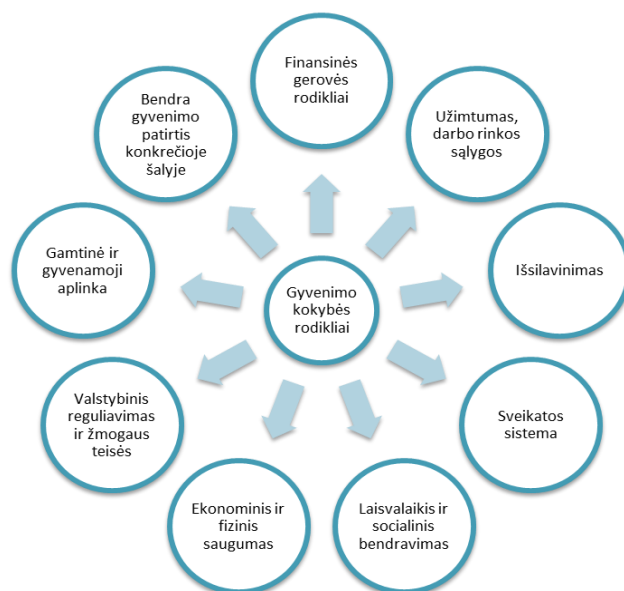
Darbo tikslas – išsiaiškinti gyvenimo kokybės rodiklių raiškos ypatumus.

Darbo uždaviniai:

- Apžvelgti gyvenimo kokybės rodiklius ir indeksus.
- Išskirti ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodiklius.
- Palyginti ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodiklius Lietuvoje ir Lenkijoje.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, empirinis tyrimas.

Gyvenimo kokybės rodikliai, gyvenimo kokybės matavimo indeksai, ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodikliai. Mokslinėje literatūroje plačiai vartojamos, tačiau įvairiai interpretuojamos gyvenimo kokybės aspektus atspindinčios sąvokos tokios, kaip pragyvenimo lygis, gerovė, gyvenimo kokybė, gyvenimo pilnatvė, pasitenkinimas gyvenimu šalyje, laimė. Anot V.Servetkienės (2013) gyvenimo kokybės sąvoka vartojama apibūdinti daugeliui susijusių, tačiau skirtingų ekonominių, socialinių, politinių reiškinų, apimanti žmogaus dvasinę (emocinę), socialinę ir fizinę gerovę, t. y. aplinkosaugos, darbo sąlygų, socialinio aprūpinimo, visuomeninio transporto, sveikatos apsaugos, profesinio parengimo ir kitus gyvenimo aspektus. Dėl BVP skaičiavimo metodikos ribotumo įvairių šalių vyriausybės bei tarptautinės organizacijos pradėjo taikyti gyvenimo kokybės rodiklių matavimo indeksus. CPVA ekspertas V. Serbenta (2023) teigia, kad gyvenimo kokybės rodikliais galima statistiškai įvertinti ir parodyti įvairius vienas kitą papildančius gyvenimo kokybės aspektus. Remiantis Lietuvos oficialiosios statistikos portalu, Europos statistikos sistemos komitetas geresniam visuomenės pažangos matavimui sukurti dar 2010 m. sudarė grupę „Pažangos, gerovės ir tvaraus vystymosi matavimas“, kuri pateikė rekomendacinį gyvenimo kokybei matuoti rodiklių rinkinį. Šio rodiklių rinkinio pagrindu šalys atlieka statistinius skaičiavimus, kuriais siekiama kuo geriau įgyvendinti gyvenimo kokybės matavimams keliamus uždavinius: teikti statistinę informaciją bei padėti formuoti politinius požiūrius apie tai, kas padaro Europos piliečius (ne) laimingus, ir visų pirma – kokie yra svarbiausi skirtumai tarp įvairių visuomenės grupių, kai kalbama apie bendrąją gerovę arba gyvenimo kokybę (1pav.).



1 pav. Gyvenimo kokybės rodikliai

Sudaryta autorės remiantis šaltiniu „Measuring quality of life“ (Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/quality-of-life/information-data>)

Remiantis Eurostat portalo teikiama informacija, kiekvienas gyvenimo kokybės rodiklis apima tam tikras dedamąsias dalis, kurios statistiškai skaičiuojamos atskirai tam, kad būtų galima sudaryti kuo platesnį kontekstą (1 lentelė):

1 lentelė

Gyvenimo kokybės rodikliai ir jų komponentai

Gyvenimo kokybės rodiklis	Komponentai
Finansinė gerovė	gyventojų gaunamas pajamas, vartojimą, perkamąją galią, valstybės teikiamos paslaugas, materialinį nepriteklių, būsto įsigijimo galimybes šalyje.
Užimtumas, darbo rinkos sąlygos	užimtumo ir nedarbo rodiklius, pajamas ir naudą iš užimtumo, įdarbinimo kokybę, sveikatą ir saugą darbe, darbo ir asmeninio gyvenimo pusiausvyrą, laikiną darbą.
Išsilavinimas	galimybės įgyti tinkamą išsilavinimą, galimybės kelti kvalifikaciją bei mokytis visą gyvenimą.
Sveikatos sistema	sveikatos paslaugų prieinamumą šalyje, jų kokybę, gyventojų vidutinę gyvenimo trukmę.
Laisvalaikis ir socialinis bendravimas	laisvalaikio kiekis ir kokybė.
Ekonominio ir fizinio saugumo	galimybę disponuoti nuosavu turtu, turimų finansinių išpareigojimų dydis, finansinių pajamų užtikrintumas, nusikalstamumo ir fizinio saugumo lygis šalyje.
Valstybinis reguliavimas ir žmogaus teisės	pasitikėjimas valstybinėmis institucijomis bei pasitenkinimas viešosiomis paslaugomis, lygios žmonių teisės, diskriminacijos lygis, pilietiška visuomenė.
Gamtinė ir gyvenamoji aplinka	taršos lygis (įskaitant triukšmą), kraštovaizdis, galimybė naudotis gamtos ir rekreacinėmis erdvėmis.
Bendra gyvenimo patirtis konkrečioje šalyje	pasitenkinimas gyvenimu šalyje, prasmė ir tikslas.

Sudaryta autorės remiantis šaltiniu „Measuring quality of life“ (Eurostat, <https://ec.europa.eu/eurostat/web/quality-of-life/information-data>)

Mokslinių šaltinių analizė (P. Grittayaphong, 2023), parodė, kad galima išskirti dar keletą alternatyvių gyvenimo kokybės indeksų (2 lentelė), pastaruoju metu naudojamų siekiant įvertinti įvairių šalių gyvenimo kokybę. Jungtinės Tautos sukūrė „Žmogaus raidos indeksą“ (*The Human Development Index*), kuriuo remiantis atliekami skaičiavimai orientuoti ne vien tik į šalies ekonomikos augimą, bet į tokius piliečių gyvenimo veiksnius kaip pragyvenimo lygis, galimybės, sveikatos sistemos bei švietimo sistemos ypatumai. Sveikatos sistemos ypatumai vertinama pagal tikėtiną piliečių gyvenimo trukmę, išsilavinimo dimensija – pagal 25 metų ir vyresnių suaugusiųjų mokymosi metų vidurkį ir pan. Pragyvenimo lygio rodikliui matuoti skaičiuojamos bendrosios nacionalinės pajamos (BNP), tenkančios vienam gyventojui. Tačiau reiktų pabrėžti, kad šiame indekse kai kurie svarbūs veiksniai visgi lieka neįtraukti.

Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacija (EBPO) savo ruožtu sukūrė „Geresnio gyvenimo indeksą“ (*The Better Life Index*), kaip geresnio gyvenimo iniciaciją, bei pateikia žmonių gyvenimo gerovės 41 pasaulio šalyje statistinių duomenų iš 11 sudedamųjų dalių palyginimą. Temos, kurias EBPO nustatė kaip esmines gerovei, yra susijusios su materialinėmis gyvenimo sąlygomis, t.y. namų gyvenimo sąlygos,

vartojimas, gaunamos pajamos, darbo rinkos sąlygos, užimtumas bei gyvenimo kokybė, t.y. socialiniai ryšiai, pilietinis aktyvumas, švietimo sistema, gyvenamoji aplinka, valstybės valdymu, sveikatos sistema, pasitenkinimu gyvenimu, saugumo ir nusikalstamumo lygis šalyje ir darbo bei asmeninio gyvenimo pusiausvyra. Kiekvienai temai matuoti naudojami nuo vieno iki keturių rodiklių.

Tikras pažangos rodiklis (*The Genuine Progress Index*), sukurtas JAV „Gross National Happiness USA“ analitikų bei aktyvistų yra skirtas įvertinti šalies gerovę, atsižvelgiant į ekonominius, aplinkos ir socialinius veiksnius. Pagal šį indeksą skaičiavimai ekonominiu aspektu gali apimti tokius kintamuosius kaip asmeninės išlaidos ir pajamų nelygė. Kalbant apie aplinkosaugos aspektą, indeksas daugiausia apima tokius veiksnius kaip ozono sluoksnio nykimas ir klimato kaita. Į socialinį aspektą įtraukiami nusikaltimai, šeimos iširimai ir kt.

2 lentelė

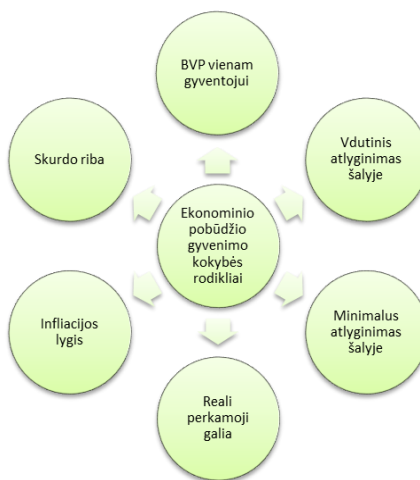
Alternatyvūs gyvenimo kokybės matavimo indeksai

Žmogaus raidos indeksas (<i>The Human Development Index</i>) (HDI)	Geresnio gyvenimo indeksas (<i>The Better Life Index</i>) (BLI)	Tikras pažangos rodiklis (<i>The Genuine Progress Indicator</i>) (GPI)
Sveikata, Išsilavinimas, Gyvenimo lygis: bendrosios nacionalinės pajamos (BNP), tenkančios vienam gyventojui.	Materialinės gyvenimo sąlygos: būstas, pajamos, darbai, Gyvenimo kokybė: bendruomenė, švietimas, aplinka, valstybės valdymas, sveikata, pasitenkinimas gyvenimu, saugumas ir darbo bei asmeninio gyvenimo pusiausvyra.	Ekonominė: asmeninės išlaidos ir pajamų nelygė, Aplinkosauginė: ozono sluoksnio nykimas ir klimato kaita, Socialinė: nusikaltimai, šeimos iširimai ir kt.

Sudaryta autorės remiantis šaltinis „Beyond GDP: Three Other Ways to Measure Economic Health“ (Praew Grittayaphong, 2023)

Remiantis Lietuvos finansų ministerijos duomenimis, Lietuvoje kaip ir daugelyje pasaulio šalių jau nuo 2013 m. yra skaičiuojami ir analizuojami statistiniai duomenys pagal Gyvenimo Kokybės Indekso metodiką. Ši metodika sudaryta vadovaujantis Europos statistikos sistemos komiteto rekomendacijomis ir susideda iš 41 gyvenimo kokybės rodiklio 6 srityse: materialinės gyvenimo sąlygos; gyventojų verslumas ir verslo konkurencingumas; sveikatos paslaugos; švietimo paslaugos; demografija, pilietinis ir visuomeninis aktyvumas; viešoji infrastruktūra, gyvenamosios aplinkos kokybė ir saugumas.

Ekonominiai gyvenimo kokybės rodikliai. Vertinant įvairius gyvenimo kokybės ir gerovės matavimo indeksus, akivaizdu tampa tai, kad gyvenimo kokybę ar gerovę išreiškiančių rodiklių yra gana daug. Analizuojant visus anksčiau minėtus gyvenimo kokybės stebėsenos rodiklius bei indeksus, pastebima kad kiekviename jų dominuoja ekonominio pobūdžio rodikliai, todėl galima daryti išvadą, kad ekonominio pobūdžio rodikliai parodo materialines gyvenimo sąlygas bei visgi didžiąja dalimi atspindi konkrečios šalies piliečių gyvenimo kokybę. Todėl šiame darbe nuspręsta plačiau išsiaiškinti ir patyrinėti ekonominio pobūdžio rodiklius, parodančius gyvenimo kokybę konkrečioje šalyje. Remiantis mokslinėje literatūroje aptariamais gyvenimo kokybės rodikliais bei indeksais išskirti ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodikliai (2 pav.).



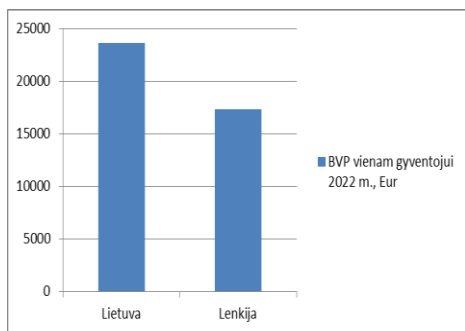
2 pav. Ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodikliai

Sudaryta autorės

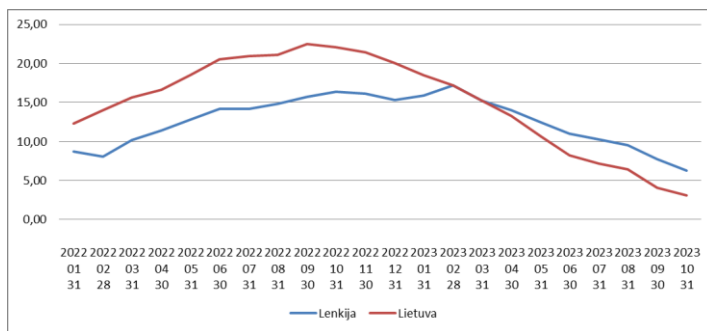
Ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodiklių palyginimas Lietuvoje ir Lenkijoje. Nuspręsta atlikti Lietuvos ir Lenkijos ekonominės gyvenimo gerovės rodiklių palyginamąją analizę. Lietuva ir Lenkija

yra kaimyninės šalys, nuolat vykdančios intensyvią ekonominę bendradarbiavimą, kuris plėtojamas dėl patogios geografinės padėties bei narystės bendroje Europos Sąjungos rinkoje. Lenkija yra viena svarbiausių ekonominių Lietuvos partnerių. Pradedant analizuoti Lietuvos ir Lenkijos šalių gyventojų ekonominės gerovės rodiklius, svarbu paminėti, kad Lenkijos gyventojų populiacija yra 13,43 kartų didesnė nei Lietuvos, t.y. Lenkijoje gyvena 37 mln. gyventojų, kai tuo tarpu Lietuvoje 2,8 mln. 2023 m. gyventojų tankis Lietuvoje siekia 43,8 žmonės viename kvadratiniam kilometre, kai tuo tarpu Lenkijoje gyventojų tankis sudaro 121 žmogus viename kvadratiniam kilometre.

Pirmiausia nuspręsta palyginti kelis pagrindinius makroekonominis rodiklius, t.y. BVP vienam gyventojui ir infliacijos lygio pokyčius. Remiantis Statista oficialiosios statistikos portalu 2022 m. duomenimis matome, kad Lietuvoje BVP vienam gyventojui sudarė 6 310 Eur daugiau, nei Lenkijoje ir tai buvo 23 620 Eur, kai tuo tarpu Lenkijos BVP vienam gyventojui sudaro 17 310 Eur (3 pav.). Infliacijos lygio pokytis 2022-2023 metų laikotarpyje pavaizduotas 4 pav. Matome, kad 2022 m. infliacijos lygis didžiausias buvo 2022 m. 09 -10 mėn. laikotarpyje ir sudarė Lietuvoje – 22,50 proc., o Lenkijoje – 16,40 proc. 2023 m. metų bėgyje infliacija abiejuose šalyse mažėjo ir spalio mėn. Lietuvoje siekė 3,10 proc., Lenkijoje - 6,30 proc.

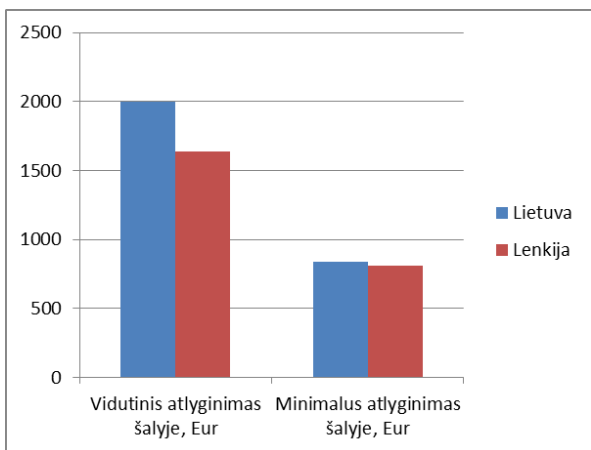


3 pav. BVP vienam gyventojui

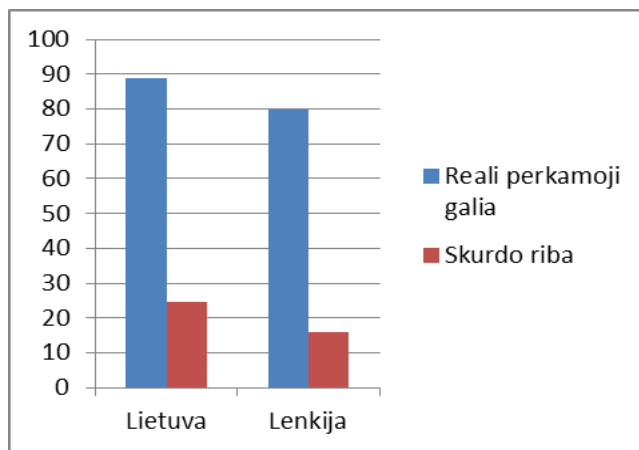


4 pav. Infliacijos lygis 2022-2023 m., proc.

Analizuojant Lietuvos ir Lenkijos statistikos portalų duomenis, gauti duomenis apie vidutinio mėnesio atlyginimo prieš mokesčius dydžius bei minimalaus darbo užmokesčio dydį prieš mokesčius abiejuose šalyse. Lietuvoje vidutinis mėnesio atlyginimas prieš mokesčius šalyje 2023 m. II ketv. buvo 361 Eur didesnis, nei Lenkijoje ir sudarė 2000,1 Eur, kai tuo pačiu metu Lenkijoje buvo 1639 Eur per mėn. Minimalus darbo užmokestis prieš mokesčius Lietuvoje 2023 m. buvo 840 Eur, Lenkijoje tuo pačiu metu 811,03 Eur (5 pav.). Vertinant realią perkamąją galią analizuoti Eurostat portalu 2022 m. statistiniai duomenys, ir nustatyta, kad reali perkamoji galia, paskaičiuota kaip BVP vienam gyventojui, išreikštas per perkamosios galios standartą (kai ES-27=100) Lietuvoje buvo 89 proc. ES vidurkio, o Lenkijoje – 80 proc. ES vidurkio. Remiantis Eurostat portalu duomenimis, taip pat buvo analizuota skurdo riba abiejuose šalyse, ir nustatyta, kad Lietuvoje skurdo riba sudaro 24,6 proc. šalies populiacijos, kai vidutinė skurdo riba Europos Sąjungoje sudaro 21.6 proc. nuo visos ES populiacijos. Lenkijoje skurdo riba yra 15,9 proc. šalies populiacijos, ir tai yra gerokai mažiau nei ES vidurkis (6 pav.). Analizuojant skurdo ribą, svarbu paminėti tai, kad remiantis Europos statistikos (Eurostat) metodika, santykinė skurdo riba yra apskaičiuojama kaip 60 proc. ekvivalentinių namų ūkio disponuojamų pajamų medianos.



5 Pav. Vidutinis atlyginimas ir minimalus atlyginimas, Eur



6 pav. Reali perkamoji galia ir skurdo riba šalyje

Remiantis statistiniais duomenimis, matyti, kad visi analizuoti ekonominiai rodikliai yra geresni Lietuvoje, išskyrus skurdo ribą. Todėl galima daryti išvadą, kad Lenkijoje procentaliai daugiau gyventojų gyvena vidutiniškai geresnėmis ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės sąlygomis, nei Lietuvoje, tai reiškia, kad procentine išraiška didesnė dalis Lenkijos šalies gyventojų gauna vidutiniškai daugiau pajamų nei apibrėžta tos šalies skurdo riboje ir kuriomis gali disponuoti.

Išvados

1. Analizuojant mokslinę literatūrą išsiaiškinti bei aptarti gyvenimo kokybės rodikliai, įvairūs tarptautinių organizacijų naudojami gyvenimo kokybės statistinių skaičiavimų indeksai.

2. Išskirti ekonominio pobūdžio šalies gyventojų gyvenimo kokybę parodantys rodikliai: BVP vienam gyventojui, vidutinis atlyginimas šalyje, minimalus atlyginimas šalyje, reali perkamoji galia, infliacijos lygis, skurdo riba.

3. Atlikus ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės rodiklių tyrimą lyginant Lietuvos ir Lenkijos statistinius duomenis gauti rezultatai: Lietuvoje BVP vienam gyventojui yra 6 310 Eur didesnis nei Lenkijoje, taip pat vidutinis atlyginimas prieš mokesčius Lietuvoje yra 361 Eur didesnis, bei perkamosios galios standartas 9 proc. ES vidurkio didesnis nei Lenkijoje, tačiau ties skurdo riba Lietuvoje gyvena 24,6 proc. šalies populiacijos, kai tuo tarpu Lenkijoje tik 15,9 proc. šalies populiacijos, ir tai yra gerokai mažiau nei ES vidurkis. Galima daryti išvadą, kad Lenkijoje procentaliai daugiau gyventojų gyvena vidutiniškai geresnėmis ekonominio pobūdžio gyvenimo kokybės sąlygomis, nei Lietuvoje, tai reiškia, kad procentine išraiška didesnė dalis Lenkijos šalies gyventojų gauna vidutiniškai daugiau pajamų nei apibrėžta tos šalies skurdo riboje, ir kuriomis gali disponuoti.

Literatūra

1. Copernic Avocats, Prieiga per internetą: <https://copernic-avocats.com/wages-in-poland/>;
2. Eurostat, Purchasing power parities (PPPs), price level indices and real expenditures for ESA 2010 aggregates, 2022, Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/PRC_PPP_IND_custom_6607375/bookmark/bar?lang=en&bookmarkId=020d5e26-9ac5-4d7e-9755-2772f1cc08d5;
3. Eurostat Statistic Explained, Living conditions in Europe - poverty and social exclusion, 2022, Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Living_conditions_in_Europe_-_poverty_and_social_exclusion;
4. Eurostat, QUALITY OF LIFE, Prieiga per internetą: <https://ec.europa.eu/eurostat/web/quality-of-life>;
5. Eurostat, Prieiga per internetą: https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/earn_mw_cur/default/table?lang=en;
6. Europos Bendrijų Komisija, Komisijos komunikatas tarybai ir europos parlamentui, BVP ir kiti rodikliai pažangai kintančiame pasaulyje vertinti, 2009; Prieiga per internetą: <file:///D:/naujам%20straipsniui/Europos%20komunikatas%20BVP.pdf>
7. Grittayaphong P., Beyond GDP: Three Other Ways to Measure Economic Health, the Federal Reserve Bank of St. Louis., April 19, 2023, Prieiga per internetą: <https://www.stlouisfed.org/open-vault/2023/apr/three-other-ways-to-measure-economic-health-beyond-gdp#>;
8. Lenkija Lietuvoje, Prieiga per internetą: <https://www.gov.pl/web/lietuva/Lietuva>;
9. Lietuvos pažangos strategija „LIETUVA 2030“, Prieiga per internetą: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAP/1f5eadb1f27711eab72ddb4a109da1b5>;
10. Ycharts, Prieiga per internetą: https://ycharts.com/indicators/poland_inflation_rate;
11. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), Better Life Index, Prieiga per internetą: <https://www.oecdbetterlifeindex.org/>;
12. Oficialiosios statistikos portalas, Lietuvos gyvenimo kokybės rodikliai, Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/gyvenimo-kokybes-rodikliai>;
13. Oficialiosios statistikos portalas, Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/covid19-statistika/covid19-itaka-darbo-rinkai/darbo-uzmokestis>;
14. Oficialiosios statistikos portalas, Verslas Lietuvoje (2022 m. leidimas), Prieiga per internetą: <https://osp.stat.gov.lt/verslas-lietuvoje-2022/bvp>;
15. Servetkienė V., Gyvenimo kokybės daugiadimensis vertinimas, identifikuojant kritines sritis, 2013, Vilnius; Prieiga per internetą: <https://talpykla.elaba.lt/elaba-fedora/objects/elaba:2008084/datastreams/MAIN/content>;
16. Statista, Gross Domestic Product per capita in the European Union in 2022, by member state Prieiga per internetą: <https://www.statista.com/statistics/1373462/gdp-per-capita-eu-member-states-2022/>;
17. VšĮ Centrinė projektų valdymo agentūra, Savivaldybių gyvenimo kokybės indeksas atskleidė gerėjančią situaciją Lietuvoje, 2023, <https://www.cpva.lt/globalios-naujienos/44/savivaldybiu-gyvenimo-kokybes-indeksas-atskleide-gerejancia-situacija-lietuvoje:927>.

ASSESSMENT OF THE EXPRESSION OF QUALITY OF LIFE INDICATORS: ANALYSIS OF THE SITUATION OF LITHUANIA AND POLAND

Summary

Countries around the world use different methods to measure the well-being of society. Since the 1940s GDP is considered to be the most popular measure of macroeconomic performance worldwide, used by policymakers. However, due to the limitations of the GDP calculation methodology, the results do not reflect ecological sustainability, social inclusion, the quality of economic growth and other aspects that shape the well-being of society. Thanks to the initiatives of international organizations, today, together with GDP calculations, as one of the essential aspects of the progress monitoring, various indicators and indices showing the expression of the life quality of the population in the country are widely recognized and analysed. The article presents the definition of life quality indicators, different indices. The statistical expression of economic quality of life indicators in different countries is analysed.

Key words: well-being of life, indicators of life quality, indices of life quality, economic indicators of life quality.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistro laipsnis, lektorė

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programos lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: ekonomika, verslumas, finansinis raštingumas

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068785323, kristina.burneikiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Burneikienė.

Science degree and name: master's degree, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Automobile Technical Maintenance Study Programme lecturer.

Author's research interests: economics, entrepreneurship, financial literacy

Telephone and e-mail address: +37068785323, kristina.burneikiene@edu.ktk.lt

VADOVAVIMO VERTĖS ĮTAKA DARBDAVIO PATRAUKMUI ELEKTROS IR ELEKTRONIKOS INŽINERIJOS KRYPTIES STUDENTŲ POŽIŪRIU

Gabrielė Ivanovaitė, Eligija Narmontė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Nuolatinis elektros ir elektronikos inžinierių trūkumas Lietuvoje, prognozuojamas sektoriaus augimas dėl DI, automatikos ir atsinaujinančios energijos populiarėjimo bei tendencingai mažėjantys inžinerijos studijas besirenkančio jaunimo skaičiai kelia darbdaviams vis didesnius iššūkius pritraukiant ir išlaikant jaunus specialistus. Todėl įmonėms labai svarbu suprasti veiksnius, didinančius darbdavio patrauklumą karjerą pradėjantiems inžinieriams. Siekiant prisidėti prie šios problemos sprendimo, tyrime atlikta Kauno technikos kolegijos elektros ir elektronikos krypties studentų apklausa, sudaryta remiantis Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016) verčių modeliu, kuria nustatyti didžiausią įtaką darbdavio patrauklumui turintys veiksniai studentų požiūriu. Antrame tyrimo etape atlikta šešių atsitiktinai atrinktų elektros ir elektronikos srities įmonių darbo skelbimų turinio analizė, kuri parodė, kad darbo skelbimuose komunikuojame įmonių vertės pasiūlyme atsispindi visos respondentams svarbios vertės, tačiau vadovavimo vertė akcentuojama nepakankamai.

Reikšminiai žodžiai: darbdavio patrauklumas, vadovavimo vertė, Z karta.

Įvadas

Nuolatinis elektros ir elektronikos inžinierių trūkumas bei prognozuojamas spartus sektoriaus augimas visoje Europoje dėl dirbtinio intelekto, automatikos ir atsinaujinančios energetikos vystymosi (Europos komisija, 2023) verčia darbdavius dėti nemažai pastangų, kad pritrauktų ir išlaikytų jaunus specialistus. Siekdamas Lietuvoje populiarinti studijas šiose kryptyse, 2022 m. sektoriaus įmonės skyrė 246 tūkst. eurų energijos inžinerijos studentų stipendijoms (Gutauskaitė, 2023); nuo 2021 m. vykdyta bendra keturių didžiausių elektronikos komponentų gamybos įmonių Kauno regione, Kaunas IN ir miesto aukštųjų mokyklų (KTU ir KTK) komunikacijos kampanija „Ateitis elektronikams“. Tačiau net ir padėję aukštosios mokykloms padidinti elektros ir elektronikos krypties studentų skaičių, verslo atstovai vis dar susiduria su iššūkiu, kaip pritraukti studijas baigusius jaunus specialistus darbei būtent į savo įmonę. Kadangi artimiausiais metais prognozuojamas elektros ir elektronikos inžinierių paklausos augimas, o studijuojančių šiose kryptyse skaičius pastarąjį dešimtmetį tendencingai mažėjo (LAMABPO, 2022), norint konkuruoti dėl jaunųjų talentų, įmonėms būtina suprasti veiksnius, turinčius įtakos potencialių darbdavių patrauklumui iš studentų ar ką tik studijas baigusius inžinierių perspektyvos.

Nors mokslinėje literatūroje darbdavio patrauklumo samprata nėra nauja, esama nemažai autorių, tokių kaip Maier ir kt. (2015), teigiančių, kad darbdavio patrauklumui gali turėti įtakos kartų skirtumai. Iki šiol darbo rinkoje dominavusių prarastosios (kūdikų bumo) kartos bei šiandien joje dominuojančių X bei Y kartų darbuotojų lūkesčiai darbdaviui ir darbo aplinkai tyrinėti ne vienerius metus (pvz. Reis, Glufke ir Braga, 2016; Santiago, 2019), tačiau į darbo rinką įsiliejant vis daugiau Z kartos atstovų, siekiant formuoti patrauklų darbdavio įvaizdį svarbu dėmesį atkreipti ir jų prioritetus. Böhlich, Hindley ir Mueller (2022) pastebi, kad ypač po COVID-19 pandemijos Z kartos atstovams tapo svarbu, jog darbas galėtų pasiūlyti struktūrą ir saugumą, taip pat būtų naudingas ne tik finansiškai, bet ir kurtų vertę visuomenei. Šios kartos atstovams rūpi visuomenei aktualios temos, tokios kaip tvarumas (Parzonko, Balińska & Siczko, 2021), todėl įmonės indėlis į šių problemų sprendimą – jos socialinė atsakomybė – svarbi renkantis darbovietę (Maj & Kasperek, 2020). Darbo aplinkoje vertinama laisvė, užduočių įvairovė ir nuolatinis tobulėjimas, tačiau pagrindiniu prioritetu šios kartos darbuotojų vertybių skalėje visgi išlieka šeima ir draugai, todėl daugiausia dėmesio skiriama asmeniniam gyvenimui, darbas lieka antrame plane. Dėl šios priežastis ypač svarbus darbdavio lankstumas bei darbo ir asmeninio gyvenimo dermės užtikrinimas (Böhlich, Hindley ir Mueller, 2022). Visgi nuomonė, kad kartų skirtumai daro stiprią įtaką darbuotojų santykiui su darbdaviu ir pačiu darbu, nėra vienintelė. Autoriai tokie kaip Zaharee, Lipkie, Mehlman ir Neylon (2018) teigia, kad nepriklausomai nuo kartos, darbuotojai yra daug labiau tarp savęs panašūs nei skirtingi, o tyrėjų rasti skirtumai gali būti paaiškinti tuo, kad Z kartos atstovai yra jauni, karjerą tik pradėjantys specialistai, todėl jų prioritetai ir poreikiai skiriasi nuo karjeros brandą pasiekusių darbuotojų. Kadangi mokslinėje literatūroje nepasiektas konsensusas dėl kartų savybių įtakos lūkesčiams darbdaviui (ypač trūksta empirinių įrodymų apie Z kartos vertybių įtaką darbo aplinkoje (Maloni, Hiatt & Campbell, 2019)), šiam klausimui atsakyti reikalingi tolimesni tyrinėjimai.

Šiame tyrime bus analizuojamas darbdavio patrauklumas karjerą pradėjantiems elektros ir elektronikos inžinieriams. Teorinėje dalyje bus aprašyta darbdavio patrauklumo samprata. Remiantis teoriniais darbdavio patrauklumo modeliais, empirinėje tyrimo dalyje bus parengtas tyrimo instrumentas – klausimynas – ir atlikta elektros ir elektronikos krypties studentų Kauno technikos kolegijoje apklausa. Nustatius darbdavio

patrauklumą lemiančius veiksnius respondentams, bus jie bus palyginti su įmonių išorine komunikacija - darbo skelbimų elektros ir elektronikos inžinieriams turiniu. Kadangi darbo skelbimai buvo ir išlieka esminiu pirmuoju kontaktu tarp kandidato ir įmonės, galinčiu paskatinti susidomėti įmone arba ne (Allen et al., 2007; Walker et al., 2011), o supratimas, kaip jie gali tai padaryti, mokslinėje literatūroje stebėtinai ribotas (De Cooman & Pepermans, 2012; Schmidt et al., 2015), remiantis tyrimo rezultatais bus suformuluotos rekomendacijos ir tolimesniems tyrimams, ir praktiniam rezultatų pritaikymui didinant respondentams svarbių verčių atsispindėjimą įmonių komunikacijoje.

Darbdavio patrauklumo samprata

Darbdavio patrauklumas literatūroje apibrėžiamas kaip numatoma nauda, kurią darbuotojas įsivaizduoja gaunantis ar gausias dirbdamas konkrečioje organizacijoje (Berthon ir kt., 2005). Šią naudą darbuotojas gali matyti skirtingose kategorijose. Ambler ir Barrow (1996) išskiria tris tokias naudos rūšis: ekonominę (atlyginimą bei priedus), funkcinę (prasmingą darbą, asmeninį ir profesinį tobulėjimą) bei psichologinę (santykius darbo aplinkoje). Berthon ir kt. (2005) savo pasiūlytame verčių modelyje *EmpAt* (angl. Employer Attractiveness) šį sąrašą išplėtė iki penkių faktorių. Ekonominė (1) vertei likus atskira kategorija, kitos dvi buvo išskaidytos į smulkesnes dedamąsias: (asmeninio ir profesinio) tobulėjimo (2) vertę, (žinių bei įgūdžių) pritaikymo (3) vertę dirbant prasmingą darbą, socialinę (4) vertę (t.y. galimybę dirbti pozityvioje aplinkoje ir kurti joje prasmingus santykius) ir susidomėjimo (5) vertę – iššūkiams ir naujovėms grįstą darbo aplinką. Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016) IBM sukurtu „Watson“ dirbtiniu intelektu išanalizavę 38 tūkst. internetinių atsiliepimų apie dešimt aukščiausiai ir dešimt prasčiausiai įvertintų įmonių portale „Glassdoor“ empiriškai patvirtino Ambler ir Barrow (1996) bei Berthon ir kt. (2005) pasiūlytų verčių svarbą darbdavio patrauklumui bei atrado dar dvi iki tol neįvardintas vertes: (sąžiningą, efektyvų ir įkvėpiančią) vadovavimą (6) bei įmonės potencialą užtikrinti darbo ir asmeninio gyvenimo balansą (7). Kiti autoriai (pvz. Saraswathy ir Thamaraiselvan, 2010) taip pat naudoja septynių verčių modelį, tačiau vietoje Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016) pasiūlyto vadovavimo bei darbo ir asmeninio gyvenimo balanso pabrėžia įmonės socialinės atsakomybės ir pasaulinių galimybių svarbą. Pingle ir Sodhi (2011) prie jų dar pridėda ir geografinį patrauklumą, pripažinimą, altruizmą bei esamus asmeninius kontaktus ir pateikia vienuolikos verčių modelį. Šių autorių išskirtų faktorių, lemiančių darbdavio patrauklumą, palyginimas pateikiamas 1 lentelėje.

1 lentelė

Darbdavio patrauklumą lemiančios vertės

<i>Ambler ir Barrow (1996)</i>	<i>Berthon ir kt. (2005)</i>	<i>Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016)</i>	<i>Saraswathy ir Thamaraiselvan (2010)</i>	<i>Pingle ir Sodhi (2011)</i>
Ekonominė dimensija	Ekonominė vertė	Ekonominė vertė	Ekonominė vertė	Ekonominė vertė
Funkcinė dimensija	Tobulėjimo vertė	Tobulėjimo vertė	Tobulėjimo vertė	Mokymosi ir tobulėjimo vertė
	Pritaikymo vertė	Pritaikymo vertė	Pritaikymo vertė	Pritaikymo vertė
			Pasaulinės galimybės	Pasaulinės galimybės
				Geografinis patrauklumas
Psichologinė dimensija	Socialinė vertė	Socialinė vertė	Socialinė vertė	Santykiai
	Susidomėjimo vertė	Susidomėjimo vertė	Susidomėjimo vertė	Susidomėjimo vertė
		Vadovavimas		Pripažinimas
		Darbo ir asmeninio gyvenimo balansas		Esami asmeniniai kontaktai
				Altruizmo vertė
			Įmonės socialinė atsakomybė	Įmonės socialinė atsakomybė

Šaltinis: sudaryta autorių remiantis Ambler ir Barrow (1996), Berthon ir kt. (2005), Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016), Saraswathy ir Thamaraiselvan (2010), Pingle ir Sodhi (2011)

Tyrimo metodologija ir organizavimas

Tyrimo instrumentas – klausimynas – sudarytas remiantis Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016) modeliu. Pirmoje klausimyno dalyje pateikti demografiniai klausimai, skirti nustatyti respondentų lytį, studijų ir darbo patirtį. Antroje dalyje pateikti 28 teiginiai, matuojantys septynis konstruktus: ekonominę, tobulėjimo, pritaikymo, socialinę, susidomėjimo, vadovavimo bei darbo ir asmeninio gyvenimo balanso vertes. Šiuos teiginius respondentai galėjo įvertinti penkių balų Likert'o skalėje, kai 1 – „visai nesvarbu, o 5 – „labai svarbu“. Trečioje klausimyno dalyje pateikti klausimai apie kanalus, kuriuos respondentai pasitelkia darbo skelbimų paieškai. Elektroninis klausimynas pateiktas 321 Kauno technikos kolegijos elektros ir elektronikos inžinerijos krypties I-III kursų studentui. Pirmasis tyrimo etapas atliktas 2023 m. rugsėjo – spalio mėnesiais.

Antrame tyrimo etape, klausimynu nustačius svarbiausias darbdavio siūlomas vertes respondentams, atlikta darbo skelbimų turinio analizė, kuria siekta nustatyti, ar sektoriaus įmonių išorinėje komunikacijoje atsispindi vertės, kurias respondentai įvardino kaip jiems svarbiausias. Iš portalo, kurį daugiausia respondentų rinktųsi ieškodami darbo, 2023 m. lapkričio mėnesį atsitiktine tvarka (naudojant MS Excel RAND funkciją) atrinkti trys darbo pasiūlymai energetikos ir trys elektronikos specialistams ir atlikta jų turinio analizė.

Rezultatai

Iš 321 Kauno technikos kolegijos elektros ir elektronikos inžinerijos krypties studentams išsiųstos anketos grįžo 83, iš jų viena sugadinta ir 82 validžios (26%). Pagal studijų kursą respondentai pasiskirstė taip: 11 pirmo kurso studentų (13%), 46 antro kurso (56%) ir 25 trečio kurso studentai (31%). Iš tyrimo dalyvių 40 (49%) – nedirbantys, 16 (19%) dirba pagal studijuojamą specialybę ir 26 (30%) kitose srityse. Tyrimo dalyviai neproporcingai pasiskirstė pagal lytį: 81 respondentas buvo vyras (99%) ir 1 moteris (1%).

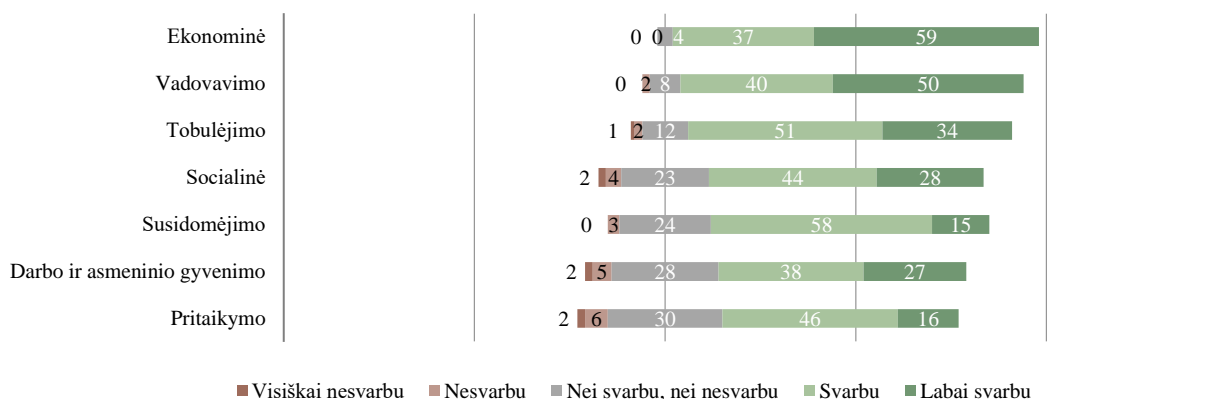
2 lentelė

Respondentų demografiniai duomenys

	I kursas	II kursas	III kursas
Vyrai	11	46	24
Moterys	0	0	1
	Nedirba	Dirba ne pagal studijuojamą specialybę	Dirba pagal studijuojamą specialybę
Vyrai	39	26	16
Moterys	1	0	0

Šaltinis: sudaryta autorių

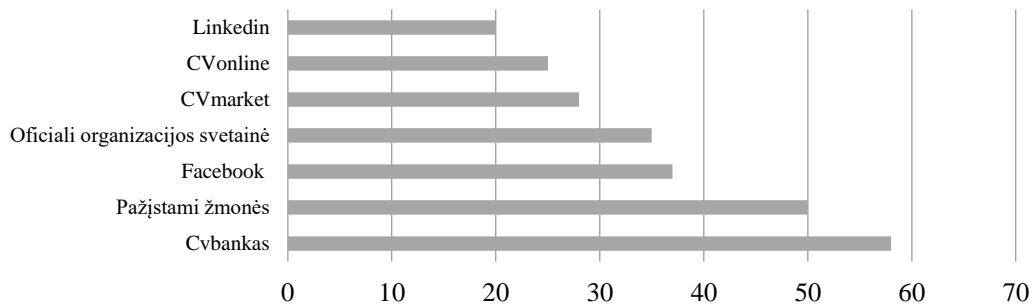
Pirmajame tyrimo etape surinkti duomenys parodė, kad darbdavio patrauklumui didžiausią įtaką daro ekonominis faktorius; kitų konstruktyvų išsidėstymas pavaizduotas 1 paveiksle.



1 pav. Darbdavio patrauklumą lemiančios verčių svarbą respondentams, procentais

Šaltinis: sudaryta autorių

Antrajame tyrimo etape siekta palyginti respondentų išskirtas vertes su įmonių išorine komunikacija. Apklausos duomenys parodė, kad tyrimo dalyviai darbo skelbimų paieškai renkasi kanalus, pavaizduotus 2 paveiksle. Turinio analizei pasirinkta naudoti informaciją, įmonių pateikiamą svetainėje CVbankas, kur darbo pasiūlymų ieško daugiau nei 70% respondentų.



2 pav. Respondentų naudojami darbo skelbimų paieškos kanalai

Šaltinis: sudaryta autorių

Šešių atsitiktinių būdu atrinktų energetikos ir elektronikos sektoriaus įmonių darbo pasiūlymų turinio analizė pateikta 3 lentelėje. Visos įmonės darbo pasiūlymuose atkreipė dėmesį į ekonominę vertę. Penkios iš

šėšių į savo vertės pasiūlymą įtraukė tobulėjimo, socialinę ir susidomėjimo vertes. Mažiausiai akcentuotos vadovavimo (dvi įmonės), darbo ir gyvenimo balanso bei pritaikymo vertės (po vieną įmonę).

3 lentelė

Darbo skelbimuose įmonių siūlomos vertės

	Įmonė 1	Įmonė 2	Įmonė 3	Įmonė 4	Įmonė 5	Įmonė 6
Ekonominė	- Konkurencingas, kompetencijas atitinkantis atlyginimas	- Atlyginimas pagal darbo patirtį ir kompetenciją - Gali būti mokama kintamoji atlygio dalis	- Kompetencijas atitinkantis atlyginimas	- Darbo užmokestis, priklausantis nuo kandidato kompetencijų ir patirties	- Konkurencingas atlyginimas - Papildomas apmokėjimas už viršvalandžius	- Darbo užmokestis, atitinkantis kompetenciją ir darbo patirtį
	- Motyvacinė sistema bei priedai už pasiektus rezultatus			- Metinės premijos, priklausančios nuo rezultatų - Papildomas išmokos pagal galiojančią tvarką		
	- Darbui būtinos priemonės (įmonės transportas, profesionalūs įrankiai, darbo apranga, darbo saugos priemonės ir kt.)		- Dalinė pietų kompensacija	- Partnerių nuolaidos	- Įmonės nuolaidos - Nuolaidos darbuotojų valgykloje	- Priemonės ir sąlygos saugiam bei patogiam darbui atlikti
	- Gyvybės ir sveikatos draudimas	- Papildomų naudų paketas (sveikatos draudimas/pensijos kaupimas ir kt.)	- Papildomas sveikatos draudimas, konsultacijos su psichologu, paskaitos emocinės sveikatos tema	- Nelaimingų atsitikimų draudimas	- Sveikatos draudimo paketas	
Vadovavimas	- Skaidrumas					- Profesionalūs ir patyrę vadovai - Sklandus įvedimo į darbą procesas
Tobulėjimo	- Kvalifikacijos kėlimo kursai - Karjeros perspektyvos		- Įmonės apmokami būtinieji ir periodiniai profesiniai mokymai	- Profesinio tobulėjimo galimybės Mokymai ir kvalifikacijos kėlimo kursai	- Profesinio tobulėjimo galimybės	- Galimybės kelti kvalifikaciją ir plėsti kompetenciją
Socialinė	- Draugiškas kolektyvas - Atviras bendravimas ir komandinis darbas		- Paslaugi ir draugiška komanda	- Įmonės renginiai	- Profesionali, dinamiška ir daugiakultūre darbo aplinka	- Profesionalus, aukštos kvalifikacijos, pozityvus, bendradarbiaujantis kolektyvas
Susidomėjimo	- Galimybė įgyvendinti idėjas, sprendimų priėmimo laisvė	- Laisvė imtis pokyčių - Unikalūs, sektoriui būdingi iššūkiai - Dalyvavimas inovacijų procese	- Skatinimas drąsiai veikti		- Darbas su pasaulinio lygio technologijomis - Darbas tarptautinėje kompanijoje	- Nemonotoniškas darbas - Inovatyvi įmonė
Darbo - asmeninio gyvenimo balanso				- Lankstus darbo laikas - Papildomos laisvos dienos - Nuotolinio darbo galimybės		
Pritaikymo		- Galimybė prisidėti prie valstybei svarbių energetikos projektų				

Šaltinis: sudaryta autorių

Lyginant vertes, kurias įvardijo kaip jiems svarbiausias respondentai, ir tas, kurias savo vertės pasiūlyme akcentuoja įmonės, akivaizdi dermė tarp visų verčių, išskyrus vadovavimo, kuri buvo antra pagal svarbą respondentams, tačiau gerokai mažiau atsispindėjo įmonių komunikacijoje (4 lentelė).

Respondentams svarbiausių ir įmonių siūlomų verčių palyginimas

Vertės, svarbiausios respondentams	Vertės, dažniausiai akcentuojamos įmoniu
Ekonominė	Ekonominė
Vadovavimo	Tobulėjimo
Tobulėjimo	Socialinė
Socialinė	Susidomėjimo
Susidomėjimo	Vadovavimo
Darbo ir asmeninio gyvenimo	Darbo ir asmeninio gyvenimo
Pritaikymo	Pritaikymo

Šaltinis: sudaryta autorių

Diskusija ir tyrimo ribotumai

Apklauso rezultatai parodė, kad darbdavio patrauklumas yra daugiatis ir visos septynios vertės, matuotos tyrimo instrumentu, respondentams svarbios. Tyrimo rezultatai nepatvirtino dažnai literatūroje minimos itin didelės darbo ir asmeninio gyvenimo balanso bei pritaikymo verčių svarbos Z kartos atstovams. Šiame tyrime 35-38% respondentų darbdavio galimybė pasiūlyti šias vertes neturėjo jokios įtakos arba buvo įvertinta kaip nesvarbi. Tokius rezultatus galima, kaip siūlo Zaharee, Lipkie, Mehlman ir Neylon (2018), paaiškinti respondentų amžiumi ir buvimu ankstyvose karjeros stadijose, kur asmeniniai interesai, tokie kaip finansinis stabilumas, tobulėjimo galimybės ir pozityvūs santykiai darbo aplinkoje, svarbesni nei galimybė prisidėti prie visuomenės gerovės bei suderinti darbą su šeimos poreikiais.

Svarbu pastebėti, kad šiems rezultatams įtakos galėjo padaryti neproporcingas respondentų pasiskirstymas pagal lytį (99% vyrų ir 1% moterų). Nors toks pasiskirstymas reprezentatyvus Kauno technikos kolegijos elektros ir elektronikos krypties studentų atžvilgiu (tyrimo atlikimo metu šiose kryptyse studijavo 321 vyras (98%) ir 7 moterys (2%)), šalies mastu moterų proporcija tarp šių krypties inžinierių kiek didesnė. Nors 2017 m. MOSTA atlikta analizė remiantis „Sodros“ duomenimis parodė (Invest Lithuania, 2019), kad iš visų inžinerijos sričių, elektros ir elektronikos inžinierėmis dirbančių moterų procentas Lietuvoje bene mažiausias (nesiekia 12%), jis vis tiek gerokai viršija moterų procentą imtyje. Kadangi tyrimai, pvz. Lassleben ir Hofmann (2023), Reis, Braga ir Trullen (2017), Tanwar and Prasad (2016), Perrenoud, Bigelow ir Perkins (2020) ir kt., rodo, kad lytis išlieka rodikliu, darančiu reikšmingą įtaką vertybinėms nuostatomis ir lūkesčiams būsimam darbdaviui, šis aspektas galėjo turėti įtakos tyrimo rezultatams ir gali būti įvardintas kaip vienas iš tyrimo ribotumų.

Atskirai reikėtų aptarti vadovavimo vertę, kur pastebimas akivaizdus atotrūkis tarp šios vertės svarbos respondentams ir jos akcentavimo įmonių komunikacijoje. Kadangi vadovavimo vertė atskirai išskirta tik viename iš penkių 1 lentelėje pavaizduotų modelių ir daugelio tyrėjų ji įtraukiama į kitus konstruktus (pvz. socialinę vertę), literatūroje jos vaidmuo mažai nagrinėtas. Dabirian, Kietzmann ir Diba (2016) – modelio, kuriuo buvo remtasi sudarant tyrimo instrumentą, autoriai – savo tyrime pastebėjo, kad vadovavimo vertė neminima teigiamuose darbuotojų atsiliepimuose nei apie dešimt geriausiai, nei apie dešimt prasčiausiai įvertintų įmonių. Visgi neigiamuose atsiliepimuose, ypač apie įmones, kurios patenka į dešimties prasčiausiai įvertintų sąrašą, ši vertė įgauna labai svarbų vaidmenį. Įmonės, kurios sulaukia daug kritikos iš savo darbuotojų, jos sulaukia dėl nesugebėjimo darbuotojui pasiūlyti dviejų pagrindinių verčių: ekonominės (38% atsiliepimų) ir vadovavimo (30%). Kiti tyrimai, pvz. Zaharee, Lipkie, Mehlman ir Neylon (2018), Taylor (2004), atlikti su jaunais, karjerą pradedančiais specialistais, taip pat parodė, kad vadovavimas ypač svarbus esamų darbuotojų išlaikymui ir dažnai tampa pagrindine darbdavio keitimo priežastimi bei gali padaryti įtaką visai tolimesnei karjerai.

Šiame straipsnyje aprašytas tyrimas parodė, kad vadovavimo vertė daro lemiamą įtaką ne tik esamų darbuotojų išlaikymui: karjerą pradėdantiems elektros ir elektronikos inžinieriams ši vertė viena iš svarbiausių jau renkantis būsimą darbdavį. Studentams, net dirbusiems studijų metu, perėjimas iš švietimo sistemos į darbą pilnu etatu – sudėtinga ir stresą kelianti patirtis (Smith, 2003), reikalaujanti didelės atsakomybės bei pastangų ne tik pritaikant turimas žinias ir įgūdžius, bet ir perprantant darbo aplinkai būdingas tvarkas ir santykius. Nerimas, sukeltas darbo pasiūlymo, Taylor (2003 cit. Oxenbridge & Evesson, 2012) tyrime buvo pagrindinis veiksnys, paskatinęs jaunuolius atmesti pasiūlymus dirbti norimoje srityje ir pasirinkti likti švietimo sistemoje. Taylor (2003 cit. Oxenbridge & Evesson, 2012) tyrimo dalyviai darbo pasiūlyme ieškojo būtent vadovavimo vertės – įrodymų apie vadovų pagarbą pradėdantiems darbuotojams, jų palaikymą ir jų darbo vertinimą. Atsižvelgiant į minėtų tyrimų rezultatus, galima daryti prielaidą, jog Kauno technikos kolegijos studentų, dalyvavusių apklausoje, išryškinta vadovavimo vertės svarba darbdavio patrauklumui galėtų būti paaiškinta nepakankamu techninės-inžinerinės krypties aukštųjų mokyklų skiriamu dėmesiu minkštiesiems įgūdžiams vystyti studijų metu. Šių įgūdžių stoka įžengiant į darbo rinką gali tapti vienu iš pagrindinių nerimą ir stresą

jauniems specialistams keliančių ir juos ribojančių faktorių, ypač žinant, jog egzistuoja atotrūkis tarp darbdavio lūkesčių jauno darbuotojo turimiems minkštiesiems įgūdžiams ir realios situacijos (Johnson ir Burden, 2003; Gillinson ir O'Leary, 2006). Šio tyrimo rezultatai galėtų būti susieti su studentų objektyviu savo minkštųjų įgūdžių vertinimu (arba jų nuvertinimu) ir supratimu (ar įsivaizdavimu), kad jiems bus reikalinga didelė vadovo parama ankstyvoje karjeros stadijoje, kol jie išsivystys pakankamus sėkmingam darbui bendravimo, laiko valdymo, savimotyvacijos, gebėjimo imtis iniciatyvos ir kitus minkštuosius įgūdžius.

Išvados, rekomendacijos ir tęstinumo kryptys

Straipsnyje aprašytas empirinis tyrimas parodė, kad darbdavio patrauklumas yra daugiamatis ir visos septynios vertės, matuotos tyrimo instrumentu, respondentams yra svarbios, nors ir nevienodai. Daugelis darbdavio patrauklumą lemiančių verčių, svarbiausių respondentams, atsispindi įmonių išorinėje komunikacijoje (darbo skelbimuose), tačiau vadovavimo vertė, kuri buvo antra pagal svarbą respondentams po ekonominės, analizuotuose įmonių skelbimuose minima nepakankamai. Kadangi vadovavimo vertė darbdavio patrauklumui tirta mažai, tolimesniais tyrimais rekomenduojama taikant kokybinius tyrimo metodus nustatyti, kokios vadovavimo vertės apraiškos (personalizuoti įvedimo procesai, mentorystės programos, apmokymas, vadovai, turintys patirties su pradedančiais darbuotojais, nuolatinis grįžtamasis ryšys, pradedančių darbuotojų motyvavimo priemonės ir kt.) patraukliausias jauniems inžinieriams, ieškantiems darbo, siekiant suprasti, kaip ši vertė gali būti akcentuojama įmonių darbo ar praktikų pasiūlymuose, nukreiptuose į jaunus specialistus. Aptariant šio tyrimo rezultatus iškelta hipotezė, kad vadovavimo vertės svarba koreliuoja su kandidato minkštųjų įgūdžių stoka, taip pat būtinas empirinis pagrindimas.

Literatūra

1. Ambler, T. & Barrow, S. (1996). The employer brand. *Journal of Brand Management*, 4(3), 185–206. doi: 10.1057/bm.1996.42
2. 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
3. Böhlich, S., Hindley, C., & Mueller, M. C. (2022). Enhancing employer attractiveness: the impact of COVID-19 on Generation Z. In *European Conference on Management Leadership and Governance*, 18(1), 45-54.
4. Dabirian, A., Kietzmann, J., & Diba, H. (2016). A Great place to Work!? Understanding crowdsourced employer branding. *Business Horizons*, 60(2), 197–205. doi: 10.1016/j.bushor.2016.11.005
5. European Commission (2023). *Employment and Social Developments in Europe Addressing labour shortages and skills gaps in the EU*. https://www.esap.online/download/docs/2023_ESDE_final%20report.pdf/010d86816aad0a2ec74875c7a576663a.pdf
6. Gillinson, S., & O'Leary, D. (2006). *Working progress. How to reconnect young people and organisations*. London: Demos. <https://barrierbreakers.co.uk/wp-content/uploads/2011/01/2006-Working-Progress.pdf>
7. Gutauskaitė, I. (2023). Prognozuoja energetikos ir inžinerijos specialistų poreikio augimą: trūkumas jaučiamas jau dabar. *LRT.lt*. <https://www.lrt.lt/naujienos/lietuvoje/2/2045065/prognozuoja-energetikos-ir-inzinerijos-specialistu-poreikio-augima-trukumas-jauciamas-jau-dabar>
8. Invest Lithuania (2019). *Inžinerinės pramonės specialistai Lietuvoje: kaip tinkamai pa(si)ruošti greičiau nei bet kada kintančiam darbui?*. <https://investlithuania.com/wp-content/uploads/Inzinerines-pramones-specialistai-Lietuvoje.pdf>
9. Johnson, S., & Burden, T. (2003). *Young people, employability and the induction process* (No. 32). York: Joseph Rowntree Foundation.
10. LAMABPO (2022). *2022 m. bendrojo priėmimo į Lietuvos aukštąsias mokyklas apžvalga*. <https://lamabpo.lt/wp-content/uploads/2023/04/2022-m.-bendrojo-priemimo-rezultatu-apzvalga.pdf>
11. Lassleben, H. & Hofmann, L. (2023). "Attracting Gen Z talents: do expectations towards employers vary by gender?", *Gender in Management*, 38(4), 545-560. doi: 10.1108/GM-08-2021-0247
12. Maj, J., & Kasperek, N. (2020). The Influence of Corporate Social Responsibility on the Attractiveness of Employers in the Perception of Generation Z. In A. Michałkiewicz & W. Mierzejewska (Eds.), *Contemporary Organisation and Management* (pp. 241-252). Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego.
13. 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. doi:10.1016/j.ijme.2019.100320
14. Oxenbridge, S., & Evesson, J. (2012). Young people entering work: A review of the research. *Acas Research Paper*, 18/12. <https://gr-eat.eu/wp-content/uploads/2016/06/Young-people-entering-work-a-review-of-the-research-accessible-version.pdf>
15. Parzonko, A. J., Balińska, A., & Siczko, A. (2021). Pro-environmental behaviors of Generation Z in the context of the concept of homo socio-oeconomicus. *Energies*, 14(6), 1597. doi: 10.3390/en14061597
16. Perrenoud, A. J., Bigelow, B. F., & Perkins, E. M. (2020). Advancing women in construction: Gender differences in attraction and retention factors with managers in the electrical construction industry. *Journal of Management in Engineering*, 36(5), 04020043. doi: 10.1061/(ASCE)ME.1943-5479.0000808
17. Pingle, S. S., & Sodhi, H. K. (2011). What makes an attractive employer: significant factors from employee perspective?. *Anvesha*, 4(2), 18-25.
18. Reis, G. G. & Braga, B. M. (2016). Employer attractiveness from a generational perspective: Implications for employer branding. *Revista de Administração (São Paulo)* 51, 103-116. doi: 10.5700/rausp1226
19. Reis, G. G., Braga B. M. & Trullen, J. (2017). Workplace authenticity as an attribute of employer attractiveness. *Personnel Review*, 46(8), 1962–1976. doi: 10.1108/pr-07-2016-0156

20. Santiago, J. (2019). The relationship between brand attractiveness and the intent to apply for a job: A millennials' perspective. *European Journal of Management and Business Economics*, 28(2), 142-157. doi: 10.1108/EJMBE-12-2018-0136
21. Saraswathy, R., & Tharmaraiselvan, N. (2010). An empirical Study of Most Attractive Employer in Indian IT Industry: Potential Employee Perspective. *SuGyaan*, 2 (1), 34-50. <https://citeseerx.ist.psu.edu/document?repid=rep1&type=pdf&doi=0d1d795180e8fc84d2d1246818458b434e292a36#page=34>
22. Smith, E. (2003). The first job: Experiences of young Australians starting full-time work. *Youth Studies Australia*, 22(1), 11-17.
23. Taylor, A. (2004). *Entering Industry: A Case Study of Links between a School Vocational Program and the Building and Construction Industry*. Adelaide: NCVER.
24. Tanwar, K., & Prasad, A. (2016). The effect of employer brand dimensions on job satisfaction: gender as a moderator. *Management Decision*, 54(4), 854-886. doi: 10.1108/md-08-2015-0343
25. Zaharee, M., Lipkie, T., Mehlman, S. K. & Neylon, S. K. (2018). Recruitment and Retention of Early-Career Technical Talent. *Research-Technology Management*, 61(5), 51-61. doi: 10.1080/08956308.2018.1495966

THE ROLE OF MANAGEMENT VALUE IN EMPLOYER ATTRACTIVENESS TO UNDERGRADUATE STUDENTS OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC ENGINEERING

Summary

The persistent shortage of electrical and electronic engineers in Europe, coupled with the projected growth of the sector due to AI, automation, and renewable energy, presents a challenge for employers to attract and retain young professionals in this field. Understanding the factors that contribute to increasing employer attractiveness to students and recent graduates is, therefore, crucial for companies. This study focuses on the factors impacting employer attractiveness for entry-level electrical and electronic engineers and how these traits attractive to young job seekers are reflected by companies in job advertisements, which often serve as a first point of contact between the company and potential candidate. In the first stage of the study, a questionnaire based on the seven employer branding value propositions identified by Dabirian, Kietzmann, and Diba (2016) was completed by 82 students from Kaunas University of Applied Engineering Sciences. In the second stage, content analysis of six randomly selected job advertisements for electrical and electronic engineers in Lithuania was carried out. The comparison of the factors important to students and the value proposition communicated by the employers in the job advertisements highlighted the multidimensional nature of employer attractiveness, with all seven measured values being important to the respondents. Most of these values were reflected in job advertisements, except for the management value, which was not sufficiently emphasised given its extremely high importance to young professionals. Contrary to existing literature, work-life balance and application values were not highly prioritised by the participants. We speculate that the importance of management value for employer attractiveness could be attributed to the limited focus on soft skills development in engineering schools and the resulting lack of confidence of students and graduates, which makes the guidance of managers extremely important to them. We recommend that future studies verify this proposition empirically and continue to explore the specific manifestations of management value in company external communication that are most attractive to young engineers in order to formulate more specific recommendations for businesses.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Gabrielė Ivanovaitė.

Mokslų laipsnis ir vardas: magistras.

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos, studijų programų departamento lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: taikomoji kalbotyra, sociolingvistika, semiotika, multimodalumas, kalbų didaktika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 601 52592, gabriele.ivanovaite@edu.ktk.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Eligija Narmontė.

Mokslų laipsnis ir vardas: -

Darbo vietą ir poziciją: VšĮ Kauno technikos kolegijos kanceliarijos administratorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: žmogiškųjų išteklių valdymas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 647 27112, eligija.narmonte@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Gabriele Ivanovaite.

Science degree and name: masters.

Workplace and position: lecturer at the Study Programmes department of Kaunas University of Applied Engineering Sciences.

Author's research interests: applied linguistics, sociolinguistics, semiotics, multimodality, foreign language teaching.

Telephone and e-mail address: +370 601 52592, gabriele.ivanovaite@edu.ktk.lt

Author name, surname: Eligija Narmonte.

Science degree and name: -

Workplace and position: administrator of the director's office at Kaunas University of Applied Engineering Sciences.

Author's research interests: human resource management.

Telephone and e-mail address: +370 647 27112, eligija.narmonte@edu.ktk.lt

STUDENTŲ FINANSINIO RAŠTINGUMO KOMPETENCIJŲ RAIŠKA

Kristina Burneikienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Šiandien žmonės labiau nei bet kada anksčiau yra atsakingi už savo asmeninius finansus. Nuolatiniai pokyčiai darbo rinkoje, inovacijos technologijų srityje, globalizacija, skaitmenizacija, demografiniai iššūkiai bei kt. faktoriai reikalauja nuolat gilinti žinias bei gebėjimus įvairiose srityse, tarp jų ir finansų srityje. Tik finansiškai raštingas žmogus yra pajėgus priimti tinkamiausius finansinius sprendimus, siekiant pagerinti tiek savo asmeninę, tiek šalies ekonominę gerovę. Straipsnyje siekiama atskleisti finansinio raštingumo apibrėžtis, bei finansinio raštingumo kompetencijų ypatumus. Tyrimo būdu analizuojami studentų finansinio raštingumo kompetencijų aspektai.

Reikšminiai žodžiai: finansinis raštingumas, finansinio raštingumo kompetencijos, finansinio raštingumo kompetencijų raiška.

Įvadas

Šiandien žmonės labiau nei bet kada anksčiau yra atsakingi už savo asmeninius finansus. Ilgėjanti gyvenimo trukmė, demografiniai iššūkiai, nuolat besikeičianti darbo rinka, įtampa pensijų ir socialinės rūpybos sistemoje, inovacijos technologijų srityje, globalizacija ir kt. faktoriai keičia visuomenes ir reikalauja nuolat atnaujinti žinias bei gebėjimus daugelyje sričių, tarp jų ir finansų srityje. Finansinių produktų/paslaugų asortimentas, kurį žmonės gali pasirinkti šiandien, labai skiriasi nuo to, kas buvo praityje ir sprendimai susiję su šių finansinių produktų pasirinkimu stipriai įtakoja asmens individualią gerovę. Kiekvienam kasdien tenka priimti įvairiausių finansinius sprendimus: kaip tvarkyti namų ūkio biudžetą, kokiam pirkiniui skolintis, o kuriam pataupyti, ar verta investuoti, kokius investicinius produktus pasirinkti, su kokia rizika susidurs investuojant, kaip nepakliūti į sukčių spąstus, kaip geriau kaupti lėšas ateičiai, pavyzdžiui, pensijai ar kitiems ilgalaikiams tikslams. Jau nuo 2015 m. Pasaulio ekonomikos forume nuspręsta, kad finansinis raštingumas šalia gebėjimų rašyti, skaityti ir skaičiuoti priskirtinas prie pagrindinių XXI a. įgūdžių, reikalingų šiuolaikiniam žmogui. Tik finansiškai raštingas žmogus, gebantis gerai orientuotis finansinių produktų bei technologijų įvairovėje, yra pajėgus išvelgti daugiau finansinių perspektyvų bei priimti tinkamiausius sprendimus, kurie padeda išgyventi sunkmečius, kurti ne tik savo, bet ir šalies ekonominę gerovę. Negebėjimas prisitaikyti prie minėtų pokyčių kelia socialinės atskirties ir skurdo problemas (ŠMSM, 2020). Vis dėlto, remiantis tarptautiniu Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos/Tarptautinio finansinio švietimo tinklo (EBPO/INFE 2020) suaugusiųjų finansinio raštingumo tyrimu, maždaug pusė suaugusiųjų ES gyventojų nepakankamai gerai supranta pagrindines finansines sąvokas.

Tyrimo objektas – suaugusiųjų finansinio raštingumo kompetencijų raiška.

Darbo tikslas – išsiaiškinti suaugusiųjų finansinio raštingumo kompetencijų raiškos ypatumus.

Darbo uždaviniai:

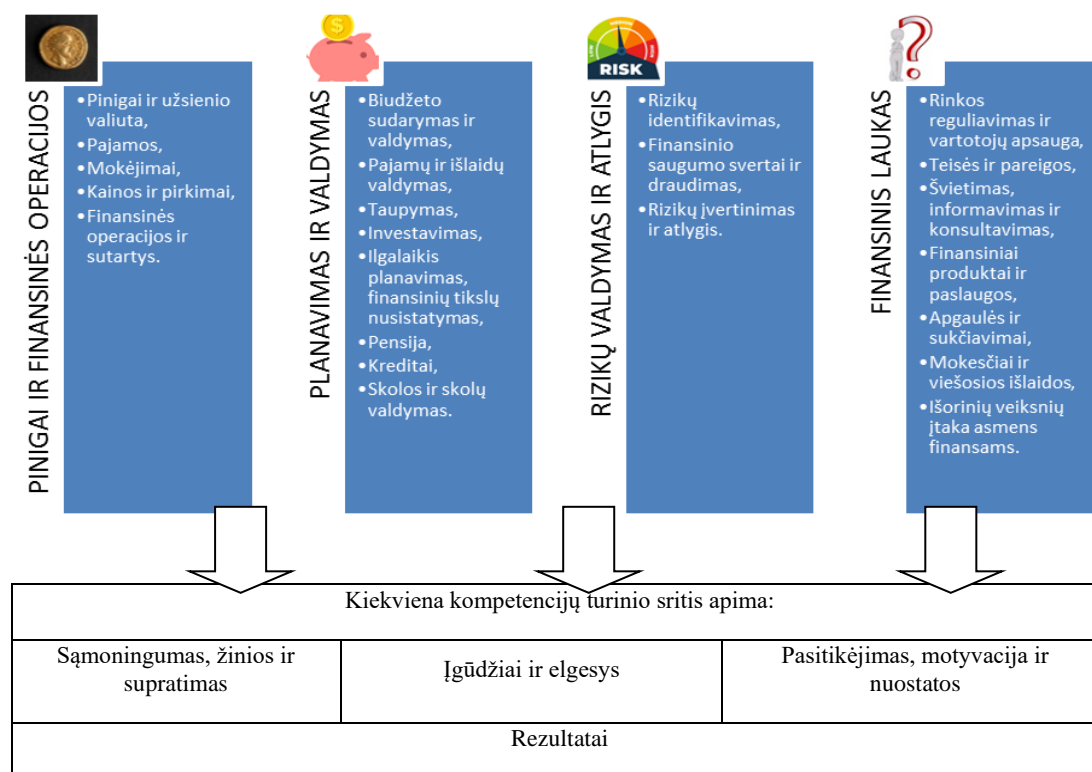
- Išsiaiškinti finansinio raštingumo ir finansinio raštingumo kompetencijų teorinius aspektus.
- Atskleisti lietuvių virš 18 m. finansinio raštingumo kompetencijų raiškos ypatumus.
- Iširti studentų finansinio raštingumo kompetencijų raišką.

Tyrimo metodai: mokslinės literatūros analizė, empirinis tyrimas, anketinė apklausa.

Finansinis raštingumas, finansinio raštingumo kompetencijos. Įvairių šalių mokslininkai ir tarptautinės organizacijos finansinį raštingumą apibrėžia skirtingai. Daugelyje pasaulio šalių, tarp jų ir Lietuvoje, finansinio raštingumo sąvokai apibrėžti naudojama Ekonominio bendradarbiavimo ir plėtros organizacijos (EBPO) įkurto Tarptautinio finansinio švietimo tinklo (angl. OECD International Network on Financial Education – OECD/INFE) pasiūlyta formuluotė - finansinis raštingumas - tai yra žinios ir supratimas apie finansus ir finansines rizikas, gebėjimai, motyvacija ir pasitikėjimas savimi taikyti šias žinias ir supratimą, siekiant priimti įvairiuose finansiniuose kontekstuose veiksmingus sprendimus, didinti asmens ir visuomenės finansinę gerovę bei dalyvavimą ekonominiame gyvenime (ŠMSM, 2020). Šiame apibrėžime kertiniai elementai yra „žinios ir supratimas“, „pasitikėjimas savimi“, „gebėjimai“ ir „veiksmingi sprendimai“. Remiantis A. Lusardi (2019), finansinis raštingumas reiškia ir žinias, ir finansinį elgesį, o esminis žmonių gebėjimo priimti finansinius sprendimus rodiklis yra jų finansinio raštingumo lygis. Finansinis raštingumas suprantamas kaip visą žmogaus gyvenimą nepertraukiamai kuriamų žinių, įgūdžių ir patirčių visuma (ŠMSM, 2020).

OECD/INFE 2016 m. parengė suaugusiųjų pagrindinių finansinio raštingumo kompetencijų modelį, kuris papildė 2015 m. sukurtą jaunimo finansinio raštingumo kompetencijų sistemą. Suaugusiųjų modelyje atsižvelgdama į platesnį tiek tradicinių, tiek ir naujų finansinių paslaugų, tame tarpe įskaitant skaitmenines

finansines (fintech) paslaugas, naudojimą, į sudėtingesnius ir dažnai vyresniems nei 18 m. asmenims reikalingus skubiai priimti finansinius sprendimus, platesnio spektro žinių bei didesnio pasitikėjimo savimi, siekiant asmeninės finansinės gerovės. OECD/INFE parengtame modelyje (1 pav.), pateikiamos finansinio raštingumo kompetencijų gairės, kurių pagrindu rengiamos šalių nacionalinės finansinio raštingumo švietimo strategijos, kuriamos vyresnių bei 18 m. gyventojų finansinio raštingumo lygio vertinimo sistemos bei kitų įvairių iniciatyvų turinys. Šiame modelyje atsižvelgiama į pasaulinį vis labiau skaitmenizuojamą finansinių paslaugų pramonės pobūdį, gyventojų mobilumą ir lūkesčius, kad finansinių paslaugų rinkos reguliavimas ir vartotojų apsaugos sistemos būtų suderintos tarptautiniu mastu. Taip pat modelyje pabrėžiami finansinio elgesio aspektai, kaip galima geriau projektuoti veiksmingesnius finansinius produktus/paslaugas, apsaugant vartotojus priimant reglamentuojančius rinką sprendimus.



1 pav. Suaugusiųjų pagrindinių finansinio raštingumo kompetencijų modelis

Sudaryta autorės remiantis šaltiniu „OECD (2016), G20/OECD INFE Core competencies framework on financial literacy for adults“

Remiantis ŠMSM (2020) kiekvienos suaugusiųjų pagrindinių finansinio raštingumo kompetencijų modelio turinio srities ir temos pagrindinės kompetencijos grupuojamos pagal tai, ar jos apibūdina sąmoningumą, žinias ir supratimą, įgūdžius ir elgesį arba pasitikėjimą, motyvaciją ir nuostatas:

1. Pirmoji kategorija „sąmoningumas, žinios ir supratimas“ yra susijusi su informacija, kurią asmuo yra įgijęs. Finansinio raštingumo lygis priklauso nuo turimų bazinių žinių ir supratimo apie finansus, įskaitant pagrindines finansines sąvokas, skirtingų finansinių produktų/paslaugų paskirtį, jų ypatumus, šalyje esamą socialinio draudimo politiką, pensijos kaupimo galimybes, taip pat ir įvairias rizikas, sukčiavimo, apgaulės atvejus, galinčius neigiamai paveikti asmens finansinę gerovę.
2. Antroji kategorija „įgūdžiai ir elgesys“ apibūdina su veiksmais susijusias kompetencijas ir įgūdžius, reikalingus veikti taip, kad būtų pasiekti teigiami rezultatai, elgesį, kuris greičiausiai lems finansinę gerovę. Įgūdžiai ir elgesys apima finansiniame kontekste pritaikytus bendruosius pažintinius procesus – informacijos atrinkimą, palyginimą ir kritišką įvertinimą; matematinius įgūdžius, pvz. gebėjimą apskaičiuoti procentinę dalį, valiutų konvertavimo ypatumus ir kalbinius įgūdžius – gebėjimą perskaityti, suvokti ir teisingai interpretuoti sutartis bei kt. įtakojančius tekstus.
3. Paskutinė kategorija „pasitikėjimas, motyvacija ir nuostatos“ siekia užfiksuoti vidinius, psichologinius mechanizmus, emocijas, formuojančias asmens nuostatas, kurios gali padėti arba trukdyti priimti sprendimus, įtakojančius finansinę elgseną. Pavyzdžiui, ši kategorija apibūdina asmens motyvaciją bei pasitikėjimą savimi ieškoti informacijos, patarimų, reikalingų įsitraukti į finansines veiklas, gebėjimą valdyti emocijas ir kritiškai vertinti galimas finansines pasekmes.

Lietuvių finansinio raštingumo kompetencijų raiškos ypatumai. Išanalizavus šaltinius, galima aptarti finansinio raštingumo kompetencijų raiškos tendencijas mūsų šalyje. Lietuvos banko asociacijos (LBA) iniciatyva nuo 2019 m. kas dveji metai Lietuvoje organizuojama gyventojų finansinio raštingumo apklausa, siekiant nustatyti lietuvių virš 18 m. finansinio raštingumo indeksą. Klausimynas ir indekso skaičiavimo metodika yra parengta VILNIUS TECH Verslo vadybos fakulteto Finansų inžinerijos katedros mokslininkų. Lietuvos gyventojų nuo 18 iki 75 m. amžiaus prašoma atsakyti į klausimus, siejamus su žiniomis ir gebėjimais taupyti, investuoti, valdyti asmeninius finansus, pensijos kaupimu ir kt. finansiniais ir ekonominiais reiškiniais. Tyrimas leidžia identifikuoti silpniausias visuomenės finansinio raštingumo sritis ir suinteresuotoms institucijoms tikslingai nukreipti veiksmus, siekiant geresnių rezultatų (A. Miečinskienė, 2023). 2023 m. LBA apklausus virš tūkstančio gyventojų, atliko lietuvių finansinio raštingumo lygio įvertinimą, kurio susisteminti rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė

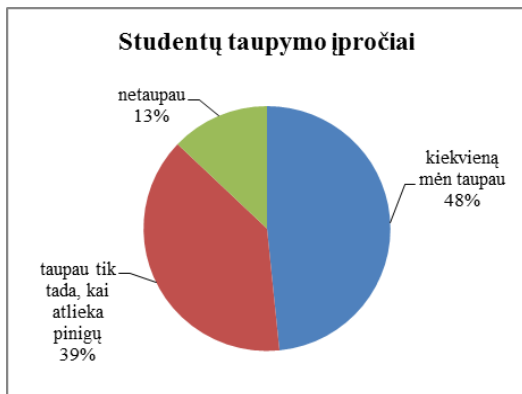
Lietuvių finansinio raštingumo kompetencijų raiškos ypatumai 2023 m.

Klausimo pobūdis	Apklauso rezultatai
Lietuvos gyventojų mano, kad jų asmeninė finansinė situacija nepriklauso nuo jų pačių	63 proc.
Šalies gyventojų mano, kad jų finansinė padėtis labiausiai priklauso nuo ekonominės padėties šalyje	55 proc.
Žinios ir supratimas:	
Teisingų atsakymų dalis finansinės padėties bei taupymo srityse temomis	60 proc.
Teisingų atsakymų dalis į su ekonominiais ir finansiniais reiškiniais susijusius klausimus	24 proc.
Finansinė elgsena:	
Stebintys savo išlaidas	66 proc.
Sudarantys planą, kaip valdyti savo pajamas ir išlaidas	19 proc.
Pinigus sąskaitoms apmokėti laiko atskirai nuo kasdienių pinigų	18 proc.
Naudoja banko arba kitą pinigų valdymo išmaniąją programėlę	18 proc.
Praradę pagrindinį pajamų šaltinį, nesiskolindami pinigų ir nesikeldami į kitą būstą, įstengtų padengti savo gyvenimo išlaidas šešis ar daugiau mėnesių	31 proc.
Per pastaruosius metus susidūrę su situacija, kai jų pajamos ne visai padengė asmenines pragyvenimo išlaidas	42 proc.
Patenkintų savo finansais	50 proc.
Esantys patenkinti savo finansine situacija, nes jiems užtenka pinigų būtiniausioms reikmėms bei sąskaitoms apmokėti, o didesnės vertės turto gali įsigyti iš atliekamų pinigų arba paėmę vartojimo paskolą (dažniau išsakė aukštesnio išsimokslinimo, didmiesčių ir rajonų centrų gyventojai, kurių finansinio raštingumo indeksas yra aukštesnis nei 50 balų)	45 proc.
Nepatenkintųjų savo esama finansine situacija gyventojų dalis: iš jų 31 proc. – dažniau moterys, vyresnio amžiaus žmonės bei respondentai, kurių finansinio raštingumo indeksas yra 30–69 balų, – nurodė nesidžiaugiantys savo finansine situacija, nors pinigų būtiniausioms reikmėms ir sąskaitoms apmokėti ir pakanka	46 proc.
Pinigų neužtenka net būtiniausioms reikmėms ir sąskaitoms apmokėti (dažniau išsakė mažesnių pajamų, žemesnio nei 50 balų finansinio raštingumo indekso apklaustieji)	15 proc.
Populiariausi taupymo būdai:	
Pinigų taupymas namuose ar piniginėje	68 proc.
Neterminuotas indėlis	28 proc.
Investavimas į akcijas	12 proc.
Žmonėms labiausiai žinomas finansinis produktai:	
Pensijos kaupimas	85 proc.
Būsto paskola	83 proc.
Lizingas	80 proc.
Draudimas	80 proc.
Kredito kortelė	80 proc.
Populiariausias naudojamas finansinis produktas:	
Pensijos kaupimas	52 proc.
Draudimas	45 proc.
Kredito kortelė	35 proc.
Terminuotas indėlis	26 proc.
Būsto paskola	15 proc.
Lizingas	14 proc.
Susidūrė su finansiniais sunkčiais:	
Per pastaruosius trejus metus	39 proc.: iš jų 6 proc. nukentėjo

Sudaryta autorės remiantis šaltiniais: Lietuvos Banko Asociacija (<https://www.lb.lt/lt/naujienos/lietuvos-gyventoju-finansinis-rastingumas-vos-4-is-10-mano-kad-finansine-padetis-priklauso-nuo-ju-asmeniniu-sprendimu>); <https://www.lrt.lt/naujienos/verslas/4/1962257/lba-lietuvoje-finansinis-rastingumas-nepagerejo>)

Apklausus 1012 gyventojų, 2023 m. tyrimo apklausos rezultatai parodė, kad indekso rodiklis 2023m. sudaro 45 balus iš 100 galimų. ES finansiškai raštingiausiomis šalimis laikomos Danija, Vokietija, Švedija, Nyderlandai, nes jose statistiškai finansiškai raštingų gyventojų dalis yra ne mažesnė kaip 65 proc. (ISM, 2022)

Studentų finansinio raštingumo kompetencijų raiška. Siekiant iširti studentų finansinio raštingumo kompetencijų raišką buvo atliktas tyrimas. Tyrimo dalyvavo 31 antro, trečio kurso inžinerinės studijų krypties studentas, kurių amžius vyravo tarp 19 - 21 metų, iš jų - 5 merginos. Anoniminiu būdu jiems buvo pateiktas klausimynas, siekiant išsiaiškinti studentų finansinės elgsenos aspektus. Svarbus aspektas, kad iš 31 apklausoje dalyvavusio studento, 16 buvo dirbantys, jų pajamos per mėn. sudarė 500-1000 Eur. Nedirbantys studentai įvardino turintys per mėn. iki 500 Eur piniginių lėšų. Aptariant apklausos rezultatus, galima įvardinti, kad 48 proc. apklaustų studentų jau turi suformuotus taupymo įpročius, 13 proc. visiškai netaupo (2 pav.). Paklausus, kiek laiko taupantys studentai pragyventų iš santaupų, didžioji dalis įvardino 3-6 mėn. laikotarpį (3 pav.).

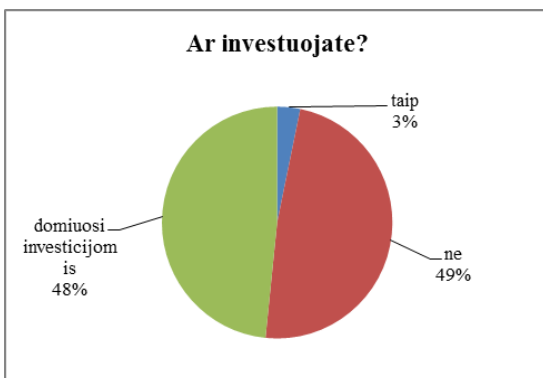


2 pav. Studentų taupymo įpročiai

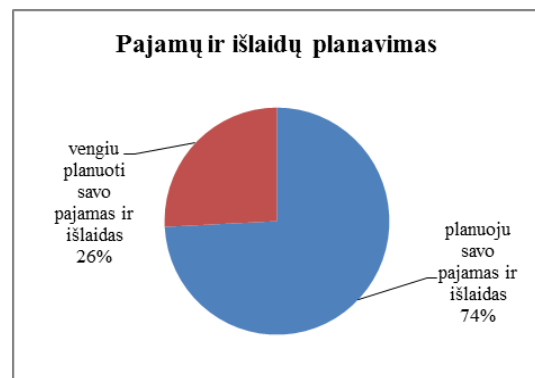


3 pav. Kiek laiko pragyventų iš santaupų

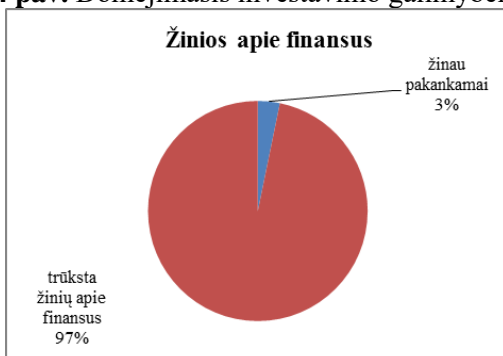
Studentams buvo užduotas klausimas „Ar investuojate, jeigu ne ar domitės investicijomis?“, į jį atsakymai pasiskirstė taip: tik 1 studentas jau investuoja, kiti 15 studentų domisi galimybėmis investuoti, likusieji 15- kol kas nesidomi galimybėmis investuoti (4 pav.). Uždavus klausimą „Ar planuojate savo pajamas ir išlaidas?“, atsakymai pasiskirstė taip: 23 respondantai atsakė, kad planuoja savo pajamas ir išlaidas, likę 8 atsakė, kad vengia planuoti pajamas ir išlaidas (5 pav.).



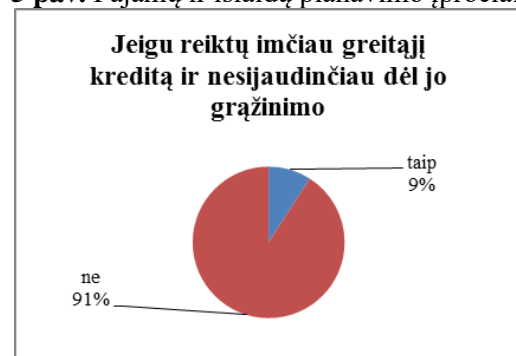
4 pav. Domėjimasis investavimo galimybėmis



5 pav. Pajamų ir išlaidų planavimo įpročiai



6 pav. Žinios apie finansinius produktus/paslaugas



7 pav. Skolinimosi rizikos įvertinimas

Pateikus klausimą „Kaip vertinate savo turimas žinias apie finansinius produktus/paslaugas?“, didžioji dalis, t.y 30 studentų atsakė, kad tokių žinių trūksta ir stengsis domėtis. Paskutinis buvo pateiktas klausimas apie skolinimosi rizikos vertinimą, klausimas suformuluotas “Jeigu reiktų ar imtumėte greitąjį kreditą, per daug nesijaudindami dėl jo grąžinimo?“. Į šį klausimą teigiamai atsakė tik 3 studentai, likusieji 28 studentai atsakė neigiamai, tuo patvirtindami, kad supranta kreditavimo paslaugos rizikas ir kritiškai jas vertina.

Išvados

1. Išanalizavus mokslinę literatūrą, pateikti finansinio raštingumo apibrėžties ir finansinio raštingumo kompetencijų teoriniai aspektai.
2. Detaliai atskleisti lietuvių finansinio raštingumo kompetencijų raiškos ypatumai, parodantys, kad mūsų šalies gyventojų finansinio raštingumo lygis 2023 m. sudaro 45 balus iš 100 galimų.
3. Atlikus studentų anoniminę apklausą gauti finansinio raštingumo kompetencijų raiškos rezultatai parodo, kad 48 proc. apklaustų studentų jau turi suformuotus taupymo įpročius, 13 proc. visiškai netaupo. Didžioji dalis taupančių studentų 3-6 mėn. pragyventų iš santaupų. Tik 1 iš 31 apklaustų studentų investuoja, likę 15- domisi galimybėmis investuoti, kiti likę 15- nesidomi investicijomis. 23 studentai jau turi įprotį planuoti savo pajamas ir išlaidas, likę 8 kol kas jų neplanuoja. 30 studentų atsakė, kad jiems trūksta žinių apie finansinius produktus ir paslaugas. 28 studentai gerai supranta kreditavimo paslaugų rizikas ir kritiškai jas vertina.

Literatūra

1. ISM, Jaunimo finansinis raštingumas Lietuvoje – ko trūksta, kad taptume Europos pirmūnais? <https://www.ism.lt/naujienos-ir-renginiai/jaunimo-finansinis-rastingumas-lietuvoje-ko-truksta-kad-taptume-europos-pirmunais/#/>;
2. Kvieskienė G., Finansinio raštingumo samprata ir paradoksai, 2016, Prieiga per internetą: <https://portalcris.vdu.lt/server/api/core/bitstreams/eadca644-d489-4097-abc1-31c613067996/content>;
3. Lusardi A., Financial literacy and the need for financial education: evidence and implications. Swiss J Economics Statistics 155, 1 (2019). Prieiga per internetą: <https://doi.org/10.1186/s41937-019-0027-5>;
4. LBA: Lietuvoje finansinis raštingumas nepagerėjo, 2023, Prieiga per internetą: <https://www.lrt.lt/naujienos/verslas/4/1962257/lba-lietuvoje-finansinis-rastingumas-nepagerejo>;
5. Lietuvos bankas, Prieiga per internetą: <https://www.lb.lt/lt/finansinio-rastingumo-centras>;
6. OECD, 2016, G20/OECD INFE Core competencies framework on financial literacy for adults, Pages 5-7;
7. ŠMSM, 2020, Švietimo problemos analizė, Finansinio raštingumo ugdymas Lietuvoje: koks jis? Ką reikėtų tobulinti? ISSN 2669-0977.

EXPRESSION OF STUDENTS' FINANCIAL LITERACY COMPETENCES

Summary

Today, people are more responsible for their personal finances than ever before. Constant changes in the labour market, innovations in the field of technology, globalization, digitization, demographic challenges, and other factors require continuous development of knowledge and abilities in various fields, including the field of finance. Only a financially literate person is capable of making the most appropriate financial decisions in order to improve both his/her personal and the country's economic well-being. The article aims to reveal the definitions of financial literacy, as well as the characteristics of financial literacy competences. Aspects of students' financial literacy competences are analysed by means of research.

Key words: financial literacy, financial literacy competences, expression of financial literacy competences.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Kristina Burneikienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistro laipsnis, lektorė

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Automobilių techninio eksploatavimo studijų programos lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: ekonomika, verslumas, finansinis raštingumas

Telefonas ir el. pašto adresas: +37068785323, kristina.burneikiene@edu.ktk.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Kristina Burneikienė.

Science degree and name: master's degree, lecturer.

Workplace and position: Kaunas University Of Applied Engineering Sciences, Automobile Technical Maintenance Study Programme lecturer.

Author's research interests: economics, entrepreneurship, financial literacy

Telephone and e-mail address: +37068785323, kristina.burneikiene@edu.ktk.lt

RAŠTO DARBŲ PIRKIMAS IR JŲ PATEIKIMAS ŠVIETIMO ĮSTAIGOMS: KOKIA UŽ TAI NUMATYTA ATSAKOMYBĖ LIETUVOJE?

Skaistė Mencevičienė
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Akademinis sukčiavimas, kai kito asmens parengtas rašto darbas pateikiamas švietimo institucijai kaip savo, akademikų pripažįstamas vienu grubiausių akademinės etikos pažeidimų. Tyrimo tikslas – nustatyti, kokia yra numatyta Lietuvoje atsakomybė už rašto darbų pirkimą ir jų pateikimą kaip savo švietimo įstaigoms. Tyrime naudoti mokslinės literatūros, dokumentų turinio analizės bei teisės aiškinimo metodai. Tyrime nustatyta, kad Lietuvoje už kito asmens parengto (nesvarbu ar atlygintinai, ar neatlygintinai) mokslo ar studijų darbo, ar jo dalies projekto pateikimą mokslo ir studijų institucijai kaip savo darbo ar jo dalies asmeniui yra numatyta administracinė atsakomybė pagal ANK 123 str. 1 d. bei drausminė atsakomybė, numatyta aukštųjų mokyklų norminiuose teisės aktuose, už studento pareigų nevykdymą.

Reikšminiai žodžiai: nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas, akademinis sukčiavimas, atsakomybė.

Įvadas

„Padedu paruošti įvairius mokslo darbus (magistrinius, bakalaurinius), kursinius, referatus, esė, ruošiu namų darbus, užduodamus aukštųjų mokyklų studentams, savarankiškus darbus. Rašau baigiamuosius darbus universitetams, kolegijoms ir kitoms mokslo įstaigoms. Garantuojama: aukšta kokybė, anonimiškumas, punctualumas ir darbo originalumas. Galite kreiptis iš visų Lietuvos miestų ir iš kitos pasaulio šalies“ (Skelbiu.lt, „Padedu paruošti įvairius Rašto Darbus“, žiūrėta 2023-11-27).

Tokio ir panašaus pobūdžio skelbimus laisvai galima rasti viešai skelbiamus internetinėje erdvėje rašto darbų konsultantai kategorijoje. Nors skelbimų portalai (atsitiktinai parinkti), pavyzdžiui, Paslaugos.lt nurodo, kad „mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto rengimo paslaugų siūlymas ir pirkimas yra draudžiama veikla pagal Lietuvos Respublikos teisės aktus ir užtraukia teisinę atsakomybę“ arba Skelbiu.lt „Mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto rengimo paslaugų siūlymas ir pirkimas yra draudžiama veikla pagal Lietuvos Respublikos administracinių nusižengimų kodeksą ir užtraukia administracinę atsakomybę“, tačiau tokio pobūdžio skelbimus, kuriuose yra siūloma padėti konsultuojant arba parengti rašto darbus, talpina savo tinklapiuose (Paslaugos.lt nurodyta 58 tiekėjai, Skelbiu.lt - 77 skelbimai, žiūrėta 2023-11-26).

Umbrasaitės ir Liekės atliktame tyrime „Nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugų pasiūla Lietuvoje“ nustatyta, kad „nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugos aktyviau studijų laikotarpiu skelbiamos intensyviau – skelbimų skaičius 2023 m. kovo ir balandžio mėn. buvo penktadaliu didesnis nei 2021 m. rugpjūčio mėn.“ (Umbrasaitė, Liekė, 2023: 19). Lietuvos studentų sąjungos atliktame tyrime „Akademinio sąžiningumo indeksas 2022“ nustatyta, kad studentų vertinimu fakultete, kuriame jie studijuoja, reiškinys „rašto ir ar kito darbo pirkimas ir pateikimas įvertinimui kaip savo“ paplitęs - 11%, greičiau paplitęs - 13% (Lietuvos studentų sąjunga, 2023:3), pagal studijų kryptis šis reiškinys labiausiai paplitęs socialiniuose moksluose (34%), sveikatos moksluose (29%), verslo ir viešojoje vadyboje (28%), informatikos moksluose (26%) ir inžinerijos moksluose (21%) (Lietuvos studentų sąjunga, 2023: 13). Pilionės, Dobilaitės ir Vitkevičienės žvalgomajame tyrime nustatyta, kad studentai atlaidžiai žiūri į kito asmens parengto mokslo ar studijų darbo (projekto) pirkimą ir nelaiko to pavojinga visuomenei veikla. Daugiau nei pusė studentų (55%) mano, kad toks veiksmas neturėtų būti baudžiamas (Pilionė, Dobilaitė, Vitkevičienė, 2022: 95-96). Rundle, Curtis ir Clare teigimu su nesavarankišku mokslo ir studijų darbų rengimu ir jų pateikimu kaip savo susiduria aukštojo mokslo įstaigos visame pasaulyje, apie 3-11% aukštųjų mokyklų studentų gali sukčiauti pasirinkę tokią formą (Rundle, Curtis, Clare, 2023: 1). Be to, sparčiai vystantis dirbtinio intelekto panaudojimo galimybėms atsiranda galimybė jį pritaikyti ir rašto darbų rašymui, kadangi atsiradus „ChatGPT“ ir kitoms lengvai prieinamos sistemos, skirtoms tekstui generuoti, nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas tampa įvykdomas beveik akimirksniu ir yra nemokamas (Gorichanaz, 2023: 6).

Nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas ir jų pateikimas švietimo įstaigoms kaip savarankiškai parengto darbo (kūrinio) yra aktuali problema, akademikų pripažįstama vienu grubiausių akademinės etikos pažeidimų ir rimtas iššūkis švietimo įstaigų akademinėi bendruomenei identifikuoti, kas iš tikro parengė rašto darbą.

Tyrimo tikslas – nustatyti, kokia yra numatyta Lietuvoje atsakomybė už rašto darbų pirkimą ir jų pateikimą kaip savarankiškai parengto darbo švietimo įstaigoms.

Tyrimo uždaviniai:

1. Atskleisti nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo sampratą ir jos požymius;
2. Identifikuoti atsakomybės rūšis, numatytas už rašto darbų pirkimą ir jų pateikimą kaip savarankiškai parengto darbo švietimo įstaigoms.

Tyrime naudoti mokslinės literatūros, dokumentų turinio analizės ir teisės aiškinimo (lingvistinis, lyginamasis, sisteminis) metodai.

Nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas, jų pateikimas švietimo įstaigoms kaip savarankiškai parengto darbo yra opi problema akademinėi bendruomenei, tačiau ši tema Lietuvoje nėra plačiai nagrinėta. Teisinės atsakomybės aspektu ją nagrinėjo Pilionė, Dobilaitė, Vitkevičienė (2022), Tauginienė, Jurkevičius (2017), Zaikaitė (2014). Šiuo straipsniu siekiama atskleisti numatytą teisės aktuose atsakomybę už nesavarankišką mokslo ir studijų darbų rengimą ir jų pateikimą kaip savarankiškai parengto darbo švietimo įstaigoms bei tokiu būdu prisidėti prie aktualių Lietuvoje mokslinių tyrimų šia tema.

Nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo samprata

Clarke ir Lancaster pirmą kartą apibrėžė terminą nesavarankiškas kūrinių rengimas (angl. contract cheating) kaip siūlymą atlikti studento užduotį konkurso būdu. Jie šį procesą įvardino kaip atvirkštinį eBay aukciono reiškiniui, t.y. sukčiavimo paslaugų pirkėjas teikia pasiūlymą, o pardavėjai siūlo kainą už privilegiją pateikti sprendimą. Dažnai pirkėjas pasirenka pardavėją, kuris siūlo atlikti darbą už mažiausią kainą (Clarke ir Lancaster, 2006: 2).

Morris analizuodama nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo problemą aukštosiose mokyklose nurodo, kad šis terminas dažniausiai naudojama „apibūdinti veiklą, kurios metu studentai, pasinaudoja trečių šalių: mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugas teikiančiomis įmonėmis, mokslo darbų duomenų bazėmis, draugų, šeimos narių, kitų studentų ar korepetitorių paslaugomis, atliekant užduotis, kurias vėliau pateikia kaip savo (Lancaster & Clarke, 2016; Newton & Lang, 2016; Walker and Townley, 2012)“ (Morris, 2018: 2).

Aiškinamajame akademinio sąžiningumo terminų žodyne nesavarankiškas kūrinių rengimas (angl. contract cheating) apibrėžiamas kaip „netinkamo akademinio elgesio forma, kai asmuo naudojasi trečiosios šalies pagalba kūriniui sukurti nepriklausomai nuo to, ar už jį trečiajai šaliai atlyginama ar teikiama kita nauda“, „nesavarankiško kūrinių rengimo paslauga (angl. contract cheating services, ghostwriting) - konsultavimo paslaugų tipas, kai įmonė ar asmuo pateikia kūrinių kitam jį užsakiusiam asmeniui pristatyti kaip savo“, „mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugas teikianti organizacija (angl. paper mill, essay mill) - komercinė, paprastai virtuali, organizacija, kuri teikia rašytinę mokslo ir studijų medžiagą (pvz., esė, ataskaitas, namų darbų atsakymus, asmeninius pareiškimus, refleksijas) pagal kliento poreikius“ (Tauginienė, Gaižauskaitė, Glendinning ir kt., 2018: 19, 21).

Tyrime „Nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugų pasiūla Lietuvoje“ (Vaškevičiūtė, Ozolinčiūtė, 2021: 6) nurodoma, kad „nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas (angl. contract cheating) mokslinėje literatūroje yra laikoma akademinio nesąžiningumo apraiška, kuri apima situacijas, kuomet asmenys, siekdami įgyti nepelnytą pranašumą, sąmoningai sutinka atlyginti kitam asmeniui (pavyzdžiui, fiziniam asmeniui, įmonei) už užsakovo vardu parengtą mokslo ar studijų darbą, kuris vėliau yra pateikiamas mokslo ir studijų institucijai kaip savarankiškai parengtas kūrinys (Clarke & Lancaster 2006; Tauginienė & Jurkevičius 2017; Foltýnek & Králíková 2018).“

Iš pateiktų apibrėžimų galima išskirti pagrindinius nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo sampratos požymius. Tai yra veikla, kuri priskiriama prie netinkamo akademinio elgesio, kurios metu asmuo sąmoningai naudojasi trečiosios šalies pagalba (atlygintine, neatlygintine), atliekant mokslo ar studijų darbą, kurį vėliau pateikia švietimo institucijai kaip savarankiškai parengtą darbą (kūrinių).

Sekančiame skyriuje analizuojama, kokios yra numatytos Lietuvoje atsakomybės rūšys už kito asmens parengto rašto darbo pateikimą mokslo ir studijų institucijai kaip savarankiškai parengto darbo.

Atsakomybė už kito asmens parengto rašto darbo pateikimą švietimo institucijai kaip savarankiškai parengto darbo

Praktika nesavarankiškai rengti mokslo ir studijų darbus yra pripažįstama vienu grubiųjų akademinės etikos (akademinio sąžiningumo) pažeidimų (Curtis & Clare 2017; Foltýnek & Králíková 2018, Vaškevičiūtė, Ozolinčiūtė, 2021: 6), o tyrimai aukštojo mokslo srityje rodo, kad akademinė netinkama praktika prasideda vidurinėje mokykloje ir tęsiasi bakalauro, magistrantūros studijose, o galiausiai daro neigiamą poveikį etikai ir darbo vietoje (Ferguson, Flostrand, Lam, & Pitt, 2022; Hodgkinson, Curtis, MacAlister, & Farrell, 2016; McCabe, Butterfield, & Trevino, 2012, Sweeney, 2023: 1). Remiantis Vaškevičiūte, Ozolinčiūte, „nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas daro potencialią žalą ne tik šia paslauga besinaudojantiems asmenims, bet ir akademinėi bendruomenei bei visai visuomenei, nes ilgainiui ši praktika pradeda kenkti mokslo ir studijų kokybei, darbo rinkai bei visuomenėje puoselėjamos vertybėms, tokioms kaip sąžiningumas, pasitikėjimas bei atsakomybė“ (Vaškevičiūtė, Ozolinčiūtė, 2021: 7).

Deja, bet Lietuvoje pirmas norminis teisės aktas, kuris mokslo darbų pirkimą, pardavimą ir jų pateikimą mokslo ir studijų institucijoms įvardino kaip neteisėtą veiką buvo 2017 m. sausio 1 d. įsigaliojęs Lietuvos

Respublikos Administracinių nusižengimų kodeksas (toliau – ANK), kuris numatė, kad pirmosios pakopos ir vientisųjų bei magistrantūros studijų baigiamųjų darbų, disertacijų, meno projektų neteisėtas pirkimas, pardavimas ir jų pateikimas mokslo ir studijų institucijoms užtraukia baudą asmenims nuo vieno šimto penkiasdešimt iki trijų šimtų eurų ir juridinių asmenų vadovams ar kitiems atsakingiems asmenims – nuo aštuonių šimtų iki vieno tūkstančio aštuonių šimtų eurų (ANK, 123 str. 1 d.), pakartotinai padarytas administracinis nusižengimas užtraukia baudą asmenims nuo trijų šimtų iki aštuonių šimtų penkiasdešimt eurų ir juridinių asmenų vadovams ar kitiems atsakingiems asmenims – nuo vieno tūkstančio septynių šimtų iki trijų tūkstančių eurų (ANK, 2017 123 str. 1 d.).

Prieš įsigaliojant šiai ANK teisės normai, remiantis viešai paskelbta informacija straipsnyje „Atsako prokuroras. Prekyba rašto darbais. Ką bausti: pirkėją ar pardavėją?“ (Delfi.lt, 2011) Generalinės prokuratūros Ikteisminio tyrimo kontrolės skyriaus prokurorė V. Songailienė nurodo, kad „rašto darbų (mokslinių darbų, baigiamųjų magistro ir bakalauro, kursinių darbų; referatų, mokslinių straipsnių, tyrimo ataskaitų ar kitų rašto darbų) rašymas, konsultavimas priskiriamas ekonominės veiklos rūšims. Minėtos ekonominės veiklos rūšys yra nelicencijuojamos ir nėra uždraustos. <...> Juridiniai ir fiziniai asmenys pagal užsakymą parašę ir pardavę rašto darbus (mokslinį darbą, baigiamąjį magistro ar bakalauro, kursinį darbą, referatą, mokslinį straipsnį tyrimo ataskaitą ar kito rašto darbą) atsakomybę už jo panaudojimą perkelia rašto darbą įsigijusiam asmeniui (studentui). Įsigijęs rašto darbą studentas gali naudoti savo nuožiūra, t. y. yra jam perleidžiamos autoriaus teisės. <...> Studentas minėtomis aplinkybėmis įsigijęs rašto darbą bei jį pateikęs aukštajai mokyklai įvertinimui kaip savo, pažeidžia Lietuvos Respublikos mokslo ir studijų įstatymą, tos aukštosios mokyklos statutą, studijų nuostatus ir akademinės etikos kodekso normas. <...> pažeidimus yra numatyta drausminė atsakomybė. <...> Baudžiamoji atsakomybė už akademinės etikos kodekso normų pažeidimus nėra numatyta.“ Remiantis Mizaru (Jackevičius, Delfi.lt, 2011), „negalima sutikti su prokurorų pozicija, mat pagal Lietuvoje galiojančią Autorių teisių ir gretutinių teisių įstatymą autorystės teisė negali būti nei perleidžiama, nei jos atsisakoma: sukūręs kūrinį negali atsisakyti autorystės kito asmens naudai ir leisti mano sukurtą kūrinį vadinti kito autoriaus vardu, jeigu jis jo neparašė. <...> Jei autorystės atsisakau kito asmens naudai, autorių teisės požiūriu toks sandoris niekinis. Jeigu toks sandoris yra niekinis, tolesnis jo naudojimas svetimu vardu man atsisakius autorystės taip pat negali sukurti jokių teisėtų padarinių“.

Baudžiamojoje byloje Nr. 1-5-497/2019 buvo paneigta prokurorų prielaida, kad rašto darbų rašymo už atlyginimą veikla yra leidžiama. Šioje byloje buvo nustatyta, kad asmuo vertėsi rašto darbų rašymo už atlygį veikla. Teismo argumentai, kodėl rašto darbų rašymo už atlygį veikla nebuvo leidžiama pagal LR Baudžiamojo kodekso 202 str. 2 d., kuri numato baudžiamąją atsakomybę tam, kas vertėsi uždrausta ūkine, komercine ar profesine veikla: „remiantis imperatyviu (subordinaciniu) teisinio reguliavimo metodu, tam kad būtų leidžiama verstis rašto darbų rašymo už atlygį veikla, tokią veiklą ketinantis vykdyti asmuo, turėtų įsiregistruoti mokesčių mokėtoju (Mokesčių administravimo įstatymo 40 str. 1 d. 3 p.). Jei tokios veiklos forma - individuali veikla, pagal inkriminuojamo nusikaltimo padarymo metu galiojančius įstatymus ir poįstatyminius aktus, A. R. turėjo legalizuoti savo veiklą įsigydamas verslo liudijimą. Tačiau verslo liudijimo tokiai veiklai, kurią vykdė A. R. įgyti neįmanoma, nes jos nėra ir niekada nebuvo Veiklų, kuriomis gali būti verčiamasi turint verslo liudijimą, rūšių klasifikatoriuje <...>. Tokios veiklos, kurią vykdė kaltinamasis apskritai nėra LR Statistikos departamento 2007-10-31 įsakymu Nr. DĮ-226 patvirtintame Ekonominės veiklos rūšių klasifikatoriuje, vadinasi ir kitokiomis ūkinės - komercinės veiklos formomis jos vykdyti neleidžiama.“ Teismas daro išvadą, kad rašto darbų rašymo už atlygį veikla, kurią vykdė kaltinamasis asmuo, nebuvo leidžiama, o vadinasi, vadovaujantis imperatyviniu (subordinaciniu) teisinio reguliavimo metodu nagrinėjamų teisinių santykių srityje ir uždrausta, todėl remiantis veikos padarymo metu galiojusiais įstatymais, asmuo vertėsi uždrausta komercine rašto darbų rašymo už atlyginimą veikla.“

Civilinėje byloje Nr. 2-3992-905/2013 teismas pripažino sandorį tarp šalių, kuriuo buvo sudaryta mokslinio tyrimo darbo atlikimo ir konsultavimo sutartis, pagal kurią vietoje ieškovės, kaip studentės, buvo atsakovo rengiamas baigiamasis darbas ir ši darba, kaip savo pačios atliktą, ieškovė pateikė darbo vadovui. Teismas šiuo atveju konstatavo, kad tarp šalių sudarytas sandoris pagal LR Civilinio kodekso 1.81 str. 1 d. viešajai tvarkai ar gerai moralei prieštaraujantis sandoris, yra niekinis ir negalioja bei pritaikė restituciją, t.y. ieškovei iš atsakovo buvo priteista pagal niekinį sandorį sumokėti 1500 Lt, atsakovui iš ieškovės grąžintinas pagal niekinį sandorį perleistas baigiamasis darbas ir atsakovo perleistos teisės į šį darbą. Teismas konstatavo, kad buvo pažeistos ieškovės, kaip studentės, pareigos, įtvirtintos Mokslų ir studijų įstatymo 55 str. 3 d. 1, 2 p. imperatyviosiose normose (įtvirtinta studentų pareiga uoliai studijuoti ir laikytis Akademinės etikos kodekso, kurį priima aukštoji mokykla). Ši imperatyvi norma nepaliekama galimybių studentams elgtis kitaip, negu nustatyta šiose teisės normose. Be to, tokia sutartis ir pagal ją atliekami šalių veiksmai prieštarauja gerai moralei, (-) etikos kodekso 7.1, 7.1.2 punktuose įtvirtintiems ieškovės, kaip studentės, moralinio-etinio

pobūdžio įsipareigojimams, t.y. studentų pareiga nesukčiauti - atsiskaitant pateikti tik savo darbą, nesinaudoti kitų studijuojančiųjų darbais arba jų rezultatais.

Remiantis šiomis teismo bylomis galime daryti išvadą, kad rašto darbų rašymo už atlygį veikla Lietuvoje yra draudžiama, o sudarytas sandoris tarp šalių, kai tikrieji šalių ketinimai yra už studentą parengti mokslo ar studijų darbas, yra niekinis ir negaliojantis.

Šiuo metu vienintelis įstatymo leidėjo priimtas norminis teisės aktas, kuris numato teisinę atsakomybę už kito asmens parengto rašto darbo pateikimą švietimo institucijai kaip savarankiškai parengto darbo, yra ANK. Naujoji ANK 123 straipsnio redakcija buvo patvirtinta 2019-05-16 įstatymu Nr. XIII-2125. Straipsnio pavadinimas buvo pakeistas iš „Neteisėtas mokslo darbų pirkimas, pardavimas ir jų pateikimas mokslo ir studijų institucijoms“ į „Kito asmens parengto mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto pateikimas mokslo ir studijų institucijai kaip savo mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies), kito asmens vardu pateikto mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto parengimas ir (ar) perdavimas, informacijos, skatinančios įsigyti mokslo ar studijų darbų projektus, skelbimas“.

Pagal ANK atsako fizinis asmuo, jeigu jo padaryta veika, už kurią kodekse yra numatyta tam tikra sankcija, buvo uždrausta tos veikos padarymo metu galiojusiame teisės akte (ANK, 2 str. 1 d.) ir tuo atveju, jeigu jis yra kaltas dėl administracinio nusižengimo padarymo (ANK, 2 str. 3 d.). Kito asmens parengto mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto pateikimas mokslo ir studijų institucijai kaip savo yra priskiriamas administraciniams nusižengimams, susijusiems su nuosavybe, turтинėmis teisėmis ir turтинiais interesais (ANK, XIII skyrius), ši veika teisės aktų leidėjo nustatyta, kaip neteisėta ir atsakomybė už šią veiką yra numatyta ANK 123 str. 1 d. Joje nurodyta, kad kito asmens parengto mokslo ar studijų darbo (ar jo dalies) projekto pateikimas mokslo ir studijų institucijai kaip savo mokslo ir studijų darbo (ar jo dalies) užtraukia baudą asmenims nuo dviejų šimtų iki penkių šimtų eurų, padarytas pakartotinai šis administracinis nusižengimas užtraukia baudą asmenims nuo penkių šimtų iki devynių šimtų eurų (ANK 123 str., 4 d.).

Kad grėstų administracinė atsakomybė pagal šiuo metu galiojantį ANK 123 str. 1 d., reikia nustatyti faktą, kad asmuo kito asmens mokslo ar studijų viso darbo ar jo dalies projektą pateikė kaip savo mokslo ir studijų institucijai. Anot Pilionės, Dobilaitės, Vitkevičienės, „užtenka įrodyti patį faktą, kad darbas ar jo dalis buvo parengta kito asmens, ir asmuo traukiamas atsakomybėn, negali apsiginti sakydamas, jog jis pirko darbą ir vėliau jį koregavo, taip siekiant autorystę prisiskirti sau, kadangi kito asmens parengtas darbas suprantamas, kaip projektas, o tokio darbo pakeitimai negali eliminuoti asmens atsakomybės.“ (Pilionė, Dobilaitė, Vitkevičienė, 2022: 93). Remiantis Lietuvos Respublikos Mokslo ir studijų įstatymo (toliau – MSI) 4 str. 12 d., Lietuvos mokslo ir studijų institucija apibrėžiama kaip Lietuvos Respublikoje įregistruotas juridinis asmuo, kurio pagrindinė veikla – studijų vykdymas ir su studijomis susijusi veikla ir (arba) moksliniai tyrimai ir eksperimentinė plėtra (Mokslo ir studijų įstatymas, 2009).

Vadinasi, analizuojant teisės akto normą (ANK 123 str. 1 d.) nėra svarbu ar rašto darbas, ar jo dalis buvo nupirktas (-a), ar neatlygintinai parengtas (-a), t.y. veika, kuria asmuo kito asmens parengtą mokslo ar studijų darbo ar jo dalies projektą pateikia kaip savo mokslo ir studijų institucijai, yra draudžiama. Administracinių nusižengimų teiseną pradeda, administracinių nusižengimų tyrimą atlieka ir administracinių nusižengimų protokolus surašo dėl ANK 123 str. 1 d. Lietuvos Respublikos akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnyba (ANK 589 str. 80 d.).

Be administracinės atsakomybės už kito asmens parengto rašto darbo pateikimą švietimo institucijai kaip savarankiškai parengto darbo gali grėsti ir drausminė atsakomybė, kadangi remiantis MSI 62 str. 3 d. studentai privalo laikytis Akademinės etikos kodekso, kurį priima aukštoji mokykla (2 p.) ir aukštosios mokyklos statuto bei vidaus tvarkos taisyklių (3 p.) (Mokslo ir studijų įstatymas, 2009). Studentų atsakomybė už pareigų nevykdymą numatoma aukštųjų mokyklų norminiuose aktuose. Kokios veiklos yra draudžiamos ir kokias drausmines nuobaudas taikyti sprendžia pačios mokslo ir studijų institucijos. Pavyzdžiui, Kauno technikos kolegijos statuto 101 str. numato: „jeigu studentas nesilaiko Akademinės etikos kodekso, gali būti išbraukiamas iš studentų sąrašų, su juo sudaryta studijų sutartis nutraukiama“ (Kauno technikos kolegijos statutas, 2012), o akademinės etikos kodekso 7.5 p. nurodyta, kad kolegijoje netoleruojamas bet kokios formos akademinis nesąžiningumas toks kaip: „darbų pirkimas ir pardavimas, kitų autorių darbų pateikimas kaip savo, svetimo darbo pateikimas be autoriaus sutikimo“ (Kauno technikos kolegijos akademinės etikos kodeksas, 2016).

Apibendrinus galima teigti, kad Lietuvoje už kito asmens parengto (atlygintinai, neatlygintinai) mokslo ar studijų darbo ar jo dalies projekto pateikimą mokslo ir studijų institucijai kaip savarankiškai parengto darbo ar jo dalies asmeniui yra numatyta administracinė atsakomybė pagal ANK 123 str. 1d. ir drausminė atsakomybė, numatyta aukštųjų mokyklų norminiuose teisės aktuose, už studentų pareigų nevykdymą.

Išvados

1. Nesavarankiškas mokslo ir studijų darbų rengimas - tai veikla, kuri priskiriama prie netinkamo akademinio elgesio, kurios metu asmuo sąmoningai naudojasi trečiosios šalies pagalba (atlygintine, neatlygintine), atliekant mokslo ar studijų darbą, kurį vėliau pateikia švietimo institucijai kaip savarankiškai parengtą darbą (kūrinį).

2. Lietuvoje už kito asmens parengto (nesvarbu ar atlygintinai, ar neatlygintinai) mokslo ar studijų darbo ar jo dalies projekto pateikimą mokslo ir studijų institucijai kaip savarankiškai sukurto darbo ar jo dalies asmeniui yra numatyta administracinė atsakomybė pagal ANK 123 str. 1d. ir drausminė atsakomybė, numatyta aukštųjų mokyklų norminiuose teisės aktuose, už studentų pareigų nevykdymą.

Literatūra

1. Clarke, R., Lancaster, T (2006), „*Eliminating the successor to plagiarism: Identifying the usage of contract cheating sites*“, Proceedings of 2nd plagiarism: Prevention, practice & policy conference, Newcastle. Prieiga per internetą: https://www.researchgate.net/publication/228367576_Eliminating_the_successor_to_plagiarism_Identifying_the_usage_of_contract_cheating_sites
2. Delfi.lt straipsnis (2011): „Atsako prokuroras. Prekyba rašto darbais. Ką bausti: pirkėją ar pardavėją?“ Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/news/daily/law/atsako-prokuroras-prekyba-rasto-darbais-ka-bausti-pirkeja-ar-pardaveja.d?id=41750175>
3. Gorichanaz T. (2023) „*Accused: How students respond to allegations of using ChatGPT on assessments*“, Learning: Research and Practice, 9:2, 183-196, <https://doi.org/10.1080/23735082.2023.2254787>
4. Jackevičiaus M., (2011): „Rašto darbų pirkimas lietuviams neatrodo blogybė“. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/news/daily/education/rasto-darbu-pirkimas-lietuviams-neatrodo-blogybe.d?id=41876333>
5. Kauno technikos kolegijos Akademinės etikos kodeksas (2016). Prieiga per internetą: https://www.ktk.lt/uploads/9a6bb6a1-c040-4b18-9085-d6d924bf89af/KTK_akademin%20etikos_kodeksas.pdf
6. Kauno technikos kolegijos statusas (2012). Prieiga per internetą: https://www.ktk.lt/uploads/d10b1b5a-ec7c-4dba-92d3-8a62f2f233f0/KTK_statusas.docx
7. Lietuvos Respublikos Administracinių nusižengimų kodeksas, TAR, 2015-07-10, Nr. 11216.
8. Lietuvos Respublikos Mokslo ir studijų įstatymas, Valstybės žinios, 2009-05-12, Nr. 54-2140.
9. Lietuvos studentų sąjunga (2023), „Akademinio sąžiningumo indeksas 2022“. Prieiga per internetą: <http://www.lss.lt/wp-content/uploads/2023/05/Akademinio-saziningumo-indeksas-2022.pdf>
10. Morris, E.J. (2018) „*Academic integrity matters: five considerations for addressing contract cheating*“. International Journal for Educational Integrity 14, 15 <https://doi.org/10.1007/s40979-018-0038-5>
11. Paslaugos.lt, Rašto darbų konsultantai, žiūrėta 2023-11-26. Prieiga per internetą: <https://paslaugos.lt/rasto-darbu-konsultantai>
12. Pilionė A., Dobilaitė A., Vitkevičienė G. (2022), „*Administracinio nusižengimų kodekso 123 straipsnio teoriniai ir praktiniai taikymo aspektai*“, Mokslas ir edukaciniai procesai = Science and processes of education. 2022, Nr. 1 (34), p. 87-98. eISSN 2345-0681. Prieiga per internetą: <https://vb.smk.lt/object/elaba:135774670/>
13. Rundle, K., Curtis, G.J. & Clare, J. (2023), „*Why students do not engage in contract cheating: a closer look.*“ International Journal for Educational Integrity 19, 11. <https://doi.org/10.1007/s40979-023-00132-5>
14. Skelbiu.lt, „Padedu paruošti Įvairius Rašto Darbus“, žiūrėta 2023-11-27. Prieiga per internetą: <https://m.skelbiu.lt/skelbimai/padedu-paruoti-ivairius-rasto-darbus-9634152.html>
15. Skelbiu.lt, Rašto darbų konsultantai, žiūrėta 2023-11-26. Prieiga per internetą: https://m.skelbiu.lt/skelbimai/?category_id=977&keywords=rasto+darbai&cfchlrtk=fHg8geV0fjVPRxqbMQMNhdWNnpELSDGiTQIP9I2kg0-1702313464-0-gaNycGzNHIA
16. Sweeney S., (2023) „*Who wrote this? Essay mills and assessment – considerations regarding contract cheating and AI in Higher Education*“. International Journal of Management Education. 100818. ISSN 1472-8117, <https://doi.org/10.1016/j.ijme.2023.100818>
17. Tauginienė L., Gaižauskaitė L., Glendinning I. ir kt, „*Aiškinamasis akademinio sąžiningumo terminų žodynas*“ [Glossary for Academic Integrity]. Atnaujinta versija, 2018 m. spalio. Vertė Loreta Tauginienė ir Inga Gaižauskaitė. Vilnius: Mykolo Romerio universitetas, 2019. e-ISBN 978-9955-19-971-7.
18. Umbrasaitė J., Liekė B. (2023), „Nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugų pasiūla Lietuvoje“, *Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnyba*, Vilnius. Prieiga per internetą: <https://etikostarnyba.lt/wp-content/uploads/2023/06/Nesavarankisko-mokslo-ir-studiju-darbu-rengimo-paslaugu-pasiula-Lietuvoje.pdf>
19. Vaškevičiūtė S., Ozolinčiūtė E. (2021), „Nesavarankiško mokslo ir studijų darbų rengimo paslaugų pasiūla Lietuvoje“, *Akademinės etikos ir procedūrų kontrolieriaus tarnyba*, Vilnius. Prieiga per internetą: <https://etikostarnyba.lt/wp-content/uploads/2021/11/Nesavarankisko-mokslo-ir-studiju-darbu-rengimo-paslaugu-pasiula-Lietuvoje.pdf>
20. Vilniaus apygardos teismo 2019-06-06 sprendimas baudžiamojoje byloje Nr. 1-5-497/2019.
21. Vilniaus miesto apylinkės teismo 2013-03-20 sprendimas civilinėje byloje Nr. 2-3992-905/2013.

WHAT ARE THE LEGAL LIABILITIES FOR THE PURCHASE OF WRITTEN WORKS AND THEIR SUBMISSION TO EDUCATIONAL INSTITUTIONS IN LITHUANIA?

Summary

Contract cheating when a written work prepared by another person is submitted to an educational institution as one's own, is recognized by academics as one of the roughest violations of academic ethics. The purpose of the research is to determine what responsibilities is established in Lithuania for the purchase of written works and their submission as their own for educational institutions. Research tasks: to disclose the concept of contract cheating and its attributes and to identify the types of responsibilities provided for the purchase of written works and their submission as their own for educational institutions. The methods of content analysis of scientific literature and documents and interpretation of law were used in the research. In the research study was found that in Lithuania the submission of a research or study project or part of it prepared by another person (regardless of paid or unpaid) to a research and study institution as his own work or part of it, administrative responsibility, and disciplinary action for non-fulfilment of student duties are implied.

Key words: non-independent preparation of scientific and study works, academic fraud, responsibility.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Skaistė Mencevičienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: magistras

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos, Autotransporto elektronikos studijų programos lektorė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: teisė, pedagogika.

El. pašto adresas: skaiste.menceviciene@edu.ktk.lk

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Skaistė Mencevičienė.

Science degree and name: Master's degree.

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Motor Transport Electronics Study Program Lecturer.

Author's research interests: law, pedagogy.

E-mail address: skaiste.menceviciene@edu.ktk.lk

VAIZDŲ APDOROJIMO AUTOMATINĖS OPTINĖS PATIKROS SISTEMAI METODŲ TYRIMAS

Eugenija Antonovaitė¹, Paulius Tervydis², Rūta Jankūnienė²

¹Realtime Technologies Ltd, ²Kauno technikos kolegija

Anotacija

Automatinės optinės patikros sistema (AOP) padeda įvertinti elektronikos gaminio surinkimo kokybę, aptikdama skirtumus tarp šablono ir surinkto gaminio bei išpėdama apie gaminyje rastus neatitikimus. Dėl to sumažinamas labai brangių elektronikos gaminių defektų kiekis, remonto trukmė bei kaštai. Aptarę AOP technologiją, straipsnio autoriai pasiūlė šios sistemos koncepcinį sprendimą, leisiantį aptikti PCB defektus įvairiose PCB surinkimo SMT linijoje etapuose. Taupant gamybinį plotą, tokia AOP sistema turi pasižymėti mažais gabaritais, taip pat būti mobili ir neimli kaštams bei ergonomiška. Straipsnyje ypatingas dėmesys buvo skirtas PCB kampų ir pozicijos tinkamumo nustatymui. Atlikta įvairių PCB vaizdų apdorojimo metodų analizė leido nustatyti, jog vizualinei kontrolei geriausiai tinka TM_CCORR_NORMED metodas.

Reikšminiai žodžiai: AOP sistema, SMT, PCB, vaizdų apdorojimas.

Įvadas

Spausdintinės plokštės (PCB) (angl. *Printed Circuit Board*) kokybė tiesiogiai lemia gaminių efektyvumą ir patikimumą, todėl bet koks PCB defektas turi būti nustatytas greitai ir tiksliai. Patikrinimo proceso svarbą padidino šiuolaikinės gamybos aplinkos reikalavimai; elektronikos masinės gamybos gamybos įrenginiuose dažnai bandoma pasiekti 100% visų dalių, mazgų ir gatavų gaminių kokybės užtikrinimą. Automatinės optinės patikros (AOP) sistemos tikslas vaizdų apdorojimo technologijos pagalba patikrinti PCB surinkimo paviršinio montažo linijoje (SMT) (angl. *Surface Mount Technology*) kokybę [8, 11].

Tačiau, nors ir įdiegus AOP sistemą, ji negarantuoja visų defektų aptikimo. PCB dėl aukštos temperatūros poveikio komponentų litavimo proceso metu šiek tiek išlinksta ir dėl to AOP sistema gali netiksliai sukalibruoti poziciją; taip gaunamas pasislinkęs ir netikslus komponentų išdėstymo vaizdas. Tam siūloma papildyti AOP procesą vizualiu PCB įvertinimu. Tačiau ir pastarasis taip pat negarantuoja visų defektų aptikimo, nes pasireiškia žmogiškasis faktorius dėl naktinio darbo, nuovargio sukkelto neatidumo, operatoriaus skubėjimo ar tiesiog jo nebuvimo darbo vietoje.

Yra daugybė darbų (Yongbing ir kt., 2023: 557-578), aprašančių vaizdų analizei ir gedimų aptikimo strategijoms skirtus PCB automatinio tikrinimo algoritmus ir metodus [4]. Šie metodai grindžiami mašininės regos technologija, įskaitant automatinį rentgeno tyrimą (AXI), dvimatį automatinį optinį patikrinimą (2D AOI), trimatį automatinį optinį patikrinimą (3D AOI) ir kt. [4]. Įvertinus spartų vaizdų ir mašininės regos bei mašininio mokymosi technologijų vystymąsi, buvo išanalizuota, kas yra naujusia šioje tyrimų srityje ir kokios yra ateities tyrimų ir plėtros kryptys [4]. Apžvelgti ir apibendrinti naujaisi vaizdo duomenų gavimo, vaizdo apdorojimo, savybių išskyrimo ir savybių atpažinimo/klasifikavimo metodai, skirti PCB defektų aptikimui, nustatyti dažniausiai naudojamų metodų vertinimo rodikliai, ir pasiūlytas pažangus defektų vizualinio aptikimo metodus kaip galima ateities plėtros tendencija [4]. Kiti autoriai (Sifundvolesihle ir kt., 2023: 105875) pasiūlė naudoti *MobileNetV2* su funkcijų piramidės tinklu (FPN) (angl. *Function Pyramide Network*) [11]. Šios sistemos tikslas - aptikti ant PCB sumontuotus komponentus labai tiksliai ir realiu laiku. Jos esmę sudaro duomenų gavimas, išankstinis duomenų apdorojimas, jų papildymas, žymėjimas ir defektų aptikimo modelis. Duomenų gavimo etapas apsprendžia duomenų sąranką, o išankstinis duomenų apdorojimas paaiškina metodus, skirtus duomenų rinkinio kokybės pagerinimui. Siekiant patikimumo, duomenys buvo diversifikuoti ir padauginti, po to jie buvo paženklinėti ir pažymėtos aktualios sritys atitinkamomis etiketėmis. Paskiausiai buvo panaudotas *MobileNetV2*, sujungus jį su FPN ir SSD (angl. *Single Shot MultiBox Detector*). Pasiūlyta sistema pasižymi dideliu našumu – 97,9 % tikslumu, 96,3 % atšaukimo ir 97,1 % F1 balo. Defektų aptikimas yra, palyginus, greitas – 33,5 FPS, o pasiektas išvados pateikimo laikas yra 30 ms (vienam vaizdui). Tad pasiūlyta defektų aptikimo sistema gali labai patikimai aptikti ant PCB sumontuotus įrenginius realiu laiku [11].

Rinkoje siūlomi įvairūs AOP produktai [2, 10]. Visi jie pasižymi aukšta kameros raiška, optiškai analizuoja vaizdą. Tačiau, paprastai, AOP sistemos, pvz., *Saki Corp*, *Orbotech* bei *Omron* yra didelių gabaritų, užima papildomą plotą, yra nemobilios ir brangios [2, 11]. Programinė įranga yra uždaro kodo, pasižymi aukšta kaina. *Robert Bradley* AOP įrenginio principo idėja gana paprasta, tačiau šis sprendimas yra gana statiškas dėl savo korpuso konstrukcijos, sudėtinga tokį AOP įtaisyti gamybos vietoje. Privalumas - turi atvirojo kodo programinę įrangą, kuri gali būti pritaikyta serijinėje gamyboje.

Tad kyla klausimas: kokie sprendimai leistų santykinai nebrangiai, taupant gamybinę erdvę pagerinti AOP procesą jau įdiegtoje SMT linijoje?

Tyrimo objektas – PCB surinkimo kokybės kontrolė SMT linijoje.

Tyrimo tikslas – pasiūlyti tinkamiausią vaizdų apdorojimo metodą AOP sistemos atliekamai PCB vizualinei kontrolei.

Tyrimo uždaviniai:

1. Įvertinus AOP sistemai keliamus funkcinius-techninius reikalavimus, pasiūlyti prototipinį jos sprendimą.
2. Atlikti vaizdų apdorojimo metodų, skirtų PCB kampų ir PCB komponentų pozicijos nustatymui, tinkamumo analizę.

Tyrimo metodai ir priemonės: Turinio analizė, lyginamoji analizė.

Straipsnis sudarytas iš dviejų dalių. Pirmojoje dalyje aptariama pagrindiniai SMT linijos mazgai bei galima AOP įrenginio vieta surinkimo linijoje, šios sistemos struktūra ir jai keliami funkciniai-techniniai reikalavimai bei galimų technologinių sprendimų, įskaitant ir įterptinių sistemų bei mikrokompiuterių technologijų tinkamumą, išvalgos (skyrelis „Konceptualus sprendimas AOP sistemos prototipui“). Antrojoje straipsnio dalyje nagrinėjamas PCB vaizdo apdorojimo procesas bei tiriamas vaizdų apdorojimo metodų tinkamumas PCB kokybės įvertinimui (skyrelis „PCB surinkimo kokybės įvertinimas“). Autorių atlikto tyrimo išvalgos ir rekomendacijos AOP sistemai pateikiamos šio straipsnio išvadose.

Konceptualus sprendimas AOP sistemos prototipui

Skylinio montavimo komponentus THD (angl. *Through Hole Device*) šiuo metu keičia paviršinio montažo elektronikos komponentai SMD (angl. *Surface Mount Device*), kuriuos norint montuoti į PCB, reikia taip vadinamų *Pick & Place* įrenginių. Paprastai, SMT linija susideda iš Ekranu spausdintuvo (angl. *Screen Printer*), skirto litavimo pastos užnešimui pagal trafaretą ant tuščios PCB, o tada plokštė patenka į *Pick & Place* įrenginį, kuris sudeda komponentus ant PCB litavimo aikštelių. Po to PCB patenka į aukštos temperatūros litavimo krosnį *Reflow*, kurioje lydmetalio išsilydo ir taip baigiamas litavimo procesas. Kontrolės įrenginiai yra skirstomi į litavimo pastos kontrolės įrenginį SPI (angl. *Solder Paste Inspection*) ir automatinės optinės patikros AOI įrenginius. SPI kontroliuoja lydmetalio pastos kokybę, o AOI stebi *Pick & Place* montavimo padėties ir *Reflow* krosnies litavimo procesų kokybę. Po AOI patikros spausdintinio montažo plokštė su komponentais PBA (angl. *Printed Board Assembly*) pereina bandymų ir surinkimo linijos procesą, kurio metu atliekami visi parametru funkciniai bandymai (1 pav.).

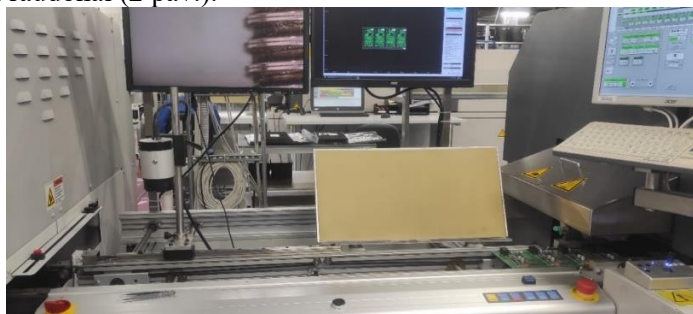


1 pav. Paviršinio montažo surinkimo linija [3]

SMD komponentų patikros procesas (1 pav.): susideda iš šių etapų:

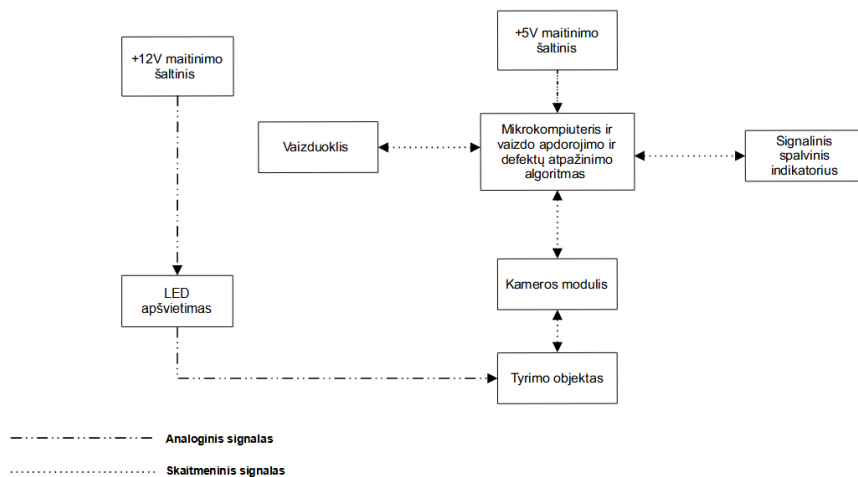
- Spausdintinės plokštės padengimo litavimo pasta. Pirmąją AOP patikrinamas lydmetalio pastos tepimas ant spausdintinės plokštės.
- Automatizuotos surinkimo mašinos sudeda komponentus nuo smulkiausių iki stambiausių.
- PCB su komponentais prieš litavimo procesą patikrinama vizualiai.
- Po šios kontrolės elektronikos gaminiai lituojami litavimo pečiuje. Šiame procese AOP sistema gali būti kaip pagalbinė priemonė operatoriui.
- Po litavimo proceso elektronikos gaminiai patenka į AOP įrenginį, kuriame yra analizuojama gaminio surinkimo kokybė.

Taupant gamybinį plotą, tikslinga naudoti kompaktišką ir autonomišką AOP sistemą (siūloma sistemos įrengimo vieta pažymėta raudonai (2 pav.).



2 pav. PCB vizualinės patikros vieta prieš litavimą
Šaltinis: sudaryta autorių

AOP sistemos struktūrinėje schemoje (3 pav.) grafiškai pateikiami ją sudarantys funkciniai blokai. AOP sistema sudaro šie pagrindiniai funkciniai mazgai: apšvietimo, fotografavimo valdymo ir vaizdo gavimo, vaizdo apdorojimo, defektų aptikimo.



3 pav. AOP sistemos struktūrinė schema
Šaltinis: sudaryta autorių

Išskiriami šie AOP sistemos funkciniai reikalavimai: etaloninės PCB atitiktis palyginimas su surinktos ir paruoštos lituoti plokštės vaizdu, PCB surinkimo kokybės įvertinimas, vizualinė indikacija, pažymint spėjamą defektą, komunikacija su išoriniais prietaisais sistemos valdymui, kameros modulio valdymas fiziniiais mygtukais, patikros rezultato išvedimas į ekraną, Interneto ryšys per WiFi arba Ethernet sąsają.

Reikiamam funkcionalumui užtikrinti AOP sistemos kameros raiška turi būti ne mažesnė nei 8 megapikselių. Tai susiję su santykinai didesnių komponentų paviršiuje paieška. Taip pat būtinas 12 V LED apšvietimas dėl savo gero pritaikomumo ir patogaus reguliavimo pagal konkrečius poreikius, nes šio tipo apšvietimas lengvai pritaikomas ir reguliuojamas pagal konkrečius poreikius, reguliuojant intensyvumą, spalvų temperatūrą ir pan. Taip pat reikalingas 5V nuolatinės įtampos maitinimo šaltinis silpnų srovių elektronikos prietaisų maitinimui. AOP didžiausia išėjimo srovė turi būti 3 A, siekiant užtikrinti sistemos komponentų sklandų darbą ir nepažeisti komponentų, kurie prijungti prie maitinimo šaltinio. Defektų aptikimui būtina įspėjamoji signalinė spalvinė sistema – nuokrypio nuo standarto perspėjimo signalas – indikatorius. Tai spalvinis šviesos signalo modulis, aktyvuojamas sistemos, pastebėjus defektus elektronikos plokštėje [1]. Vaizdų apdorojimui ir jų analizei būtina naudoti specialias bibliotekas (objektų atpažinimui, vaizdų filtravimui, kontūrų analizei, vaizdo apjungimui). Į AOP sistemą taip pat tikslinga integruoti mikrokompiuterį, kurio pagalba būtų galima atlikti skaičiavimus, programinio kodo projektavimo darbus ir užtikrinti AOP sistemos valdymo funkcijas.

Vaizdų apdorojimas ir proceso valdymas. AOP įterptinė sistema apdoroja vaizdus ir valdo SMT procesą. Atsižvelgus į fizinės erdvės apribojimus SMT linijoje, vaizdų apdorojimui ir proceso valdymui tikslinga naudoti mikrokompiuterį dėl jo mažų gabaritų, panašių funkcijų ir valdymo kaip stacionaraus kompiuterio bei autonomiškumo realizavimo galimybių. Ši sistema susideda iš mikrokompiuterio atminties, įvesties, išvesties sąsajų.

Pagrindinis mikrokompiuterių parametras, susijęs su vaizdinės informacijos apdorojimu, yra procesoriaus sparta bei sparčiosios atminties (RAM) dydis. Kaip papildomas funkcijas galima išskirti: komunikaciją su išoriniais įrenginiais, internetinę komunikaciją, įvairių operacinių sistemų palaikymą, vaizdų apdorojimo ir programinės įrangos suderinamumą, nuotolinį valdymą, maitinimo šaltinį.

Renkantis tinkamiausią mikrokompiuterių platformą AOP sistemai, nustatyta, kad, nors *Jetson Nano* yra skirtas dirbtinio intelekto kūrimui ir sudėtingo mašininio apsimokymo (angl. *Machine Learning*) užduotims, tačiau pasižymi dideliais gabaritais (aušinimo radiatorius užima daug vietos), palaiko ne visas reikalingas funkcijas, reikalingas AOP sistemai [6] Taip pat šis mikrokompiuteris nepalaiko belaidžio ryšio funkcijų. *Odroid N2+* mikrokompiuterio trūkumas – ribotas palaikymas, didelis energijos suvartojimas [8]. *Raspberry Pi 4B* savo universalumu ir funkcinėmis galimybėmis (palaiko prisijungimo prie belaidžio interneto ryšio galimybes, suderinamas su visomis operacinėmis sistemomis, nesudėtingas nuotolinis valdymas per kitą kompiuterį) bei techninio palaikymo galimybėmis nulemia jo pasirinkimą AOP sistemai [13].

Atvirojo kodo programavimo bibliotekų, skirtų vaizdų apdorojimo užduotims spręsti, yra nemažai. Todėl atsižvelgus, kad AOP sistema turi analizuoti vaizdus realiu laiku, apžvelgiamos bibliotekos, kurios optimaliai atlieka šią užduotį:

1. *OpenCV* - atvirojo kodo kompiuterinės regos ir mašininio mokymosi programinės įrangos biblioteka, sukurta siekiant paspartinti mašininio mokymosi panaudojimą komerciniuose produktuose [4, 10]. Naudojama objektų aptikime ir analizavime, žmonių veidų atpažinime, gestų analizavime ir kt. Suderinama su *Python* ir *C++*.

2. *Scikit-Image*, naudojama prižiūravimo ir neprižiūravimo mašininio mokymosi įrankių (angl. *Supervised and Unsupervised Mashine Learning*).

3. *Python* biblioteka, naudojama vaizdams apdoroti.

4. *NumPy* – naudojama vaizdo duomenų masyvams apdoroti.

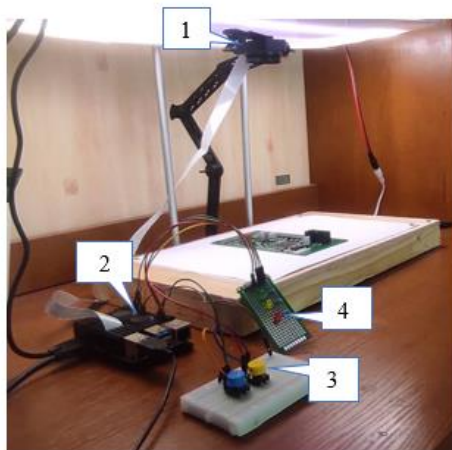
Profesionali programinė įranga dažniausiai skirta konkrečioms AOP sistemoms, nėra atvirojo kodo ar adaptuojama uždaro standarto įrenginiams ar sistemoms, pasižymi aukšta kaina ir gali kilti keblumų dėl licencijavimo. *Python* - nesudėtinga net ir neigudusiam vartotojui programavimo kalba, turi platų pritaikymą įvairioms užduotims atlikti, pasižymi nesudėtinga sintakse, tinka prototipo projektams. *C++* naudojama įterptinėse sistemose, pasižyminti greitu kompiliavimu programavimo kalba. Gali kilti papildomų sunkumų dėl to, kad ne visos vaizdų apdorojimo bibliotekos yra pritaikomos šiai programavimo kalbai. *ScikitImage* naudojama tik *Python* biblioteka, todėl, naudojant *C++* programavimo kalbą, reiktų ieškoti alternatyvų. Tad AOP sistemos funkcionalumo užtikrinimui vaizdų analizės srityje geriausiai tiktų *OpenCV* biblioteka dėl savo universalumo tiek *Python*, tiek *C++* kalboms [4, 10].

Ispėjamoji spalvinė indikacija. AOP sistema į defektus turi reaguoti spalvine indikacija. Tam tikslinga sumaketuoti trijų LED spalvų plokšę, remiantis *Adon* ir *Lean* gamybos specifikacija [1]. Ši metodika suteikia operatoriams galimybę priimti sprendimus gamybos srityje nelaukiant vadovų patvirtinimo. *Adon* sistema - būdas operatoriams stebi gamybą nestabdant linijos, kai pagrindinis dėmesys skiriamas problemoms, defekto priežasties paieškai, siekiant kuo greičiau rasti sistemos sprendimą. *Adon* įspėja operatorių, kad yra problema [1]. Tipiškai *Adon* naudojama spalvinė indikacija: žalia parodo, kad viskas puiku, surinkimas ir litavimas tęsiasi, geltona - aptikta problema, kurią sprendžia operatorius, tačiau problema mažareikšmė ir STM linija nestabdoma; raudona - aptiktas defektas, ir STM linija laikinai stabdoma, kol problema bus pašalinta.

Aptarus technologijas, siūloma tokia AOP sistemos specifikacija:

- 5 voltų maitinimo šaltinis.
- Kameros modulis *Raspberry Pi V2*.
- Mikrokompiuteris *Raspberry Pi 4B+*.
- *Adon* signalinė sistema.
- Valdymas mygtukais.

AOP sistemos prototipo kameros laikiklis įtvirtintas maketo pagrinde ties viduriu, yra reguliuojamo aukščio ir turi galimybę koreguoti kameros matymo kampą (4 pav.). Taip užtikrinamas paprastesnis naudojimas, nesudėtingai sureguliuojama norima kameros pozicija iki tiriamo objekto, neišardant ir nepermontuojant maketo konstrukcijos, bei nekeičiams apšvietimo aukščio. Šiuo atveju stebimi šviesos atspindžiai nuo tiriamo objekto. Siekiant kuo labiau suvienodinti ir išsklaidyti šviesą, LED profiliai uždengiami baltu polietilenu, integruojamas baltas polivinilchlorido stiklas.



4 pav. Surinktas AOP sistemos maketas: 1 - kameros modulis, 2 – mikrokompiuteris, 3 - fotografavimo valdymo mygtukai, 4 - LED signalinė indikacija.

Šaltinis: sudaryta autorių

Ši sistema gali būti integruojama kaip vizualinės patikros pagalbinė priemonė prieš litavimą visų komponentų pozicijų analizei bei jų sudėjimo poliškumo kontrolei. Taip pat šią sistemą galima pritaikyti ne tik paviršinio montažo, bet ir selektyvinio litavimo procese.

PCB surinkimo kokybės įvertinimas

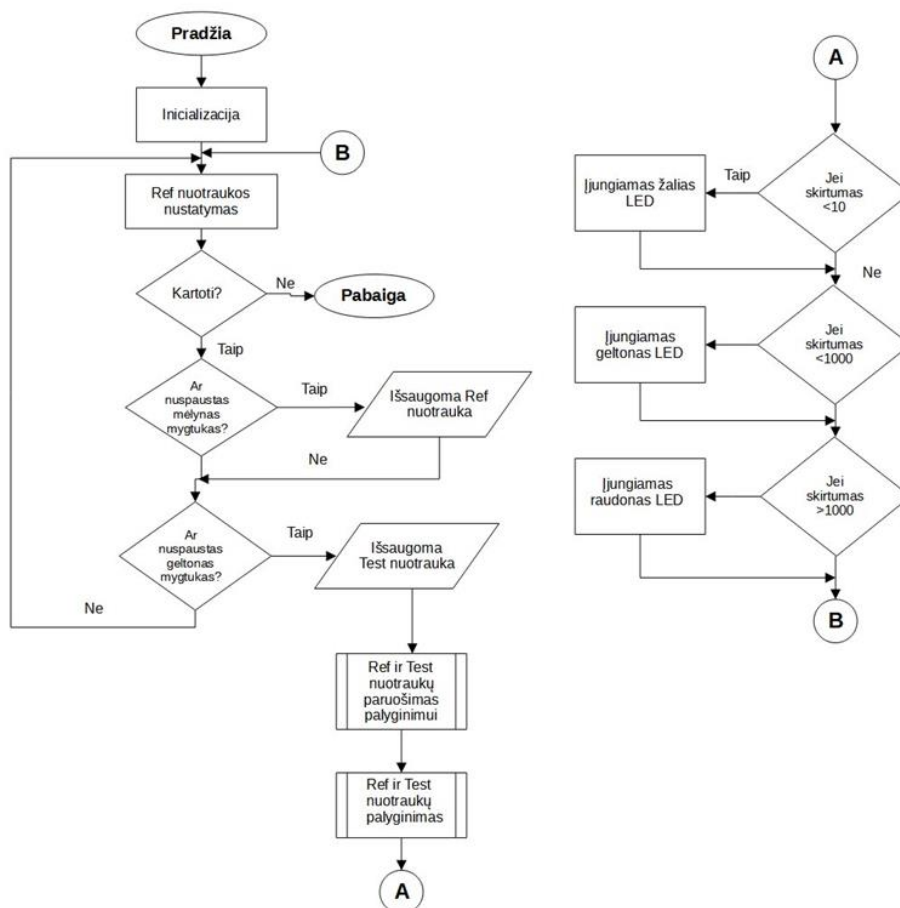
PCB defektai nustatomi lyginant testuojamos PCB nuotrauką su tinkamai surinktos PCB pavyzdine nuotrauka. AOP tyrimo objektas yra surinkta PCB (PBA) (5 pav.).



5 pav. PCB su komponentais
Šaltinis: sudaryta autorių

Šis elementas bus naudojamas, defektų atpažinimo algoritmo sudarymui, taip pat atliekant bandymo ir testavimo darbus.

Defektų aptikimo programos algoritmas pateiktas 6 paveikslėlyje.

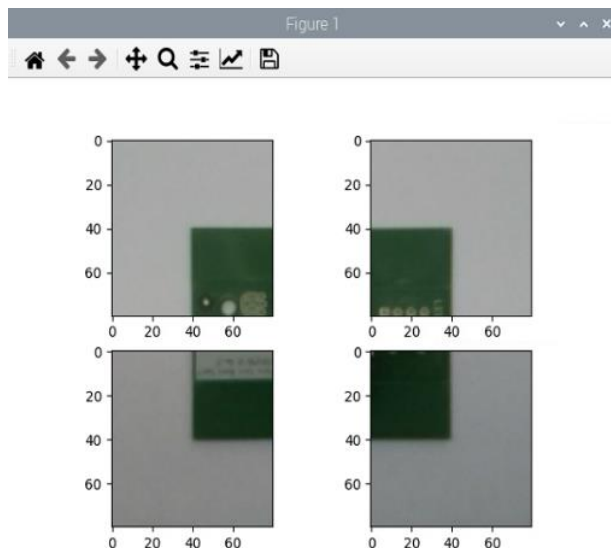


6 pav. PCB kokybės įvertinimo algoritmas
Šaltinis: sudaryta autorių

Vaizdų apdorojimas prasideda nuo kameros inicializavimo. Programa gali būti naudojama dviem būdais: išsaugojama pavyzdinė nuotrauka ("Ref") palyginimui arba dviejų lyginamų tarpusavyje elektronikos gaminių fotografavimas paėiliui. Pasirinktas pirmasis metodas. Nuspaudus geltoną mygtuką, fotografuojama tiriamą plokštę. Vyksta nuotraukų paruošimas palyginimui, parametrų nustatymai: nuotraukos kampų radimas ir kampų transformacija, kalibravimas. Tada atliekamas nuotraukų palyginimas apskaičiuojant skirtumus tarp pavyzdinės ir testuojamos plokštės nuotraukų. Aktyvuojama signalinė spalvinė LED indikacija. Neradus jokių

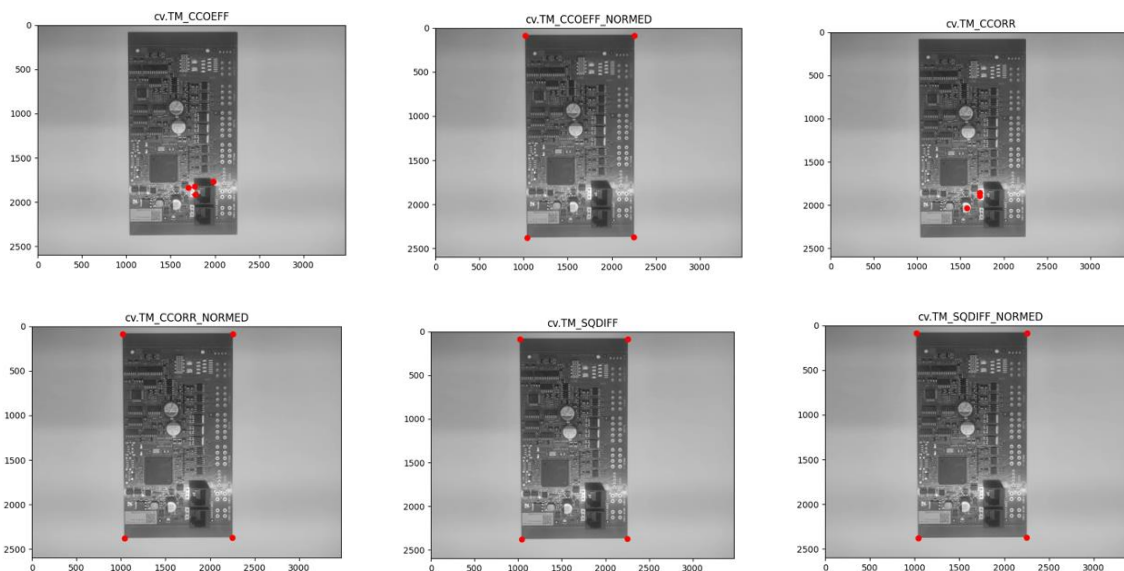
defektų nufotografuotoje plokštėje pagal nustatytą pikselių slenkstinį skirtumą, uždegamas žalios spalvos LED, kuris parodo, kad viskas gerai - procese neatitikimų nerasta. Jeigu aptinkami nesudėti komponentai ir pikselių skirtumas peržengia nustatytas ribas, raudonos spalvos LED parodo, kad rastas defektas. Geltona spalva pažymi, kad rastas nedidelis skirtumas ir kad reikėtų atidžiau patikrinti ar nėra surinkimo defektų arba pakartoti įvertinimo procesą (6 pav.).

PCB kampų aptikimo metodų analizė. PCB gali būti padėta and maketo pagrindo ne toje pačioje vietoje (7 pav.). Todėl programa turi automatiškai aptikti kur PCB yra padėta. PCB padėtį nuotraukoje galima nustatyti aptinkant PCB kampus. Tai galima padaryti naudojant tiriamos PCB nuotraukos koreliaciją su pavyzdinės nuotraukos PCB kampų vaizdais (šablonais (angl. *Templates*)) (7 pav.).



7 pav. Pavyzdinės PCB kampai
Šaltinis: sudaryta autorių

OpenCV biblioteka kampų aptikimą pagal šablonus gali atlikti skirtingais metodais, todėl būtinas detalesnis tyrimas, kuris leistų įvertinti, kurie metodai tiksliai aptinka testuojamos PCB kampų koordinatas. Skirtingų palyginimo metodus kampų aptikimui taikoma funkcija *cv.matchTemplate(image,template,method)* (8 pav.).



8 pav. PCB kampų aptikimo metodų palyginimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Gauti tyrimo rezultatai parodė, kad *TM_CCOEFF* ir *TM_CCORR* metodai netinka kampų ir PCB pozicijos nustatymui. Atliekant pakartotinius palyginimus su skirtingomis testuojamos PCB nuotraukomis buvo nustatyta, kad *TM_CCORR_NORMED* metodas duoda geriausius rezultatus.

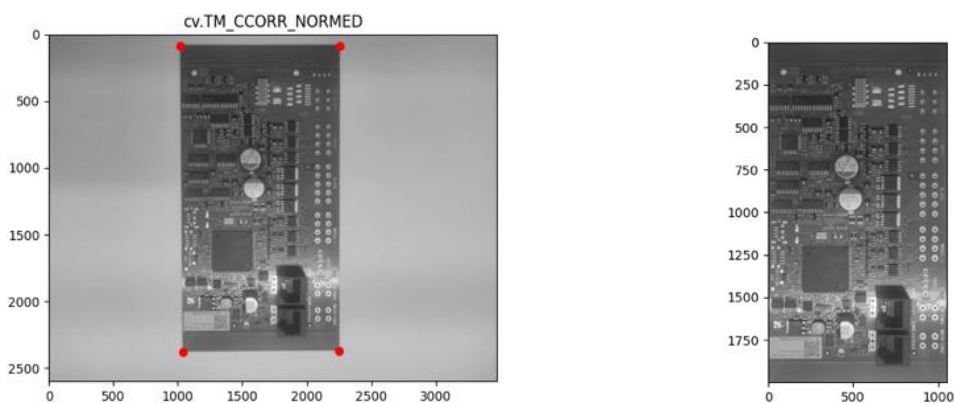
2) *Perspektyvinių iškraipymų atitaisymas*. Kita problema yra tai, kad, padėjus PCB ant stendo pagrindo ir darant nuotrauką, PCB gali būti nufotografuota su perspektyviniu iškraipymu. Todėl, prieš palyginant, reikia atitaisyti perspektyvos iškraipymus, kad nuotrauka atrodytų lyg būtų padaryta su kamera, kuri yra tiesiai virš PCB. Tai galima padaryti naudojant OpenCV komandas *getPerspectiveTransform* ir *warpPerspective*. Pirmoji komanda apskaičiuoja perspektyvinių transformacijų matricią:

$M = cv.getPerspectiveTransform(input_corner_coords, output_corner_coords),$

o antroji pagal ją atlieka perspektyvinių iškraipymų pašalinimą:

$fixed_img = OpenCV.warpPerspective(img, M, (maxWidth, maxHeight), flags=cv.INTER_LINEAR).$

Tuo pačiu atliekamas ir testuojamos nuotraukos apkarpymas - suformuojama reikiamo dydžio (maxWidth, maxHeight) paveiksluko nuotrauka, kurioje yra tik PCB (9 pav.).

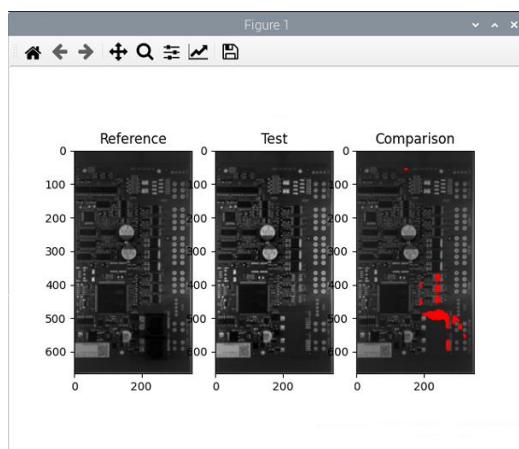


9 pav. Tiriamos PCB nuotrauka prieš (kairėje) ir po (dešinėje) perspektyvinės transformacijos
Šaltinis: sudaryta autorių

Pavyzdinė nuotrauka paruošiama tokiu pačiu metodu. Todėl testuojamos PCB paveiksluko dydis tiksliai atitinka pavyzdinės PCB dydį.

3) *Defektų nustatymo pagal nuotraukų skirtumus algoritmo derinimas*. Skirtumai tarp atraminės ir testuojamos plokštės nuotraukų yra galimi ne tik dėl komponentų surinkimo defektų, bet ir dėl skirtingo apšvietimo ar nevienodo PCB padėjimo darant nuotraukas. Todėl būtina nuotraukų palyginimo algoritmą atiderinti taip, kad būtų rodomos tik tos vietos kur yra komponentų defektai, o ne, pavyzdžiui, skirtingai apšviestos vietos.

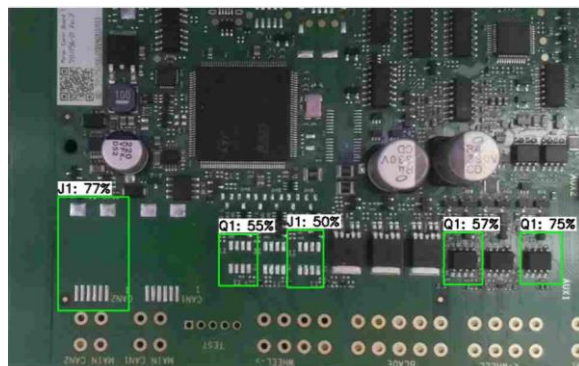
Vaizdas konvertuojamas į nespaltotą ir apskaičiuojamas absoliutinis skirtumas tarp pavyzdinės ir testuojamos PCB nuotraukų. Parinkus slenkstinę reikšmę, pagal kurią galima nufiltruoti nežymius skirtumus, kurie atsiranda dėl apšviestumo nevienodumo, galima atvaizduoti vietas tiriamos PCB nuotraukoje, kur yra netinkamai sudėti komponentai - tikrintinos PCB vietos parodomos raudona spalva. Palyginimo nuotraukos (*Comparison*) pavyzdyje automatiškai aptiktos ir parodytos vietos, kuriose trūksta sudėtų komponentų (10 pav.).



10 pav. Automatinės optinės patikros rezultato išvedimas
Šaltinis: sudaryta autorių

Pagal skaitinį įvertį, kuriam apskaičiuoti naudojama gauta informacija apie reikšmingus skirtumus tarp pavyzdinės ir testuojamos PCB vaizdų, valdoma AOP signalinė LED indikacija.

4) *AOP derinimas naudojant mašininį mokymą.* AOP sistemai naudojamas nuotraukų analizės metodas pagal pikselių skirtumą nuotraukose. Analizuoti objektus galima ir naudojant mašininį mokymą. Palyginimui naudotas prižiūrėtas mokymasis (angl. *Supervised Learning*) [11], kada apmokymui naudojamos nuotraukos su žinomais rezultatais. Šiam metodui būtinas duomenų rinkinys (angl. *Datasets*), kurį sudaro 450 vnt nuotraukų rinkinys, fotografuojant įvairiais kampais su komponentais (PBA), be komponentų (PCB), taip pat įvairiais apšvietimo lygiais. Rezultatai pateikti 11 paveikslėlyje.



11 pav. Defektų vietų lokalizacija ant PSB

Šaltinis: sudaryta autorių

Tačiau šis metodas nesuteikė norimų rezultatų. Algoritmas neteisingai interpretavo komponentų pozicijas, taip pat neaptiko jų trūkumo. Pastebėta, kad, analizuojant plokštę visu masteliu, komponentų aptikimas buvo labai netikslus. Priartinus gaminių arčiau kameros, komponentų „pastebima“ daugiau, tačiau išlieka netikslus jų pozicijų nustatymas. Algoritmas neatskiria esančio komponento nuo trūkstamo. Naudojant šią analizavimo sistemą, geriausias rezultatas gaunamas apdorojus 1000 vnt ir daugiau objekto nuotraukų. Deja, tai užtrunka, nes komponentų nužymėjimas ir duomenų rinkinio paruošimas atliekamas neefektyviai - rankiniu būdu.

Tikslinga tobulinti AOP sistemos vartotojo sąsają, pritaikant ją įvairių gaminių tikrinimui. Taip pat tikslinga praplėsti AOP sistemos funkcionalumą į visiškai automatinę, galinčią stebėti gaminių surinkimo kokybę visos gamybos metu. Aptikus defektus, būtų stabdomas litavimo procesas, įspėjant apie tai garsine ir Andon indikacija.

Taip pat tikslinga papildyti mašininį mokymąsi išplečiant nustatomų defektų aibę, pvz., aptinkant ne tik trūkstamus, bet ir apverstus, pasislinkusius arba pažeistus komponentus.

Išvados

1. Pagrindiniai AOP sistemos funkciniai blokai: kameros modulis, apšvietimo sistema, sprendimų priėmimo blokas, išspėjimo signalinė spalvinė sistema. Įvertinus fizinius ir funkcinius reikalavimus AOP sistemai (kameros raiška ≥ 8 megapikselių, 12 V LED apšvietimas, 5 V nuolatinės įtampos maitinimo šaltinis silpnų srovių elektronikos prietaisų maitinimui, 3 A didžiausia išėjimo srovė, pati sistema turi būti mobili, kompaktiška ir autonomiška), parinktas „Raspberry Pi V2“ kameros modulis, „Raspberry Pi 4B“ mikrokompiuteris, „Adon“ signalinė sistema, pasiūlyta realizuoti AOP sistemos valdymą mygtukų pagalba.

2. Integruotas apšvietimas neužtikrina geros šviesos kokybės (sukeliami atspindžiai), dėl to sunku išvelgti komponentų kryptis. Todėl pasirinktas *Raspberry Pi V2* 8 megapikselių kameros modulis be integruoto apšvietimo, kuriam rekomenduojama naudoti papildomą apšvietimą.

3. AOP sistemos sprendimų priėmimo blokui pasirinktas *Raspberry Pi 4B+* platformos mikrokompiuteris dėl jo naudojimo universalumo, nesudėtingo nuotolinio valdymo bei techninio palaikymo galimybių. AOP sistemos vaizdų palyginimo funkcijai artimiausia *OpenCV* biblioteka dėl savo universalumo *Python* ir *C++* programavimo kalboms.

4. Mašininio mokymo algoritmas testavimo metu atskleidė, kad testavimo patikimumui būtina apdoroti bent 1000 vnt objekto nuotraukų. Kitu atveju neteisingai interpretuojamos komponentų pozicijos, neaptinkami komponentai, ypač analizuojant plokštę visu masteliu. Esant mažesnei apmokymų aibe, net ir priartinus gaminių arčiau kameros, išlieka netikslus jų pozicijų nustatymas.

5. Ištyrus PCB nuotraukų apdorojimo metodus, nustatyta, jog *TM_CCOEFF* ir *TM_CCORR* metodai netinka kampų ir PCB pozicijos nustatymui. *TM_CCORR_NORMED* metodas duoda geriausius rezultatus, atliekant pakartotinius palyginimus su skirtingomis testuojamos PCB nuotraukomis.

Literatūra

1. A Guide to Andon in Lean Manufacturing [žiūrėta 2023-03-06]. Prieiga per internetą: <https://www.lucidchart.com/blog/guide-to-andon-in-lean-manufacturing>
2. Automated Optical Shaping [žiūrėta 2022-11-21]. Prieiga per internetą: [Automated Optical Shaping | KLA](#)
3. Complete Surface – Mount Technology (SMT) Line Lab Solution [žiūrėta 2023-04-27]. Prieiga per internetą: www.complete-surface-mount-technology-smt-line-lab-solution
4. Yongbing Zh., Minghao Y., Jian Zh., Guofu D., Shengfeng Q. Review of vision-based defect detection research and its perspectives for printed circuit board, Vol. 70, 2023, p. 557-578 [žiūrėta 2023-11-10]. Prieiga per internetą: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0278612523001693>
5. Korodi A., Anitei D., Boitor A., Silea I. Image-Processing-Based Low-Cost Fault Detection Solution for End-of-Line ECUs in Automotive Manufacturing, 2020 Jun; 20(12): 3520 [žiūrėta 2023-05-28]. Prieiga per internetą: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7349585/>
6. Mikrokompiuteriai [žiūrėta 2023-06-02]. Prieiga per internetą: www.anodas.lt/nvidia-jetson-nano
7. Moganti M., Ercal F., Dagli C. H., Tsunekawa S. Automatic PCB Inspection Algorithms: A Survey. In: Computer Vision and Image Understanding 63.2 (1996), p.287–313 [žiūrėta 2023-05-12]. Prieiga per internetą: : <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S107731429690020X?via%3Dihub>
8. ODROID Review: Good Raspberry Pi Alternative [žiūrėta 2023-05-12]. Prieiga per internetą: <https://www.zimaboard.com/blog/odroid-review.html>
9. Ondřej Kunte. Automatic Optical Inspection of Printed Circuit Boards: Bachelor degree; Czech Technical University in Prague Faculty of Electrical Engineering, Department of Cybernetics .- Prague, 2018 – 10 psl.
10. OpenCV. About [žiūrėta 2022-11-29]. Prieiga per internetą: <https://opencv.org/about/>
11. SAKI 3D AOI Machine [žiūrėta 2022-11-20]. Prieiga per internetą: https://smtnet.com/company/index.cfm?fuseaction=view_company&company_id=58499&component=catalog&catalog_id=170882
12. Sifundvolesihle D., Chung-Feng J. K., Shin-Min Ch. Developing a surface mount technology defect detection system for mounted devices on printed circuit boards using a MobileNetV2 with Feature Pyramid Network, Volume 121, May 2023, 105875 [žiūrėta 2023-09-14]. Prieiga per internetą: www.Developing a surface mount technology defect detection system for mounted devices
13. Tutorial about Mashine Leraning [žiūrėta 2023 04-08]. Prieiga per internetą: <https://Raspberry Pi Guide.md>

RESEARCH OF IMAGE PROCESSING METHODS FOR AOP SYSTEM

Summary

The Automated Optical Inspection (AOP) system helps assess the assembly quality of an electronics product by detecting differences between the template and the assembled product and alerting you to inconsistencies found in the product. As a result, the number of defects, repair time and costs of very expensive electronic products are reduced. After discussing the AOP technology, the authors of the article proposed a conceptual solution for this system, which would allow detection of PCB defects at various stages of PCB assembly in the SMT line. In order to save production space, such an AOP system must be small in size, mobile, cost-effective and ergonomic. In the article, special attention was paid to determining the suitability of the angles and position of the PCB. The analysis of various PCB image processing methods made it possible to determine that the TM_CCORR_NORMED method is best suited for visual control.

Key words: AOP system, SMT, PCB, image processing.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Eugenija Antonovaitė.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vieta ir pozicija: Realtime Technologies Ltd, gamybos operatorius.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: įterptinės sistemos.

Telefonas ir el. pašto adresas: +353 872692479, augute.a@gmail.com.

Autoriaus vardas, pavardė: Paulius Tervydis.

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktaras.

Darbo vieta ir pozicija: VšĮ Kauno technologijos universiteto, Elektros ir elektronikos fakulteto, Elektronikos katedros docentas. VšĮ Kauno technikos kolegijos, Inžinerijos mokslų fakulteto, elektronikos technikos studijų programos docentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: telekomunikacijų tinklai, tinklų modeliavimas ir jų charakteristikų analizė, vaizdų apdorojimas.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 600 99320, paulius.tervydis@ktu.lt

Autoriaus vardas, pavardė: Rūta Jankūnienė.

Mokslo laipsnis ir vardas: mokslų daktarė.

Darbo vietą ir pozicija: Kauno technikos kolegija, Inžinerijos mokslų fakultetas, Elektronikos technikos studijų programos kuratorė, docentė.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: optinių ir belaidžių tinklų darbingumo modeliavimas, duomenų analitika.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 652 19844, ruta.jankuniene@edu.ktu.lt

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Eugenija Antonovaitė.

Science degree and name: -

Workplace and position: Realtime Technologies Ltd., Production Operative.

Author's research interests: embedded systems.

Telephone and e-mail address: +353 872692479, augute.a@gmail.com.

Author name, surname: Paulius Tervydis.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, studies program of Electronics Engineering, associated professor. Kaunas University of Technology, Faculty of Electric and Electronic Engineering, Department of and Electronic Engineering, associated professor.

Author's research interests: telecommunication networks, modeling of networks and analysis of their characteristics, image processing.

Telephone and e-mail address: +370 600 99320, paulius.tervydis@ktu.lt

Author name, surname: Rūta, Jankūnienė.

Science degree and name: doctor.

Workplace and position: University of Applied Engineering Sciences, Faculty of Engineering Sciences, curator of studies program of Electronics Engineering, associated professor.

Author's research interests: optical and wireless networks performance simulation, data analytics.

Telephone and e-mail address: 8 652 19844, ruta.jankuniene@edu.ktk.lt

RADIJO BANGŲ SKLIDIMO 3GPP TR 38.900 IR SPM MODELIAIS TYRIMAS 5G TINKLE

Stasys Kašėta
Kauno technikos kolegija

Anotacija

Radio tinklo matavimų vertės, surinktos iš realiame laike Kaune veikiančios 5G tinklo stoties, lyginamos su 3GPP TR 38.900 (3rd Generation Partnership Project) ir standartinio Okumura Hata (toliau jis įvardijamas kaip Standard Propagation Model (SPM)) radio bangų sklidimo modelių prognozuojamomis vertėmis. Šio darbo tikslas – ištirti 3GPP TR 38.900 ir SPM radio bangų sklidimo modelių tinkamumą 5G tinklo planavimui. Nustatytas 3GPP TR 38.900 ir SPM radio bangų sklidimo modelių tinkamumas 5G tinklo planavimui konkrečiomis aplinkos sąlygomis.

Reikšminiai žodžiai: radio ryšio tinklas, radio bangų sklidimas, 5G tinklas.

Įvadas

Belaidžiam tinklui skverbiantis į aukštesnių dažnių diapazonus iškyla nauji iššūkiai milimetrinių bangų panaudojimui. Milimetrinės bangos pasižymi sklidimo praradimais, laiko delsimu, bangų sklaidos nuostoliais ir kitais signalų sklidimo pablogėjimais. Todėl, siekiant geresnio signalo našumo belaidžiam tinkle, labai svarbus signalo sklidimo parametrų optimizavimas.

Lietuvoje jau senokai veikia turintis daug bazinių stočių 4G tinklas, todėl iš pradžių šio tinklo bazėje buvo realizuotas 5G tinklas ir komerciniais tikslais išbandytas 2100 ir 3500 MHz dažnių juostose „Non-Stand-Alone“ režime. Šis režimas leido 5G tinklą greitai įdiegti ir išbandyti veikiančiame 4G tinkle. Taip buvo sumažintos pradinės investicijos ir sutrumpintas technologijos įdiegimo laikas. Naudojant šį režimą reikalinga atskira 5G bazinė stotis su 4G tinklo pagrindine siuntimo įranga.

Norint įdiegti 5G tinklą realaus laiko aplinkoje, geriau yra planuoti ir numatyti scenarijų modeliuojant, ir patikrinti ar nėra radio bangų kelio praradimų toje aplinkoje. 5G tinklo programinė įranga leidžia operatoriams prisijungti prie jau esamo radio ryšio tinklo jo planavimui ir optimizavimui.

Mobiliojo ryšio parametrų įvertinimui gali būti naudojami skirtingi radio bangų sklidimo modeliai. Radio tinklo skirtingų parametrų tyrimams tinka tik keli radio bangų sklidimo modeliai. Kai kurie iš jų, tokie kaip Aster, SPM, 3GPP TR 38.900 modeliai (Standard ETSI, 2017) ir kt. yra naudojami ir geriausiai tinka tam tikroms dažnių juostoms bei naudojamoms technologijoms. Kiekvienas modelis turi savo taikymo specifiką bei savų apribojimų, todėl, atsižvelgiant į technologinius poreikius, svarbu pasirinkti tinkamą bangų sklidimo modelį. Aster bangų sklidimo modelio matavimo metodika ir tyrimo rezultatai buvo pateikti ankstesniame darbe (Kašėta, 2023).

Darbo tikslas – ištirti 3GPP TR 38.900 ir SPM radio bangų sklidimo modelių tinkamumą 5G tinklo planavimui. Analizuojant priimto signalo skirtingus kokybės parametrus, tokius kaip RSRP (angl.: Reference Signal Received Power), galima išrinkti tinkamiausią radio bangų sklidimo modelį esamose aplinkos sąlygose.

Darbo uždaviniai:

1. Išanalizuoti 3GPP TR 38.900 ir SPM radio bangų sklidimo modelius ir pateikti jų skaičiavimo matematinės išraiškas.
2. Pateikti 5G lauko matavimų metodiką matuojant signalo kokybę pagal RSRP parametro kitimą.
3. Pateikti išmatuotų ir pagal 3GPP TR 38.900 modelį suskaičiuotų signalo sklidimo verčių palyginimą.
4. Pateikti išmatuotų ir pagal SPM modelį suskaičiuotų signalo sklidimo verčių palyginimą.
5. Pateikti apibendrinančią išvadą apie aukščiau minėtų modelių tinkamumą 5G tinklo modeliavimui.

3GPP TR 38.900 ir SPM radio bangų sklidimo modeliai

3GPP TR 38.900 sklidimo modelis yra pusiau deterministinis spindulių sklidimo modelis, apimantis įvairius radio bangų sklidimo būdus ir tinkamas naudoti radio signalui nuo 1 GHz iki 100 GHz dažniu. Modelio 3GPP TR 38.900 (MacCartney, 2017) radio spindulio kelio praradimo formulė spinduliui plintant miesto sąlygomis *UMa* (angl.: urban macrocell) yra:

$$PL_{UMa-LOS}[dB] = \begin{cases} PL_1 & 10m \leq d_{2D} \leq d'_{BP} \\ PL_2 & d'_{BP} \leq d_{2D} \leq 5km \end{cases} \quad (1)$$

Čia

$$PL_1[dB] = 32.4 + 20\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c), \quad (2)$$

$$PL_2[dB] = 32.4 + 40\log_{10}(d_{3D}) + 20\log_{10}(f_c) - 10\log_{10}((d'_{BP})^2 + (h_{BS} - h_{UT})^2), \quad (3)$$

čia f_c – centrinis dažnis (GHz); h_{BS} – bazinės stoties aukštis (m); h_{UT} – vartotojo terminalo aukštis (matavimo metu apie 1 m); d_{2D} – atstumas nuo dviejų dimensijų siųstuvo iki imtuvo (m); d_{3D} – atstumas nuo trijų dimensijų siųstuvo iki imtuvo (m); d'_{BP} – dviejų dimensijų lūžio taško matmuo išilgai plokščios žemės (metrais).

Standartiniam bangų sklidimo modeliui naudojamos SPM formulės (De Freitas, 2017) yra pritaikytos atitinkamam darbo dažniui, kuris paprastai būna nuo 150 MHz iki 3500 MHz. Standartinio bangų sklidimo modelio radijo spindulio kelio praradimo formulė spinduliui plintant miesto sąlygomis yra:

$$L[dB] = K_1 + K_2 \log d + K_3 \log h_{te} + K_4 * (Diffraction\ loss) + K_5 \log d * \log h_{te} + K_6 h_{re} + K_7 \log h_{re} + K_{clutter} * f_{clutter} + K_{hill.LOS} , \quad (4)$$

čia K_1 – pastovus radijo atspindys (dB); K_2 – tai $\log d$ daugiklis; d – atstumas tarp imtuvo ir siųstuvo (m); h_{te} – siųstuvo antenos efektyvusis aukštis (m); K_3 – tai h_{te} koeficientas; K_4 – difrakcijos skaičiavimo daugiklis; K_5 – tai $\log d * \log h_{te}$ daugiklis; K_6 – tai h_{re} daugiklis; K_7 – tai $\log h_{re}$ daugiklis; h_{re} – imtuvo mobiliosios antenos efektyvusis aukštis (m); $K_{clutter}$ – tai $f_{clutter}$ daugiklis; $f_{clutter}$ – vidutiniai svertiniai nuostoliai dėl išsibarstymo; $K_{hill.LOS}$ – korekcinis koeficientas kalvotiems regionams.

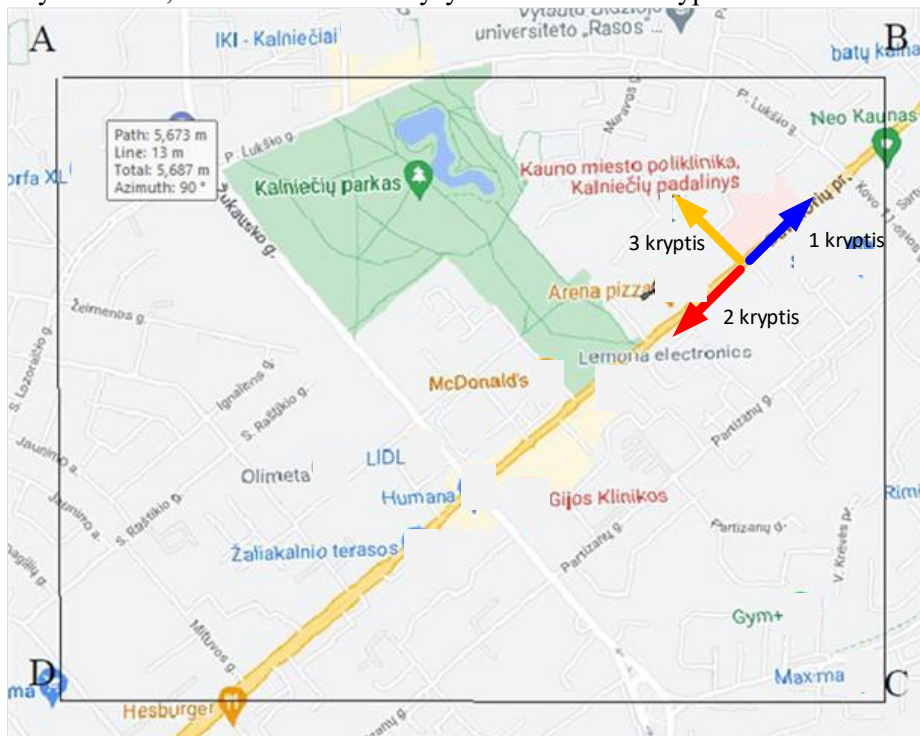
Šie bangų sklidimo modeliai tolimesniam modeliavimui pasirinkti todėl, kad jie buvo tinkami modeliuoti radijo bangų sklidimą miesto sąlygomis 4G tinklui.

Tyrimo vietovės geografinė padėtis ir matuojami parametrai

Tyrimams naudojama koordinacių sistema WGS 84 / UTM zona 31-N. Matavimų zonos koordinatės: A - 688308.23 ir 6090554.82; B - 689928.81 ir 6090554.82; C - 689929.47 ir 6089326.49; D - 688323.45 ir 6089329.14 pateiktos 1 paveiksle.

Konkreiems matavimams atlikti pasirinkta Kauno mieste Savanorių prospekte įdiegta 5G bazinė stotis, kurios koordinatės yra 689494.22 ir 6090141.7. Matavimams naudojamas 5G tinklo technologiją palaikantis telefonas Poco M3 Pro. Skirtingos bazinės stoties elektromagnetinio lauko parametų reikšmės nurodomos parodytomis trimis kryptimis ir skirtingu atstumu nuo siųstuvo.

5G lauko kokybės parametų matavimai buvo vykdomi 5G telefonu kas 10 metrų nuo bazinės stoties. Telefonas buvo laikomas apie 1,5 metro nuo žemės paviršiaus ir jis veikė laukimo režime. Vykdamatavimus buvo žymimos kiekvienos matavimo vietos geografinės koordinatės. Judant 1 pav. nurodytomis kryptimis matavimai buvo vykdomi tol, kol nutrūkdavo 5G ryšys visomis trimis kryptimis.



1 pav. Matavimų darbo zona su nurodytomis matavimų kryptimis

Šaltinis: sudaryta autoriaus

5G tinklo aprėpties formavimui bazinėje stotyje buvo naudojama Ericsson AIR 3278 B78K antena veikianti 3750 MHz dažniu.

Buvo matuojama sinchronizacijos signalo RSRP vertė. Tai vidutinė galia, gaunama iš priimto SS (sinchronizacijos) signalo. Gaunamo RSRP signalo diapazonas yra nuo -44 dBm iki -140 dB (Nugraha, 2022). Išmatuota RSRP vertė naudojama tam, kad palyginti ją su prognozuojama RSRP verte skirtingiems bangų sklidimo modeliams. RSRP reikšmė suteikia vartotojo terminalui reikiamą informaciją apie celių, kuriose pasireiškia signalo nuostoliai, stiprumą.

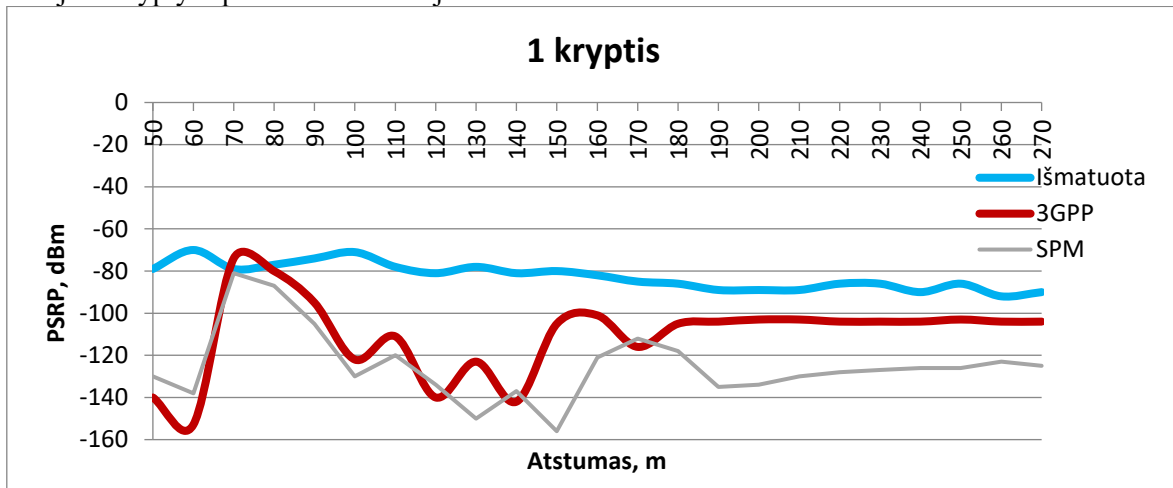
Šiame straipsnyje pateikti matavimo ir RSRP vertės skaičiavimo (prognozavimo) pagal aukščiau nurodytus bangų sklidimo modelius rezultatai pasirinktoje ryšio lauko erdvėje.

3GPP TR 38.900 ir SPM sklidimo modelių skaičiavimo ir matavimo rezultatai

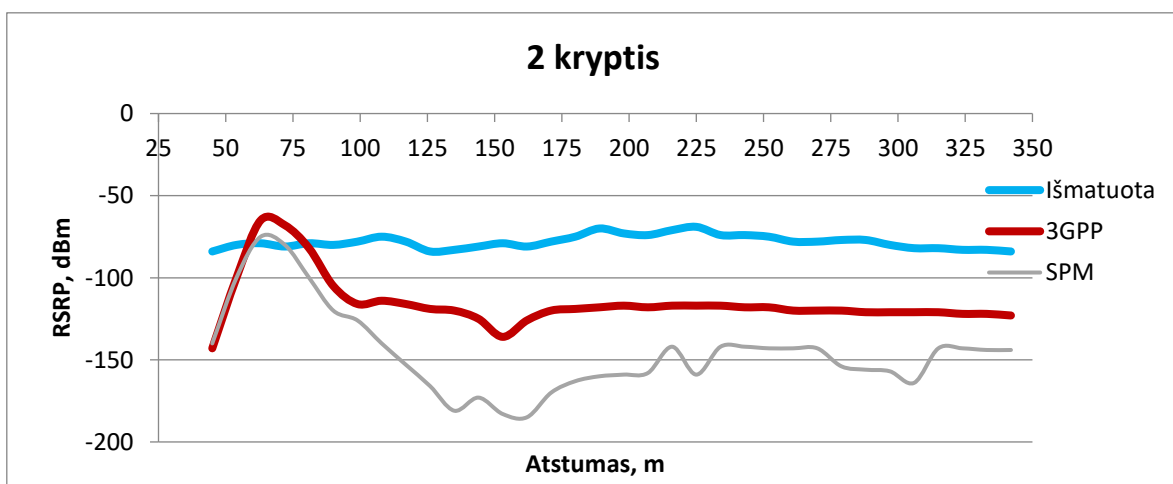
Atlikus eksperimentinius matavimus, išmatuoto RSRP parametro vertės (mėlyna spalva) lyginamos su 3GPP TR 38.900 (ruda spalva) ir SPM (žalia spalva) bangų sklidimo modelių pagalba suskaičiuotomis prognozuojamomis RSRP vertėmis (2, 3, ir 4 pav.). 3GPP TR 38.900 ir SPM modelių parametru matavimai ir skaičiavimai pateikti visomis trimis matavimo kryptimis (žr. 1 pav.).

3GPP TR 38.900 ir SPM modelių efektyvumas buvo įvertintas remiantis trimis skirtingais statistiniais parametrais (vidurkiu, standartiniu nuokrypiu ir šaknies vidurkio kvadratu), kurie leido įvertinti lauko sąlygomis išmatuotų ir prognozuojamų RSRP verčių rezultatų nesutapimo dydį.

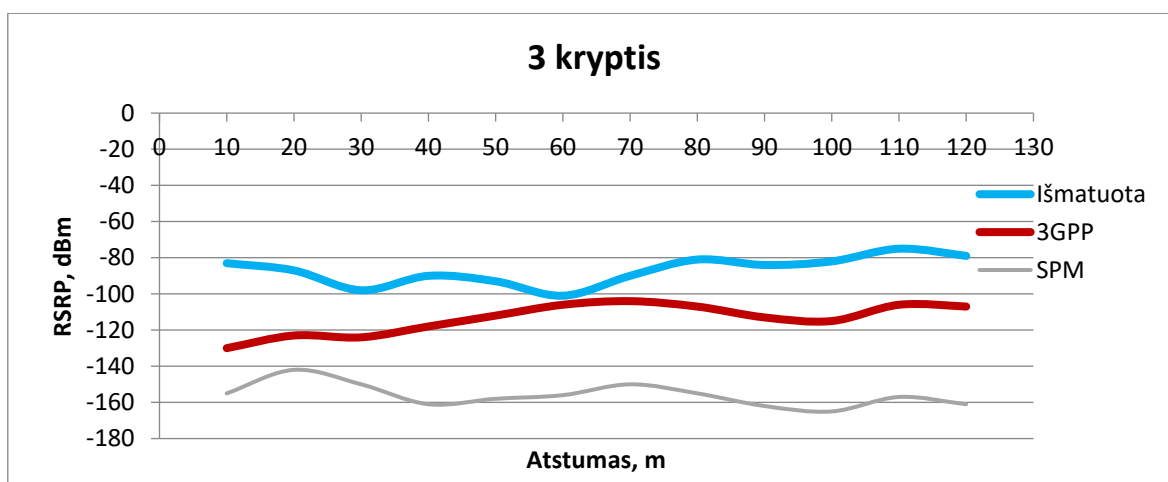
Pagal 3GPP TR 38.900 modelį trimis kryptimis įvertintų RSRP verčių paklaidos vidurkis, standartinis nuokrypis ir šaknies vidurkio kvadratas (RMS) pateiktas 1 lentelėje, o susumuotos ir suvidurkintos reikšmės visose trijose kryptyse pateiktos 2 lentelėje.



2 pav. Išmatuotos ir 3GPP TR 38.900 bei SPM bangų sklidimo modelių prognozuojamos RSRP vertės 1-oje kryptyje



3 pav. Išmatuotos ir 3GPP TR 38.900 bei SPM bangų sklidimo modelių prognozuojamos RSRP vertės 2-oje kryptyje



4 pav. Išmatuotos ir 3GPP TR 38.900 bei SPM bangų sklidimo modelių prognozuojamos RSRP vertės 3-oje kryptyje

Šaltinis: sudaryta autoriaus

1 lentelė

Bangų sklidimo visomis trimis kryptimis pagal 3GPP TR 38.900 modelį palyginimas

Kryptis	Matavimų kiekis kryptyje, vnt	Paklaidos vidurkis, dB	Standartinis nuokrypis, dB	Šaknies vidurkio kvadratas (RMS), dB
1 kryptis	21	-29,26	21,93	36,57
2 kryptis	27	-36,36	15,97	39,71
3 kryptis	12	-26,52	10,2	28,41

2 lentelė

Suvidurkinti bangų sklidimo rezultatai pagal 3GPP TR 38.900 modelį

Sklidimo modelis	Matavimų kiekis, vnt	Paklaidos vidurkis, dB	Standartinis nuokrypis, dB	Šaknies vidurkio kvadratas (RMS), dB
3GPP TR 38.900 bangų sklidimo modelis	60	-31,91	17,92	36,6

Pagal SPM modelį trimis kryptimis įvertintų RSRP verčių paklaidos vidurkis, standartinis nuokrypis ir šaknies vidurkio kvadratas pateiktas 3 lentelėje, o susumtuos ir suvidurkintos reikšmės visose trijose kryptyse pateiktos 4 lentelėje.

3 lentelė

Bangų sklidimo visomis trimis kryptimis pagal SPM modelį palyginimas

Kryptis	Matavimų kiekis kryptyje, vnt	Paklaidos vidurkis, dB	Standartinis nuokrypis, dB	Šaknies vidurkio kvadratas (RMS), dB
1 kryptis	21	-41,89	17,32	45,34
2 kryptis	27	-36,36	15,97	39,71
3 kryptis	12	-26,52	10,2	28,41

4 lentelė

Suvidurkinti bangų sklidimo rezultatai pagal SPM modelį

Sklidimo modelis	Matavimų kiekis, vnt	Paklaidos vidurkis, dB	Standartinis nuokrypis, dB	Šaknies vidurkio kvadratas (RMS), dB
SPM bangų sklidimo modelis	60	-59,05	17,34	45,34

Iš lentelių matyti, kad bangų sklidimo nuostoliai nurodytose kryptyse yra gana skirtingi dėl miesto teritorijos nevienodumo bangų sklidimo kryptimis.

Išvados

1. Išanalizuotos 5G tinklo planavimui tinkamos 3GPP TR 38.900 ir SPM radijo bangų sklidimo modelių pagrindinės koncepcijos ir aptartas vieno iš pagrindinių lauko sklidimo parametro RSRP panaudojimas. Pateiktos matematinės išraiškos, aprašančios šių sklidimo modelių specifiką.

2. RSRP parametro matavimų atlikimui konkrečioje vietovėje aprašoma 5G lauko matavimo metodika. RSRP parametro matavimai leidžia stebėti išsamų vaizdą apie makrocelės aplinkoje pasireiškiančius signalo nuostolius.

3. 3GPP TR 38.900 radijo bangų sklidimo modelio vidutinis paklaidos vidurkis makrocelės aplinkoje visiems išmatuotiems taškams yra -31,91 dB. Tai nemaža paklaida matuojant skirtingais pastatais apstatytą miesto aplinką. Standartinio nuokrypio reikšmė 17,92 dB ir šaknies vidurkio kvadrato reikšmė 36,6 dB taip pat yra gana didelės.

4. SPM radijo bangų sklidimo modelio vidutinis paklaidos vidurkis makrocelės aplinkoje visiems išmatuotiems taškams yra -59,05 dB. Tai didelė paklaida matuojant skirtingais pastatais apstatytą miesto aplinką. Standartinio nuokrypio reikšmė 17,34 dB ir šaknies vidurkio kvadrato reikšmė 45,34 dB taip pat yra gana didelės.

5. 3GPP TR 38.900 radijo bangų sklidimo modelis dar būtų tinkamas naudoti 5G tinklo modeliavimui 3750 MHz dažnių juostoje nedidelio aukštingumo ir nedidelio pastatų tankio miesto aplinkoje, tačiau SPM radijo bangų sklidimo modelis beveik netinkamas naudoti šioje miesto aplinkoje.

Literatūra

1. De Freitas P. R. and Tertuliano Filho H. „Parameters Fitting to Standard Propagation Model (SPM) for Long Term Evolution (LTE) using nonlinear regression method“, 2017 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Virtual Environment for Measurement Systems and Applications (CIVEMSA), 2017, pp. 84-88, doi: 10.1109/CIVEMSA.2017.7995306.
2. Kašėta S., Grimaila V. Radijo bangų sklidimo Aster modeliu tyrimas 5G tinkle. – Inžinerinės ir edukacinės technologijos/ Engineering and educational technologies. Kaunas: Kauno technikos kolegija. 2023, Nr.1, p. 7-12, ISSN: 2029-9303.
3. MacCartney G. R. and Rappaport T. S. „Study on 3GPP rural macrocell path loss models for millimeter wave wireless communications“, 2017 IEEE International Conference on Communications (ICC), 2017, pp. 1-7, doi: 10.1109/ICC,2017,7996793.
4. Nugraha M. A., Nashiruddin M. I., Hanuranto A. T. and Akhmad A. „Simulation of 5G DenseUrban Deployment at 3.5 GHz Frequency: A Case Study of Central Jakarta,“ 2022 IEEE 12th Annual Computing and Communication Workshop and Conference (CCWC), 2022, pp. 0883- 0888, doi: 10.1109/CCWC54503.2022.9720847.
5. Standard ETSI TR 138900 LTE; 5G; Study on channel model for frequency spectrum above 6 GHz (3GPP TR 38.900 version 14.2.0 Release 14), 2017.

INVESTIGATION OF RADIO WAVE PROPAGATION IN 5G NETWORK WITH 3GPP TR 38.900 AND SPM MODELS

Summary

The radio network measurement values, collected in real time from the 5G network station operating in Kaunas, are compared with the values predicted by the 3GPP TR 38.900 (3rd Generation Partnership Project) and SPM (Standard Propagation Model) radio wave propagation models. The purpose of this work is to investigate the suitability of the 3GPP TR 38.900 and SPM radio wave propagation models for 5G network planning. The suitability of the 3GPP 38.900 and SPM radio wave propagation models for 5G network planning under specific conditions has been established.

Key words - radio communication network, radio wave propagation, 5G network

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Stasys Kašėta

Mokslo laipsnis ir vardas: daktaras, docentas

Darbo vieta ir pozicija: Kauno technikos kolegija

Autoriaus mokslinių interesų sritys: radijo signalo perdavimas ir priėmimas

Telefonas ir el. pašto adresas: 8 612 13545, stasys.kaseta@gmail.com

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Stasys Kašėta

Science degree and name: doctor, associated professor

Workplace and position: Kaunas university of applied engineering sciences

Author's research interests: transmission and receiving of radio signal

Telephone and e-mail address: 8 612 13545, stasys.kaseta@gmail.com

KLAIDOS ESTETIKOS IR INDETERMINIZMO PER MUZIKINĮ KŪRINĮ TYRIMAS

Laurynas Kolodzeiskis

Kauno technikos kolegija

Anotacija

Klaidos estetika ir atsitiktinumas muzikoje, ypač elektroninėje, visados buvo labai aktualios ir idėjų kupinos sferos. Elektroninės muzikos aušroje, stipriai išsiplėtus garsų ir kompozicijų kūrybos būdams ir metodams, klaidos ir atsitiktinumas tapo vienu iš labiau unikalių aspektų kuriuos buvo galima įterpti į muzikos kūrinius. Šie aspektai, neretai atrodo gimdavo vienas iš kito, pavyzdžiui, dėl kodo klaidos, skaičių generatorius atiduotų mums netikėtai, atrodo atsitiktines skaitines vertes, arba atsitiktinis vėlinimo efekto vertės pakitimas sukuria ritminės melodijos partijas. Šio darbo tikslas – ištirti ryšį tarp klaidos estetikos ir indeterminizmo. Šis ryšys pavaizduotas algoritminės muzikos kūrinyje.

Reikšminiai žodžiai: Klaidos estetika, indeterminizmas, algoritminė muzika, aleatorinė muzika, mikrofonika.

Įvadas

Klaida, kaip reiškinys arba konceptas, nuo jaunų dienų žmogui gali būti apibrėžiamas kaip neigiamas dalykas. Pagal lietuvių kalbos žodyną, klaida yra „nesąmoningas nukrypimas nuo taisyklės, nuo tiesos“ (Lietuvių kalbos žodynas, 2023), o žmogaus gyvenimas, kaip ir jo pasaulio supratimas yra pagrįsti įvairiomis sukurtomis taisyklėmis, apibrėžimais ir tiesomis – įvairūs fizikos dėsniai, visuomenės normos, įstatymai ir t.t. Vis dėl to, svarbu prisiminti, kad neretai šios taisyklės ar apibrėžimai atsirasdavo kaip kokios nors klaidos rezultatai. Pavyzdžiui – Dr. Aleksandras Flemingas, tirdamas stafilokoko bakterijas, prieš išvykstant atostogauti, vieną iš bakterijų mėginių netyčia paliko atvirą. Sugrįžęs, jis pamatė melsvai žalią grybelio koloniją, jo pirmine nuomone, užteršusią mėginį (Lalchhandama 2020). Tačiau pažvelgęs į viską iš arčiau, jis pastebėjo, kad ligos bakterijos nesidaugino šalia grybelio, kas reiškė jog grybelis sunaikino minėtas bakterijas. Šios netikėtos klaidos dėka, buvo atrastas ir sukurtas penicilinas – vienas plačiausiai naudojamų antibiotikų, kuris, manoma, nuo 1942-ųjų metų leido išgelbėti apie du šimtus milijonų gyvybių. Svarbu atkreipti dėmesį, šio straipsnio tikslas nėra skatinti daryti klaidas, o vietoje to, skatinti pažvelgti į eksperimentuose sutiktas klaidas bebūtinai tik kaip į neigiamą rezultatą.

Tokių atsitiktinimų galima pamatyti ir muzikinėje sferoje. 1961-aisiais metais, Glenas Snoddis, garso inžinierius ir įrašų studijos Nešvilyje savininkas, kartu su kantri muzikos daininiku Marty Robbinsu įrašinėjo dainą „Don't Worry. Atėjęs laikui įrašinėti instrumentinę dalį, baritoninės gitaros garsas pradėjo skambėti iškraipytai. Dainininko ir jo prodiuserio įtikintas Snoddis sutiko neįrašinėti sesijos per naujo. Kai daina tais pačiais metais neišvengiamai pasiekė muzikos sąrašų topus, ir netgi perėjo į pop muzikos sąrašus, ir tai reiškė, kad tuometiniai muzikos atlikėjai, tarp kurių buvo net ir garsioji Nencė Sinatra, norėjo sužinoti kokia šio garso paslaptis. Viskas slypėjo staiga sugedusiame miksavimo konsolės transformatoriuje (Garcia-Navarro, Wharton, 2018). Daugelio prašymu, siekdamas atkurti šį garsą, Snoddis, kartu su WSN radijo inžinieriumi, sukūrė prietaisą gebantį atkurti šį naują garso efektą. Kai prietaisas buvo parduotas „Gibson“, 1962-aisiais metais prietaisas buvo komercializuotas „Maestro FZ-1 Fuzz-Tone“ vardu, ką puikiai galime išgirsti viename ikoniškiausių roko muzikos kūrinių, Rolling Stones grupės hite „(I Can't Get No) Satisfaction“ (Wyman, 2002, p. 187). Dar vienas, turbūt visiems elektroninių instrumentų mėgėjams žinomas, Leonas Tereminas, rusų mokslininkas, savo žymę istorijoje paliko netikėto pastebėjimo metu. 1920-aisiais metais, dirbdamas su nauju savo išradimu – radijo bangomis ir aplinkos jutikliais pagrįstu dujų savybių stebėjimo aparatu, jis pastebėjo, kad prietaisas pradėdavo skleisti drebančią toną, kurį jis galėjo manipuluoti su savo rankos judesiais. Pats būdamas violončelistu, Tereminas pamatė šio atradimo galimybes, taip vėliau sukurdamas pirmąjį elektroninį instrumentą (McGreevy, 2020).

Netikėtai pastebėta klaida, gali lemti ir vienareikšmiškai muzikos žanrą apibūdinančius išradimus. Kolsonas Vaithedas, savo novelėje „The Intuitionist“ rašė: „Būtent klaida veda evoliuciją; tobulumas neapsiūlo jokios paskatos judėjimui į priekį“ (Whitehead, 1999). Minėtų atvejų tipo rezultatai – klaidos – yra iš savo prigimties, atsitiktiniai, ir labiau tiktų eksperimento rezultatams apibrėžti, kuomet siekiamas rezultatas yra sąmoningai žinomas, kad bus nenuspėjamas. Tobulėjant technologijoms, minėtos klaidos tampa vis lengviau išvengiamos, o programinėje muzikoje – ypač algoritminėje, kuomet visas muzikos atlikimas ir kartais net kompozicija, gali būti daroma su algoritmais – baigtinėmis instrukcijų arba komandų sekomis, skirtomis vykdyti problemos sprendimą arba konkretų skaičiavimą (Merriam-Webster žodynas, n.d.). Tokio tipo kūriniuose, klaidos, labiau tikėtina gali būti labiau tyčinės. Visa tai verčia kelti klausimą – ar klaidą ir atsitiktinumą muzikoje sieja koks nors ryšys, ir ar galima jį atvaizduoti elektroninės kūrinyje?

Problema – Kaip pavaizduoti klaidos estetikos ir indeterminizmo ryšį per algoritminės muzikos kūrinių?

Objektas – Elektroninės muzikos kūrinio, paremto bruožais būdingais klaidos estetikos muzikai, ir algoritminės bei aleatorinės muzikos stiliams, tyrimas.

Tikslas - Atlikti klaidos estetikos ir indeterminizmo ryšio per algoritminės muzikos kūrinių tyrimą.

Uždaviniai:

- Atlikti klaidos estetikos ir indeterminizmo muzikos teorinę analizę.
- Atlikti ryšio tarp klaidos estetikos ir indeterminizmo analizę per muzikinį kūrinių.
- Atlikti algoritminių, aleatorinių, elektroninių muzikos kūrinių tyrimą.

Naudoti metodai:

- Literatūros šaltinių analizė klaidos estetikos ir indeterminizmo teorinei analizei.

• Muzikinio kūrinių kompozicija ir tyrimas naudojant programinę įrangą „Cycling 76“ MAX“ ir algoritminės muzikos analizės metodus.

Straipsnį sudaro dvi dalys: pirmoje dalyje pateikiama klaidos estetikos ir indeterminizmo muzikos teorinė analizė, antroje - algoritminių, aleatorinių, elektroninių muzikos kūrinių analizė.

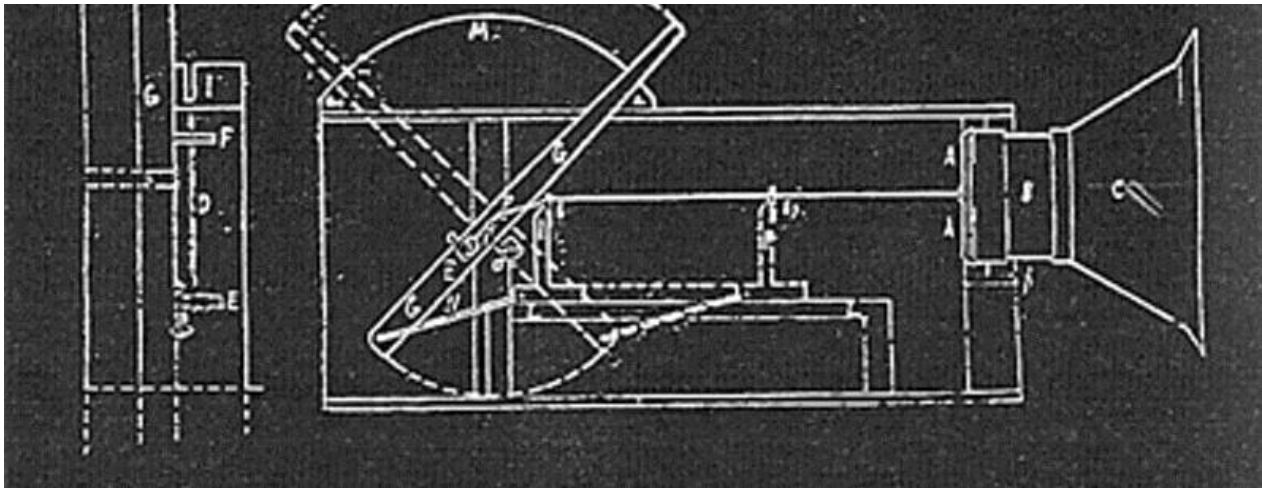
Klaidos estetikos ir indeterminizmo muzikoje teorinė analizė

Klaidos estetikos muzikoje teorinė analizė. Klaidos estetiką, kaip terminą, apibrėžė italų kilmės amerikiečių kompozitorius – Kim Cascone savo straipsnyje „The Aesthetics of Failure: „Post-Digital“ Tendencies in Contemporary Computer Music“, 2000-ųjų metų gruodį publikuotame „Computer Music Journal“ žurnale. Savo straipsnyje, Cascone pabrėžia šios estetikos iškilimo priežastį: „Po-skaitmeninė“ estetika išsivystė kaip įtraukiančios, skaitmeninių technologijų perpildytos darbo aplinkos rezultatas: kompiuterių ventiliatorių zvimbimas, lazerinių spausdintuvų dokumentų plakimas, vartotojų-šasajų sonifikacija ir prislopinti kietųjų diskų triukšmai“ (Cascone, 2000, p.12-13). Tačiau „Po-skaitmeninės estetikos garsą ir muziką kuria ne šie triukšmai, bet jų „klaidos“ – gedimai, trikdžiai ir kiti nepageidaujami rezultatai, kilę iš žmogaus aplinkoje vis dažnėjančių skaitmeninių sistemų.

Termino autorius savo straipsnyje apžvelgia tris pagrindinius estetikos bruožus, kurių pirmasis yra minėtų klaidų suradimas ir panaudojimas. Kaip ir buvo apžvelgta įvade, klaida yra nukrypimas nuo taisyklės ar tiesos, kas leidžia klaidos estetiką laikyti kaip menininkų metodai naudoti tai kas būtų laikoma neteisinga savo kūryboje (Pinto, 2018). Tokie metodai, ir jų rezultatai buvo ypatingai seiktini 20-o amžiaus pabaigos ir 21-o amžiaus pradžios garso ir muzikos eksperimentuotojų. Vieni tokių buvo grupė „Oval“, laikomi *glitch* muzikos žanro pionieriais, flomasteriais piešdavo ant kompaktinių plokštelių, tada juos grodavo ir semplindavo, taip gaudami šiek tiek atsitiktinės tvarkos ritmiškus garsus (Cooper, tikrinta 2023.). Kartu su naujai atrastais garsais, Oval sujungdavo juos su retomis melodijomis gaudavo keistai muzikalius, bei kartais keistus kūrinius. 1994-ųjų metų, tuo metu dar trijulės albume „Systemich“, taikliai pavadintas kūrinys „Compact Disc“ yra puikus to pavyzdys. Viso kūrinių metu girdimas ritminis spragsėjimas šoka aplink ambientines melodijas, kurios kartais pakeičiamos tamsiomis bosinėmis linijom arba statiniu triukšmu (Björn, 2013) (bei gale, dviem labai trumpais, tačiau garsiais balto triukšmo „spragtelėjimais“). Kūrinyje taip pat netrūksta ir bosinės linijos iškraipymų (angl. Overdrive), kas irgi vertėtų nepamiršti, gali būti laikomas klaida.

Antrasis estetikos bruožas – į pirmą planą iškeliamas fonas. Autorius, remdamasis keletu futuristų ir post-futuristinių kūrinių teigia, kad jau anksčiau minėta aplinka, ir garsai jos fone, sistemingai buvo iškeliamai ir paversti vienu pagrindinių kūrybinių aspektų. Futuristams industrinis gyvenimas buvo tarsi simfonija iš savęs, ką galima pamatyti Russolo, šiuolaikinės „po-skaitmeninės“ muzikos pradininko manifeste „The Art of Noise“, kuriame jis teigė, kad triukšmas mus lydi kiekvienoje mūsų gyvenimo akimirkoje, o triukšmas, šiandien triumfuoja prieš žmogaus supratingumą (Russolo, 1913). Siekis imituoti minėtus miesto triukšmus paskatino Russolo sukurti vienas iš pirmųjų triukšmo mašinų – intonarumorių. Minėtas mašinas jis naudojo savo įrašuose „Corale“ ir „Serenata“, kurie yra vieninteliai išlikę Russolo įrašai, tradicinę orkestrinę muziką priešinantys su triukšmo mašinomis (Albright, 2004, p 174). Nei vienas iš šių instrumentų nėra išgyvenęs iki šių dienų – dauguma jų buvo sunaikinti antrojo pasaulinio karo metu, Paryžiaus bombardavimo metu, kol kiti – tiesiog dingo, tačiau jų svarba ne tik futurizmo judėjimo ir klaidos estetikos muzikai, bet ir triukšmo muzikai yra nenuginčijama, ką galima pabrėžti šiandieniniais bandymais juos atkurti (Ozbay, 2013).

Jeigu Russolo, savo triukšmo mašinų pagalba leido fonui tapti viena pagrindinių muzikos kūrinių komponentų, tuomet Johnas Cage foną pavertė kūriniu iš savęs. Savo kompozicijoje „4'33“, kuris susideda iš keturių minučių ir trisdešimt trijų sekundžių tylos, Cage kvietė klausytoją išgirsti ne kokią nors konkrečią kūrinių dalį, bet būtent aplinką, kuri netiesiogiai ir buvo jo kūrinys. Futuristų judėjimo ir John Cage darbo rezultatų dėka, bei naujų technologijų sukurtomis naujomis garsinių objektų kūrimo ir moduliavimo galimybėmis, kaip tie garsai išsidėsto erdvėje tapo nauja papildoma elektroninės muzikos kompozitorių užduotimi. Pasak Curtis Roads „garso erdvizavimas evoliucionavo į neatsiejamą kompozicijos dalį“. Naujų, labiau elektroninės prigimties garsų parametų gausos dėka, tam tikras sukurtas garsinis objektas iš savęs gali užimti tam tikras erdvės dalis, arba netgi sukurti virtualias erdves ir aplinkas (Roads, 2015, p. 29).

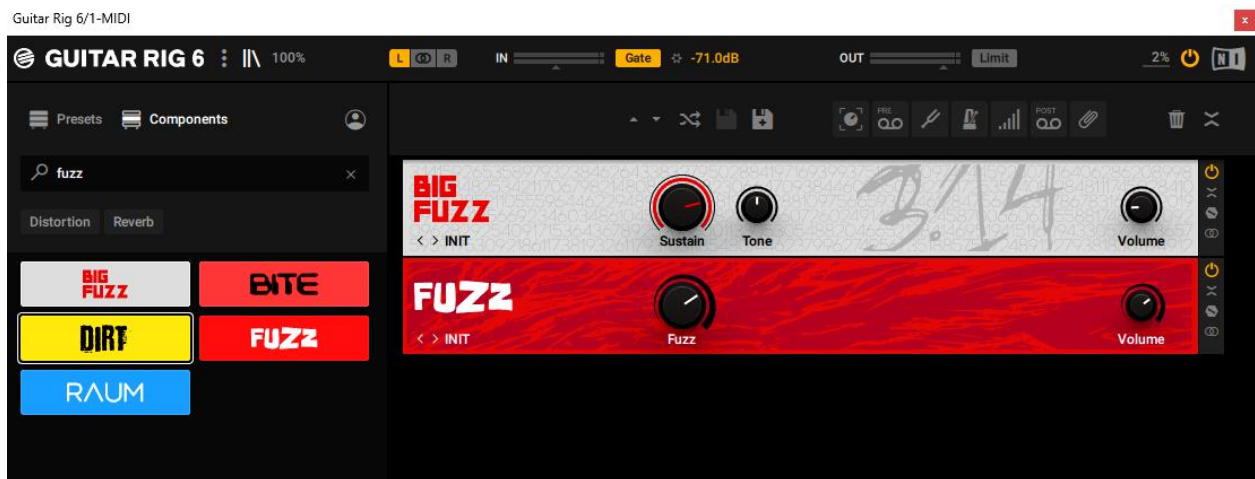


1 pav. Vieno iš intonarumori originalus brėžinys

Šaltinis: „John Ozbay | Intonarumori“, <https://johnozbay.com/intonarumori>

Galiausiai, Kimas Cascone klaidos estetikai pabrėžia ir technologinių įrankių bei jų raidos svarbą. Iš tiesų, naujos technologijos leidžia ne tik lengviau įrašyti arba išgauti norimas klaidas, bet ir atsiranda galimybės sukurti naujas klaidas. Dvidešimtojo amžiaus gale, garso technologijoms darantis labiau pažangioms ir prieinamoms, galimų panaudoti įrankių ir technikų elektroninės muzikos kompozicijoms kiekis leido iš tiesų pajusti kokios beribės yra jos galimybės. Jau minėtas Gleno Snoddy išradimas, tapęs ikoniška roko muzikos garso dalimi, šiandien yra ne tik atkurtas ir plačiai parduvinėjamas, bet ir gali būti rastas ir kaip skaitmeninė išraiška.

Guitar Rig 6/1-MIDI



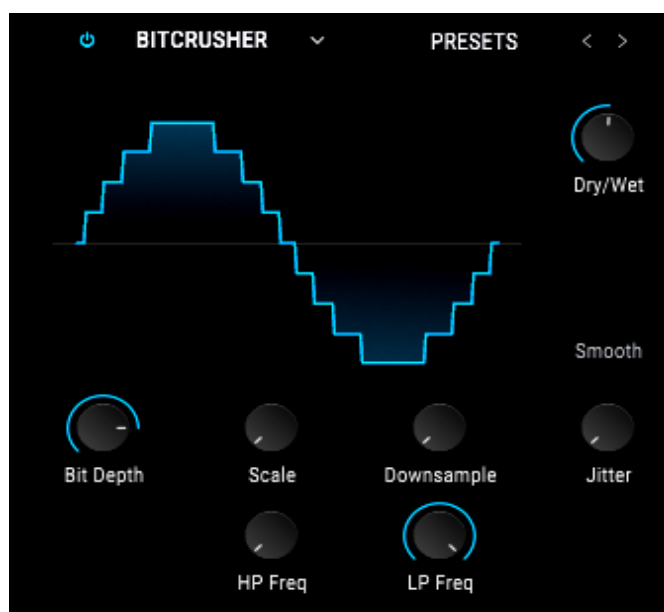
2 pav. Fuzz tipo gitarinio efekto skaitmeniniai moduliai „FUZZ“ ir „BIG FUZZ“ Native Instruments „Guitar Rig 6“ įskiepyje, „Ableton Standart 11“ programinėje įrangoje.

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Technologinių įrankių raida ir plėtojimas parodė vieną iš muzikai būdingų aspektų, apie ką knygoje „A year with swollen appendices“ kalbėjo Brianas Eno – „Naujo medio parašu taps viskas ką dabar laikytume keistu, negražiu, nepatogiu ar šlykščiu. Kompaktinių diskų iškraipymai, skaitmeninio vaizdo striginėjimai, prastas aštuonių bitų garsas – visa tai bus branginama ir bandoma atkartoti iš karto po tai kai to bus galima išvengti“ (Eno, 1996). Skaitmeninės technologijos ne tik leido sukurti esamų analoginių efektų emuliacijas, bet ir sukurti fundamentalius signalo skaitmenizavimo parametrus manipuliuojančias programines įrangas. Šie efektai, vadinami *Bitcrush*. Skaitmenizuojant bet kokį analoginį signalą, norint, kad kompiuteris jį „perskaitytų“ teisingai, mes privalome naudoti keitikius, kurie kompiuteriui, mašinine kalba pasako kokiam lygyje yra garso signalas tam tikrame taške. Ir iš čia galima pastebėti, kad mažesni intervalai tarp laiko taškų ir kuo smulkesnė skalė signalo lygio taškams, tuo tiksliau atkuriamas signalas. *Bitcrush* tipo iškraipymai taikosi būtent į šiuos parametrus. Pirmiausia, jie gali sumažinti signalo lygio skalę, kuri matuojama bitais. Bitai nusako būtent kiek laiptelių yra skalėje. Šis skaičius nusako mažiausią žingsnį tarp dviejų skaitmeninių verčių, ir, kaip galima pamatyti, kuo jis didesnis, tuo tiksliau galima nuskaityti signalo lygį, bei jo kitimai atrodo švelnesni. Jeigu šis skaičius sumažinamas, skaitmenizuojamas signalo galimų verčių skaičius sumažėja, signalo lygio pokyčiai tampa laiptuoti ir staigūs, bei pats skambesys tampa labai robotiškas.

Galiausiai, bitcrush gali sumažinti ir signalo nuskaitymo taškų kiekį – diskretizacijos dažnį. Pagal Naikvisto teoremą – diskretizacijos dažnis turi būti bent 2 kartus didesnis už didžiausią tiriamojo signalo dažnio dedamąją, tačiau norit kuo tiksliau perskaityti signalą, šis dažnis turi būti didesnis. Sumažindamas šį skaičių, signalo kitimas laike gali būti nuskaitymas neteisingai, ko pasekoje, po skaitmenizacijos, signalo dažnis ir netgi pati forma gali pasikeisti.

Taigi, klaidos estetika, pasak jos autoriaus, gali būti apibrėžiama trimis bruožais. Pirmasis, pačių klaidų detalizavimas, kaip skaitmeninių sistemų trikdžiai ar kiti nepageidaujami garsai ir jų naudojimas muzikoje. Antrasis – fono iškėlimas į pirmąjį planą, kurį kūrė Russolo sukūręs savo triukšmo mašinas, bei Johnas Cage – leisdamas fonui kurti muziką už jį. Galiausiai paskutinis – technologiniai įrankiai, parodo jog galima ne tik surasti naujas klaidas ar lengviau jas atkurti, bet ir jų galimybės leidžia mums prisitarti iki šių klaidų ar jų įrašų iki mikrogarso lygio, kas leidžia kur kas detaliau ir kruopščiau ne tik panaudoti įrašą, bet ir manipuliuoti jį pagal kompozicijos poreikius. Visa tai susideda į vieną visumą – nepageidaujamų garsų įrašymą, apdorojimą ir naudojimą kartu su, arba pritariant vis labiau skaitmenizuojamos aplinkos fonui.



3 pav. 16-os bitų sinusoidės signalas sumažintas iki 4 bitų rezoliucijos programiniame sintetoriuje „Arturia Pigments 4“

Šaltinis: sudaryta autoriaus

Indeterminizmas ir atsitiktinumai muzikoje. Indeterminizmas – tai filosofinis principas kuris neigia procesų priežastingumą, ir vietoje to, teigia, kad minėti procesai yra labiau atsitiktinumo rezultatas (VLE, tikrinta 2023.). Pagal lietuvių kalbos žodyne apžvelgtą klaidos apibrėžimą, indeterminizmu paremti procesai gali būti laikomi klaidomis, kadangi rezultatas be dėsningumo gali būti laikomas kaip nusižengimas nuo taisyklių. Visa tai gali pasireikšti ir muzikoje, tiek menine, tiek technine prasme. Turbūt labiausiai žinoma atsitiktinumo muzikoje išraiška būtų improvizacija – netikėtas muzikos atlikimas arba atliekamos muzikos pakeitimas. Improvizacija yra vienas iš pamatinių džiaz elementų – atlikėjai dažniausiai yra susitarę kokius gros akordus arba sekas, kitaip tariant užbrėžiamos tam tikros gairės, po ko solistai, arba kartais net ir akompanuojantys atlikėjai improvizuoja melodines linijas, rimtus ir kitas muzikines frazes. Nors improvizacija paremta atlikėjų žmogiško atsitiktinumo, paremtu intuicija principu, ji vis tiek turi tam tikras struktūras, kurios leidžia atsitiktinumams išlikti valdomoje erdvėje.

Visa tai viekia priešingai aleatorikos muzikoje. Aleatorika - tai muzikos stilius, kurio kompozicijose yra tyčia paliktos tam tikros vietos skirtos atsitiktinumams, kurie gali pasireikšti ne tik kompozicijos metu, bet ir jos atlikime. terminas, kilęs iš lotyniško žodžio alea (liet. - kauliukas), kilo 1950-ųjų pradžioje akustiko Wermer Meyer-Epppler paskaitose. Jo apibrėžimu „Procesą galima laikyti aleatoriniu, kai jo kryptis yra bendrai nustatyta, tačiau detalės yra paliekamos atsitiktinumui“. Vienas geriausiai žinomų šio stiliaus kūrinių – Johno Cage – „Music of change“. Kompozicija parašyta remiantis senovės Kinijos raštu „I Ching“ skirtu įsitikinti būrimo rezultatu. Kompozicija, vedama knygos, buvo kuriama atsitiktinai, aklaai pasikliaujant knygos instrukcijomis, tačiau vis tiek išlaikanti tam tikrą struktūrą ir dėsningumą. Kita Johno Cage kompozicija – „4’33“ gali būti laikoma iš ties indeterministiška. Iš tiesų, vienintelis pastovus šio kūrinio parametras būtų jo trukmė, tačiau visa kita yra paliekama aplinkos poveikiui. Siekiant atkartoti kurį nors šios kompozicijos

atlikimą reikėtų ne tik turėti tuos pačius atlikėjus ir instrumentus, stovinčius toje pačioje vietoje ir grojančius lygiai taip pačiai kaip grojo prieš tai, bet ir žiūrovus, kurie turėtų sėdėti ten pat ir elgtis taip pačiai, kaip elgėsi praeito atlikimo metu, kas yra beveik neįmanoma.

Aleatorikai, turbūt labiausiai pasižymėjęs kompozitorius būtų Karlheinzas Stockhausenas, o labiausiai nenuspėjama jo kompozicija – „Aus den sieben Tagen“ (liet. Iš septynių dienų). Kompozicijos nenuspėjamumas pasireiškia ne tik improvizaciniais elementais, bet ir interpretaciniais. Ši kompozicija sudaryta iš penkiolikos „intuityvios muzikos“ tekstinių kompozicijų, sudarytų iš labiau instrukcijų negu užrašytos muzikos (Chang, 2015). Kaip pavyzdys – antrosios dalies tekstas yra toks: „Grok garsą, su užtikrintumu, kad turi begalinį kiekį laiko ir erdvės“. Visa kita paliekama pačiam atlikėjui – jis gali įsivaizduoti ambientinės muzikos garsą užpildantį erdvę ilga, minimalistine, rodos niekada nepasibaigiančia nata, arba priešingai, jis gali pateikti savo beprotystės, iššauktos begalybės koncepto įsivaizdavimą, grodamas atsitiktinai bet ką su mintimi, kad begalybėje viskas tampa nebesvarbu. Tokio tipo „laisvoje kompozicijoje“ būtent ši išraiškos ir galimybių gausa, bei žmogiškasis unikalumas suteikia muzikai, galima sakyti, maksimalų, žmogiškai įmanomą išgauti atsitiktinumą faktorių. Visgi, apžvelgiant tiek Johno Cage, tiek Karlheinz Stockhauseno kūrybą, kad ir kokie kupini būtų atsitiktinumą elementai, juos vis tiek veda tam tikra struktūra arba instrukcijos, kas veda prie išvados, kad tikrasis atsitiktinumas nėra įmanomas.

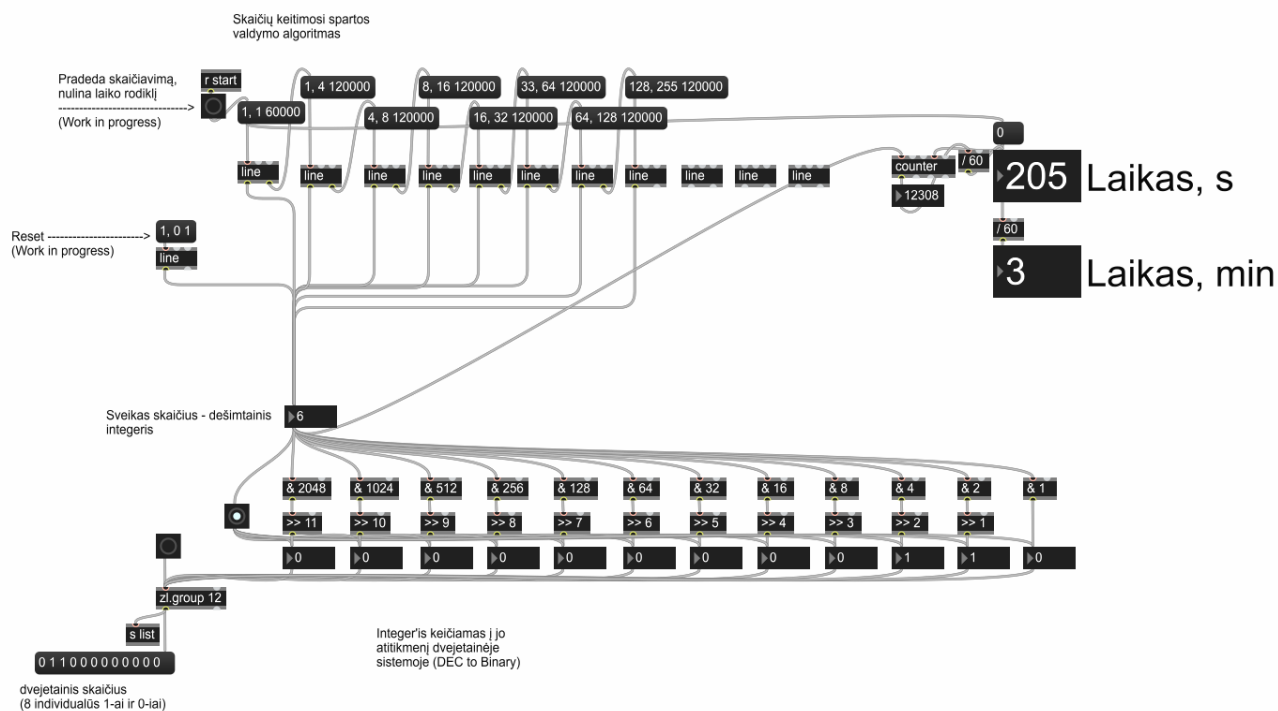
Matant, kad net ir labiausiai atsitiktinių elementų kupini muzikos kūriniai vis tiek iš savęs yra kuriami pagal tam tikras struktūras, svarbu apžvelgti ir iš pavadinimo priešingą aleatorikai stilių – algoritminę muziką. Algoritminė muzika, kaip byloja pavadinimas, yra kuriama algoritmų, ir neretai yra laikoma taisyklių muzika. Tai leistų daryti prielaidą, kad tokia muzika atsitiktinumą daryti negali, kadangi algoritmo veikimas yra pilnai nuspėjamas. Algoritmai muzikoje dažniausiai turi dvi paskirtis – garso sintezės arba muzikinės informacijos generavime.

Apibendrinat indeterminizmo muzikoje analizę, galima teigti, kad atsitiktinumas muzikoje ne tik yra žinomas, bet neretai yra ir siekiamas. Atsitiktiniai elementai gali suteikti kompozicijai naujumo pojūtį, net jei ji atliekama keletą kartų iš eilės, bei gali ir būti pagrindiniu kūrybiniu elementu, kuomet kompozicija yra vedama kokio nors rašto, ar tiesiog atlikėjo ar kompozitoriaus intuicijos. Vis dėl to, tikrasis atsitiktinumas, kurį galima pamatyti tik kvantinės fizikos erdvėje, nėra įmanomas, kadangi kad ir koks indeterministiškas atrodo muzikos kūrinys, jis vis tiek bus paremtas tam tikromis taisyklėmis. Manipuliuodami šiuos parametrus, kompiuteriai gali manipuliuoti ir kompoziciją, ir kadangi kiekviena nata ir garsas yra kuriami pagal tam tikras nustatytas taisykles, ir žinant šias taisykles galima nuspėti beveik visas parametrų kaitas bei kūrinio eigą. Visgi, atsitiktinumo faktorius tokiose kompozicijose yra savotiška siekiamybė, ir neretai tokio tipo kompozicijos yra naudojamos aleatorikoje. Kompiuterinių programų pagalba algoritmui galima suteikti indeterministiškų savybių – renkantis natą, leisti rinktis vieną iš kelių natų masyvo, sukurti formules kurių dėka nenuspėjamai keičiama natos trukmė, naudoti atsitiktinių skaičių masyvus ir daug kitų įvairių technikų. Algoritminėje muzikoje įkvėpimo, ar netgi pačių duomenų sekų galima semtis ne tik iš muzikinių šaltinių. Šiandienos skaitmeniniame pasaulyje šios duomenų ar skaičių sekos yra visur aplink mus, tereikia jas pasiekti. Šios sekos gali būti pačios įvairiausios – temperatūros rodikliai namų termometre, mėnulio ir saulės pozicijos danguje, internetinis duomenų srautas – visa tai gali būti panaudota algoritminėje kompozicijoje siekiant suteikti jai daugiau indeterministiškumo.

Klaidos estetikos ir atsitiktinumą ryšio per algoritminį kūrinį tyrimas

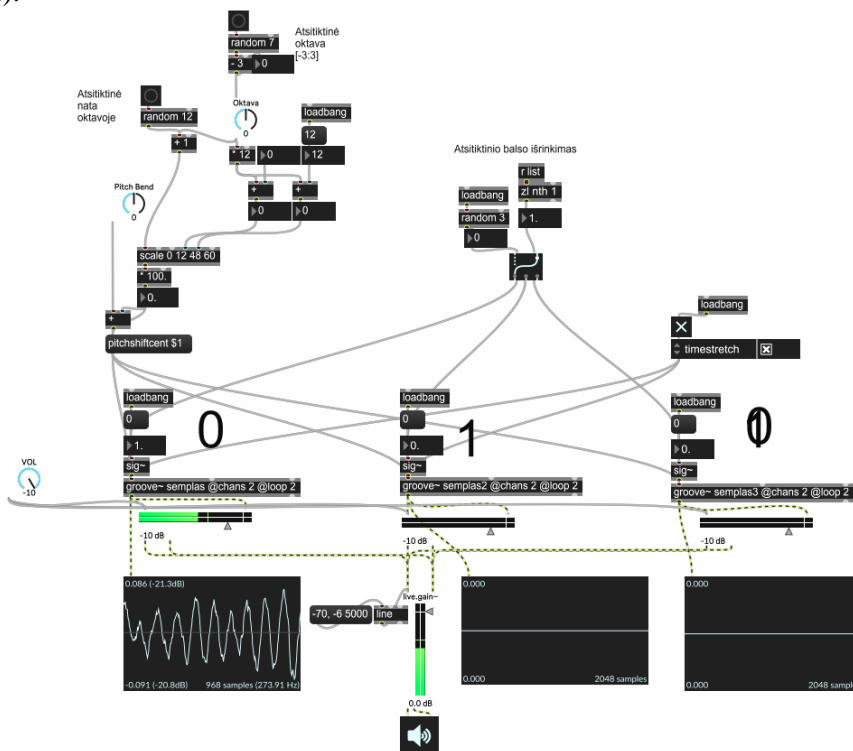
Siekiant parodyti ryšį tarp klaidos estetikos ir indeterminizmo, buvo sukurtas algoritminės muzikos kūrinys atvaizduojantis galimas šio ryšio išraiškas. Siekiant pavaizduoti ryšį tarp šių filosofinių principų, kūrinys turi atitikti jiems būdingos muzikos bruožus. Pirmiausia, kūrinys remiasi dviem iš trijų Kimo Cascone apibrėžtais klaidos estetikos bruožais – technologinių įrankių ir klaidingo veikimo garsiniais įrašais. Minėti technologiniai įrankiai buvo naudojami skirtingomis paskirtimis: „Ableton Live 11 Standart“ buvo naudojama garso įrašams įrašyti, apdoroti, ir sukurti WAV tipo failus, kurie vėliau buvo naudojami programoje „Cycling 76‘ MAX“ - vizualine programavimo kalba paremta modulinė garso ir multimedijos algoritmų projektavimo programinė įranga. Šalia to, įrašams atkurti buvo naudojamas „Arturia Pigments 4“ virtualus skaitmeninis sintezatorius dėl savo multifunkcionalaus semplerio. Siekiant laikytis klaidos estetikos garsų apibrėžimo, buvo pasirinkti keturi garsiniai šaltiniai. Pirmasis buvo rankinė barzdos skutimosi mašinėlė, apsukta garsiniu kabeliu, kuri, kai paleista, dėl savo vibracijos kabelyje sukurdavo triukšmus vadinamus mikrofonikomis. Toks pats garso įrašymo principas buvo panaudotas ir su sugedusia kavos malimo mašinėle. Trečiasis garsas buvo vientisas, kelių patefono klaidų įrašas – adatos prašokimas, įrašo strigimas, ir išjungto patefono dunksėjimas. Galiausiai, buvo įrašyta KL-21001 laboratorinio stendo ir jo modulio KL-23008 multivibratoriaus grandinė su sugedusiais tranzistoriais, kurie sukeldavo iš pirmo žvilgsnio atsitiktinio dažnio, lygio ir formos bangas. Naudojantis „Ableton Live 12 Standart“ programine įranga visi minėti įrašai buvo įrašyti, ir neženkliai

apdoroti, bei eksportuoti į WAV failą sąmoningai pasirenkant mažiausią įmanomą diskretizacijos dažnį – 22,05kHz.



4 pav. Dešimtainio skaičiaus keitimo į dvejetainę valdymo seką algoritmas
Šaltinis: sudarytas autoriaus

Sekantis kūrinio kompozicijos žingsnis – sukurti kūrinio algoritmą „MAX“ programinėje įrangoje. Tam pasiekti, buvo sukurtos keturių skirtingų tipų algoritmų schemos, įvairiais ryšiais valdančios viena kitos parametrus kurie kuria patį algoritminės muzikos kūrinį. Kūrinio principas – dešimtainio skaičiaus dvejetainėje sistemoje atitikmens valdomas kelių balsų choras. Pirmiausia buvo sukurtas kūrinio valdymo ir laiko sekimo algoritmas (4 pav.).



5 pav. Vieno balsu algoritmas
Šaltinis: sudarytas autoriaus

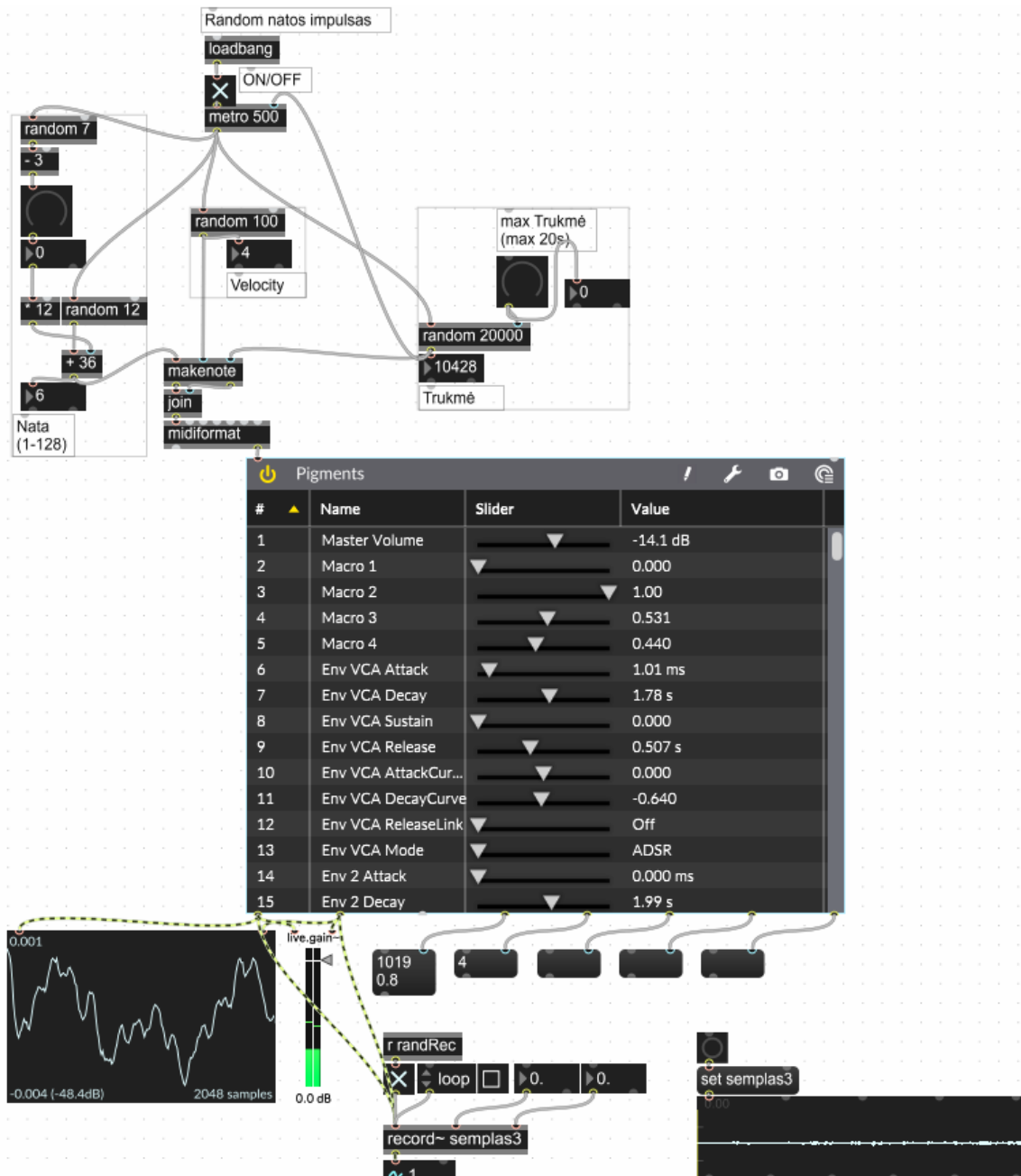
Šiame algoritme, viduryje esantis sveikas skaičius nuolatos keičiamas blokų „line“, kurie nuo jiems priskirtų pirmojo ir galutinio skaičių pereina per dvi minutes (išimtis – pirmasis blokas, kuris groja tik minutę).

Kiekvienas sekantis „line“ blokas turi du kartus didesnę intervalą tarp jam priskirtų skaičių nei praeitasis, kas verčia jų kaitą greitėti dvigubai kas dvi minutes. Bet kuriuo laiko metu esantis sveikas skaičius yra keičiamas į jo atitikmenį dvejetainėje sistemoje, kuomet gautas skaičius išskaidomas į dvylika atskirų loginių skaičių, valdančių jiems priskirtų balsų grojimą (vienetai reiškia, kad balsas groja, nuliai – negroja).

Sekantis sukurtas algoritmas – jau minėto balso veikimo algoritmas. (5 pav.).

Kiekvienas balsas, turi dvi galimas būsenas – groti arba negroti. Grojantys algoritmai, kūrinio programos paleidimo metu, ir atsitiktinai kūrinio metu savo grojamam garsui priskiria natą pagal MIDI protokolo aprašymą. Atsitiktinai parenkama nata iš atsitiktinai parenkamos oktavos, tuomet parenkamas atsitiktinis natos lygis bei natos trukmė. Šie trys natos parametrai siunčiami į vieną iš „groove~“ blokų, kaip MIDI žinutė sudaryta iš trijų baitų (Marshall, 2001) Galiausiai, turima natos informacija yra priskiriama „groove~“ bloke esančiam įrašui, kuris groja toną atitinkantį tai natai. Svarbu paminėti, kiekvienas balsas, kūrinio pradžioje pasirenka vieną iš trijų grotuvų, kurie kuria garsą balsams iš turimų įrašų.

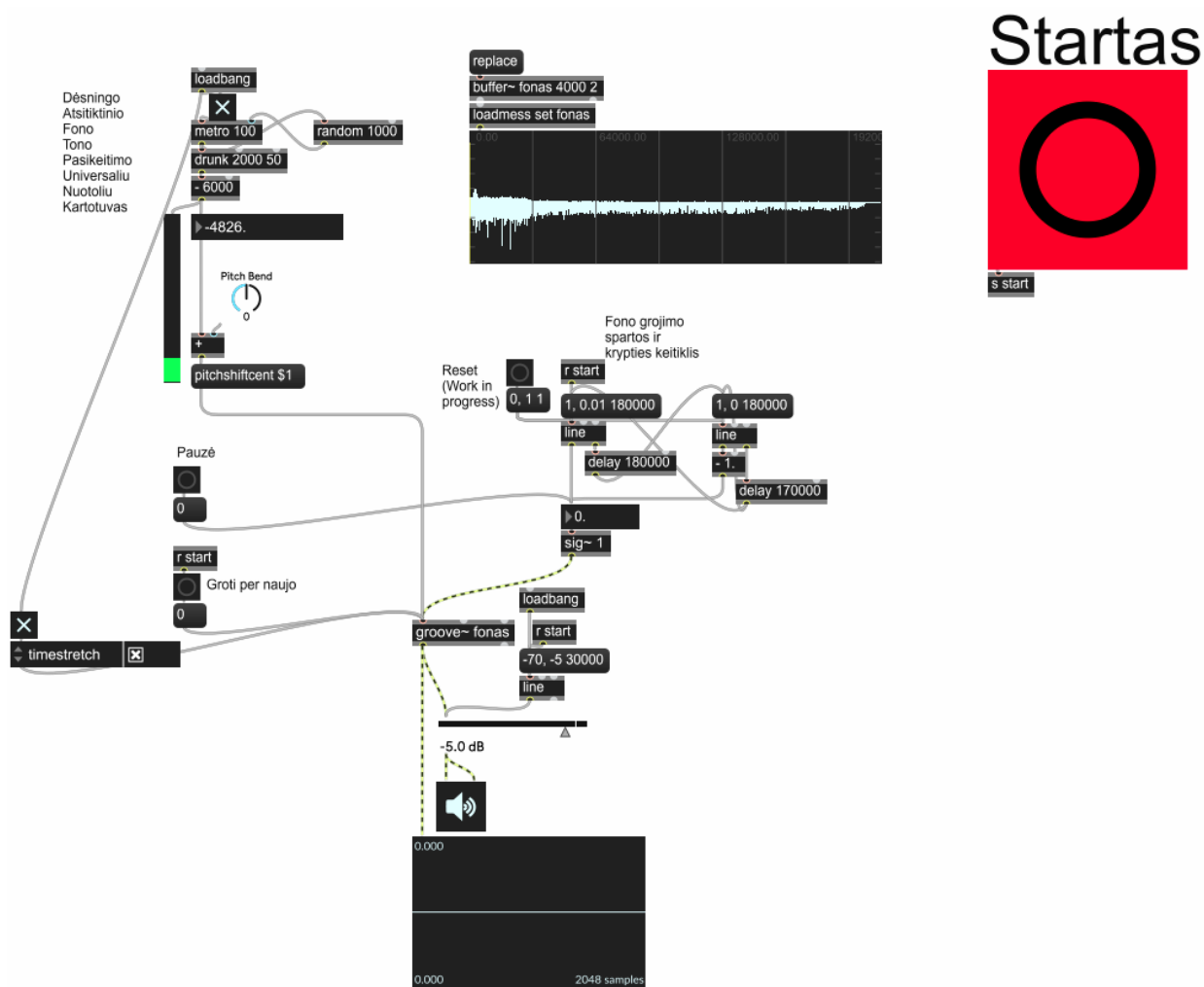
Kiekvienam iš trijų minėtų grotuvų buvo sukurtas atskiras algoritmas.



6 pav. Grotuvo algoritmas
Šaltinis: sudarytas autoriaus

Grotuvams sukurti buvo naudojamas toks pats natos pasirinkimo algoritmas, siunčiantis natos informaciją į pagrindinę grotuvo elementą – „Arturia Pigments 4“ virtualų skaitmeninį sintetorių. Kavos malimo mašinėlės ir multivibratoriaus schemas sukurti garsai buvo grojami kaip semplai sintetoriaus granulinės sintezės modulyje. Ši sintezė garsą formuoja atsitiktine tvarka atkuriant mažą garsinio semplo dalį. Atkurtos dalys vadinamos mikrogarsais ir jų trukmė būna tarp vienos ir šimto milisekundžių (Roads, 2004). Išimtis tam – patefono garso įrašas, kuris yra atkuriamas sintetoriaus semplerio modulyje, kuris garso įrašą padalina į šešias atskiras dalis ir jas atkurdamas atsitiktinai pasirenka vieną iš jų. Visiems grotuvams yra priskirti keli parametrai, kurie programiškai atsitiktinai keičiami laike. Garso įrašų grojimas yra nuolatos įrašinėjamas vienos sekundės trukmės įrašuose, kurie siunčiami jau minėtiems balsams groti.

Panašus ketvirtas grotuvas buvo sukurtas ir kūrinio fonui sukurti (7 pav.), tačiau su keliais reikšmingais skirtumais.



7 pav. Foninio garso grojimo algoritmas

Šaltinis: sukurtas autoriaus

Visų pirma – šio grotuvo įrašas nebuvo įrašinėjamas papildomai, bei buvo ilgiausias iš visų – beveik aštuonių minučių trukmės. Įrašas buvo jau minėta barzdos skutimosi mašinėlė, apvyniota kabeliu, tada įjungta ir palikta veikti iki kol išsikraus, kol tuo metu buvo įrašinėjami slopstantys mikrofonikos triukšmai kabelyje. Šis garso įrašas buvo atkūrinių be jokių papildomų sintetorių, ir grojantis vis lėčiau, kol yra pasiekiamas kūrinio vidurys, kuomet įrašas pradeda groti atgaline kryptimi, atkūrimo greitį vis didinant. Galiausiai, pridėtas papildomas bitcrush efektas, bei vietoje natos pasirinkimo, garso įrašo tonas po nedidelių žingsnių keitėsi atsitiktine kryptimi viso kūrinio metu.

Sujungus visus šiuos algoritmus gauname aleatorinei muzikai būdingą kūrinį. Visų pirma, beveik visi parametrai yra programiškai nustatyti keistis į atsitiktinę vertę nenustatytu laiko metu. Šalia to, kūrinio algoritmas buvo grojamas per senesnio modelio naudotą kompiuterį (Dešimt metų naudotas Acer, su septintos kartos „Intel“ procesoriumi), siekiant, kad kompiuterio turimų resursų nepakankamumas sukeltų papildomų netikėtų efektų. Taip pat, kūrinys turi ir struktūrą – bet kuriuo laiko metu pamačius sveikąjį skaičių galima

pasakyti ne tik kiek, bet ir kurie balsai groja šiuo metu. Taigi kūrinys yra tinkamas tirti ryšiui tarp klaidos estetikos ir indeterminizmo.

Kadangi kūrinys kiekvieną kartą bus vis skirtingas, buvo klausomos ir analizuojamos dvidešimt jo iteracijų, tačiau šiam darbui buvo pateikta tik viena iš jų. Kiekvienas kūrinys, nors ir turėjo skirtingų niuansų arba reikšmingų momentų, būdamas algoritmo rezultatu negalėjo būti laikomas nei klaidingu, nei indeterministišku. Visgi, rezultatuose klaidos pasireiškė kitokiais būdais. Vienas įdomiausių iš nurodyto kūrinio momentų buvo ties penkioliktąja minute susikūręs garsas, iš pirmo žvilgsnio panašesnis į kokio nors penkto virpesių generatoriaus sukurtą garsą, o ne tai kas buvo duota kūriniui. Vėlesni bandymai parodė, kad multivibratoriaus schemos garso įrašui priskirtas *Delay* parametro keitimas, vienu metu sugeneravo ritminį garsą, kurį sekančiu momentu sutrumpino iki kelių milisekundžių, kas iš esmės pavertė jį į papildomą virpesių generatorių. Dar vienas reikšmingas įvykis – foninio garso staigus nutrūkimas. Šiuo metu kūrinyje buvo leista pilnai atsiskleisti keletui balsų, bei sukurti savotišką dinamikos kaitą. Paties foninio garso nutrūkimas, iš pradžių laikomas kaip seno kompiuterio resursų trūkumo rezultatas, pasirodė buvo taip pat ir programinių parametrų kitimo rezultatas. Prieš pradėdant groti atgaline kryptimi, kūrinys groja lėčiausiu įmanomu tempu, kas kartais versdavo jo atgalinio grojimo pradžia ateiti anksčiau, kas sukurdavo laikiną pauzę foninio garso atkūrimo metu.

Visa tai verčia pažvelgti į klaidą šiek tiek kitaip. Kalbant su Kimu Cascone, kompozitorius teigė, kad tokio dalyko kaip „klaida“ savaime nėra – žlunga mūsų lūkesčiai – tikroji klaida slypi už aparato ir vyksta kitoje erdvėje. Šalia to jis priduria, kad klaidą taip pat apibrėžiame ir savo ketinimais ar intencija. Kitaip tariant, jeigu rezultatas kurį gavome, buvo siektinas ir jo buvo tikimasi, rezultatą išdavęs procesas būtų laikomas kaip veikiantis teisingai. Taigi anksčiau paminėti du kūrinio atvejai puikiai atitinka klaidos aprašymą, ir netgi būdami algoritminiais, tampa ne tik klaidingi bet ir atsitiktini.

Išvados

1. Atlikus klaidos estetikos teorinę analizę buvo pastebėta, kad jai priskiriamiems muzikiniams kūriniais būdingi trys pagrindiniai bruožai – mašinų ir sistemų neteisingo arba klaidingo veikimo momentų garso įrašų naudojimas ir išgavimas, fono iškėlimas į priekinį planą ir technologinių įrankių svarbą. Minėti kompozitoriai „Oval“ ir Johnas Cage parodo šių bruožus savo kūryboje, o skaitmeninių technologijų dėka leido minėtas klaidas pasiekti ir analizuoti iki mikrogarsinio lygio, bei tai daryti tapo kur kas lengviau pasiekiamą.

2. Apžvelgus indeterminizmui būdingus muzikos stilius buvo pastebėta, kad net ir tokiuose stiliuose kaip aleatorika, kuomet tyčia paliekama vietos atsitiktinumams, vis dar galima pastebėti kokią nors struktūrą valdančią pačio kūrinio eigą. Algoritminės arba taisyklių muzikos kūriniai puikiai tai parodo – nors ir galima užprogramuoti atsitiktinumus, jei vis tiek atsiras ar pasireikš pagal tam tikrą struktūrą.

3. Sukurtas algoritminis aleatorinis kūrinys, kuris parodo klaidos estetikos ir indeterminizmo ryšį. Kūrinio metu buvo pastebėta, kad tikrosios klaidos yra tai, ko nebuvo tikėtasi, bei nebuvo siekiama, kuomet patys rezultatai nustebina algoritmų ar netgi klausytojų lūkesčius. Kalbant su klaidos estetikos autoriumi ši hipotezė buvo patvirtinta. Visa tai leidžia teigti, kad klaida negali būti neatsitiktinė, kadangi jei gautas rezultatas yra tikėtinas arba siekiamas, procesas išdavęs šį rezultatą gali būti laikomas veikiančiu teisingai.

Literatūra

1. Björn. 2013. „168 – Oval – Systemisch –“. AmbientExotica.Com. Gauta 2023 m. gruodžio 3 d. (http://www.ambientexotica.com/ambrev168_oval_systemisch/).
2. Cascone, Kim. “The Aesthetics of Failure: ‘Post-Digital’ Tendencies in Contemporary Computer Music.” Computer Music Journal, January 1, 2000.
3. Chang, Ed. s.a. „Stockhausen: Sounds in Space: AUS DEN SIEBEN TAGEN“. Stockhausen. Gauta 2023 m. gruodžio 15 d. (<https://stockhausenspace.blogspot.com/2015/03/aus-den-sieben-tagen.html>).
4. Cooper, Sean. s.a. „Oval Songs, Albums, Reviews, Bio & More“. AllMusic. Gauta 2023 m. lapkričio 24 d. (<https://www.allmusic.com/artist/oval-mn0000897181>).
5. Eno, Brian. 1996. A Year With Swollen Appendices: Brian Eno’s Diary. First Edition. London: Faber & Faber.
6. Garcia-Navarro, Lulu, ir Ned Wharton. 2018. „Remembering The Engineer Who Created Rock’s Unmistakable Fuzz“. NPR, birželio 10.
7. Klaida reikšmė – Lietuvių kalbos žodynas. (s.a.). Gauta 2023 m. gruodžio 10 d.
8. Lachhandama, Kholhring. 2020. „Reappraising Fleming’s Snot and Mould“. Science Vision 20(1):29–42. doi: 10.33493/scivis.20.01.03.
9. Magazine, Smithsonian, ir Nora McGreevy. s.a. „The Soviet Spy Who Invented the First Major Electronic Instrument“. Smithsonian Magazine. Gauta 2023 m. gruodžio 12 d. (<https://www.smithsonianmag.com/smart-news/theremin-100-years-anniversary-instrument-music-history-180976437/>).

10. Marshall, Dave. 2001. „MIDI Messages“. Gauta 2024 m. sausio 7 d. (<https://users.cs.cf.ac.uk/dave/Multimedia/node158.html>).
11. Ozbay, J. (2013). John Ozbay | Intonarumori. <https://johnozbay.com/intonarumori>
12. Pinto, P. (2018, rugpjūčio 8). The dynamics and aesthetics of failure (an introduction). Medium. <https://medium.com/@pedro.pinto/the-dynamics-and-aesthetics-of-failure-an-introduction-a9208c0993fa>
13. Roads, Curtis. 2004. Microsound. PAP/CDR edition. Cambridge, Mass.: The MIT Press.
14. Roads, Curtis. Composing Electronic Music: A New Aesthetic. Oxford ; New York: Oxford University Press, 2015.
15. Russolo, Luigi. “(Futurist Manifesto, 1913),” n.d. Albright, 2004, p 174
16. Vaišnraitė, Jolita. s.a. „indeterminizmas“. Visuotinė lietuvių enciklopedija. Gauta 2023 m. spalio 14 d. (<https://www.vle.lt/straipsnis/indeterminizmas/>).
17. Wyman, Bill. Rolling With The Stones. First Edition. New York: DK ADULT, 2002.

Priedai Kūrinio nuoroda: <https://on.soundcloud.com/ytvFe>

ANALYSIS OF THE LINK BETWEEN AESTHETICS OF FAILURE AND INDETERMINISM THROUGH MUSICAL COMPOSITION

Summary

The aesthetics of failure and indeterminism in music, especially in electronic music, have always been very relevant and full of ideas. In the dawn of electronic music, with the great expansion of the ways and methods of creating sounds and compositions, mistakes and randomness became one of the more unique aspects that could be inserted into musical works. These aspects often seem to be born of each other, for example, due to a code error, the number generator would give us unexpected, seemingly random numerical values, or a random change in the value of a delay effect creates parts of a rhythmic melody. The purpose of this work is to explore the relationship between the aesthetics of failure and indeterminism. The connection is depicted in a piece of algorithmic music.

Key words: aesthetics of error, indeterminism, algorithmic music, aleatoric music, microphonics.

AUTORIŲ LYDRAŠTIS

Autoriaus vardas, pavardė: Laurynas Kolodzeiskis.

Mokslo laipsnis ir vardas: -

Darbo vietą ir pozicija: VšĮ Kauno technikos kolegijos Elektronikos technikos studijų programos asistentas.

Autoriaus mokslinių interesų sritys: transporto inžinerija, elektronikos inžinerija.

Telefonas ir el. pašto adresas: +370 623 62451, laurynas.kolodzeiskis@edu.ktk.lt.

A COVER LETTER OF AUTHORS

Author name, surname: Laurynas Kolodzeiskis.

Science degree and name: -

Workplace and position: Kaunas University of Applied Engineering Sciences, Electronic Engineering Study Program Assistant.

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

Telephone and e-mail address: 862362451, laurynas.kolodzeiskis@edu.ktk.lt.

ISSN 2029-9303

ISSN 2783-6215

INŽINERINĖS IR EDUKACINĖS TECHNOLOGIJOS
2023 Nr. 2

Lietuvių kalbos redaktorė **Sonata Paulauskienė**
Užsienio kalbos redaktorė **Judita Štreimikienė**

Tiražas 70 egz. 284 psl. Parengimo spaudai data 2023-12-30
Išleido Kauno technikos kolegija, Tvirtovės al. 35, LT-50155 Kaunas

www.ktk.lt

El.p. ktk@edu.ktk.lt